Faculdade de Ciências e Tecnologia

da

Universidade de Coimbra

José Monteiro da Rocha e a actividade científica da 'Faculdade de Mathematica' e do 'Real Observatório da Universidade de Coimbra': 1772-1820

Tese de Doutoramento de

Fernando José Bandeira de Figueiredo

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Departamento de Matemática

José Monteiro da Rocha e a actividade científica da ‘Faculdade de Mathematica’ e do ‘Real Observatório da Universidade de Coimbra’: 1772-1820

Dissertação apresentada por:

Fernando B. Figueiredo

<u>Orientadores:</u>

António José Esteves Leal Duarte

Artur Soares Alves

Coimbra, 2011

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, para a obtenção do grau de Doutor em Matemática, na especialidade de Matemática Aplicada.

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio e do co-financiamento do POPH/FSE através de uma Bolsa de Investigação no âmbito do QREN – POPH.

Tipologia 4.1 – Formação Avançada, comparticipado pelo Fundo Social Europeu e por fundos nacionais do MCTES.

Para a Marta…

"Fica com um beijo que não passe"

Agradecimentos

Um trabalho de investigação desta natureza não é, obviamente, um trabalho solitário. São muitas são as pessoas que de forma diferente nele acabam por estar envolvidas. A todas elas gostaria de deixar já registado o meu mais sincero agradecimento.
Há, no entanto, algumas dessas pessoas que me merecem um reconhecimento muito especial.

Ao Professor Doutor Leal Duarte, que esteve sempre presente neste longo processo, que para além de um orientador atento, sempre disponível e dedicado, se tornou um amigo inspirador. A ele um franco e forte abraço.
Ao Professor Artur S. Alves que sempre depositou confiança no meu trabalho.
Ao Professor João Fernandes que sempre me ajudou e manifestou um apoio constante, o meu profundo reconhecimento pela sua empatia e entusiasmo.

Aos Professores Henrique Leitão, João F. Queiró, Jaime Carvalho e Silva, Natália Bebiano, o meu sincero agradecimento pelas palavras de constante incentivo que sempre me dirigiram.

Um abraço para o meu amigo Carlos Moura Martins pela constante e imprescindível ajuda e pela documentação fundamental que me forneceu.

Ao CMUC pela possibilidade que me facultou e que me permitiu participar em vários congressos.

À Fundação para a Ciência e Tecnologia que me concedeu uma bolsa de doutoramento (SFRHBD/27668/2006), sem a qual não teria sido possível a realização de todo o trabalho.

Por fim, quero deixar expresso o meu reconhecimento à minha família – em especial aos meus pais pelo amor e carinho –, e amigos, que sempre me ajudaram e animaram durante este período. Dois abraços especiais, um para o meu grande amigo Filipe Costa (Xipa), que sempre acreditou, e outro para Mário Rui (Zeta).
E claro, como não podia deixar de ser, um muito obrigado à Marta: sem ela tudo isto não seria com toda a certeza possível.

Resumo

O trabalho que apresentamos debruça-se, como o próprio título indica, sobre José Monteiro da Rocha (1734-1819), a 'Faculdade de Mathematica' e o Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra.

Não é de todo novidade na historiografia da cultura e da ciência portuguesa a importância de Monteiro da Rocha em todo o processo de institucionalização da ciência moderna ocorrida no último quartel do séc. XVIII. Uma institucionalização que a Reforma Pombalina da Universidade de Coimbra inicia em Portugal, nomeadamente da matemática e da astronomia.

Monteiro da Rocha foi um dos principais responsáveis pela concepção de um programa curricular moderno para o ensino da matemática e da astronomia no seio da Reforma Pombalina da Universidade, desempenhando um importantíssimo papel, consensualmente reconhecido, em toda a subsequente actividade lectiva, científica e administrativa não só na Faculdade e no Observatório mas também no seio da própria Universidade. Um desses papéis foi o de professor das cadeiras de Foronomia (1772-1783) e Astronomia (1783-1804) e é por isso mesmo que a historiografia o reconhece e responsabiliza como sendo um dos directos e principais responsáveis pela formação dos matemáticos e astrónomos formados no seio da Universidade.

Com este nosso trabalho pretendemos analisar a contribuição de Monteiro da Rocha na ciência portuguesa, que, como veremos, na astronomia, será fundamental para a futura actividade científica do Observatório Astronómico. José Monteiro da Rocha foi o mentor científico da elaboração e do cálculo das 'Ephemerides Astronomicas' e é a ele que se deve o projecto, construção, regulamentação e apetrechamento instrumental do referido Observatório. Estudaremos também a obra matemática deste cientista que, durante este período, se confina à matemática aplicada, na qual é bem evidente a preocupação com a precisão e rigor dos resultados numéricos, bem com o modo como estes são obtidos.

Porém, a obra científica de Monteiro da Rocha é vasta, compondo-se de traduções de livros de texto franceses, trabalhos de matemática aplicada e trabalhos de astronomia teórica e prática, perfazendo 23 trabalhos impressos, 12 manuscritos conhecidos e cerca de 20 referenciados.

O objectivo deste nosso trabalho é o de estudar e fundamentar o valor e a importância da obra matemática e astronómica de José Monteiro da Rocha e, partindo dela, esclarecer alguns aspectos respeitantes à dimensão institucional e científica da Faculdade de Matemática e do Observatório Astronómico.

Abstract

As the title shows the work here described concerns José Monteiro da Rocha (1734-1819), the Faculty of Mathematics and the Astronomical Observatory of the University of Coimbra.

The relevance of Monteiro de Rocha in the whole process of institutional implementation of modern science in Portugal, during the last quarter of the 18th century, is well-known in the Portuguese historiography of culture and science. This institutional implementation was initiated in 1772 with the introduction of the Pombal's Reform in the University of Coimbra, namely in the fields of mathematics and astronomy.

The establishment of the Faculty of Mathematics and of the Astronomical Observatory by Monteiro da Rocha granted him broad recognition for his work and impact in the development of the University. Monteiro da Rocha was one of the main designers of modern curricula for mathematics and astronomy within the framework of Pombal's Reform. He played also a central role in all subsequent teaching, scientific and administrative activities, not only for the Faculty of Mathematics and of the Astronomical Observatory, but for the whole University as well. He was the lecturer in charge of the courses of Phoronomy (1772-1783) and Astronomy (1783-1804), and as such he is recognized by the historiography as the lead mentor of the mathematicians and astronomers trained at the University.

With our work we aim to analyze the contribution of Monteiro da Rocha to the Portuguese astronomy, which, as we shall see, become very important in the future of the scientific activity of the Astronomical Observatory. José Monteiro da Rocha was the scientific mentor behind the development and calculation of the 'Ephemerides Astronomicas' (astronomical ephemeris) and the responsible for the design, construction and instrumentation of the Observatory. We also examined his mathematical work, which, during that period, was confined to applied mathematics. His regard for rigor and numerical precision of the results, and the methods used to accomplish that, is particularly evident in his work.

However, the scientific work of Monteiro da Rocha is vast and comprises translations of French textbooks, essays on applied mathematics and in theoretical and practical astronomy, making a total of 23 printed documents, plus 12 known manuscripts and about 20 other cited.

The aim of our work is to study and investigate the mathematical and astronomical legacy of Monteiro da Rocha and, based on it, uncover key historical aspects of the institutional life of the Faculty of Mathematics and the Astronomical Observatory of the University of Coimbra (particularly on its scientific dimension), in the time elapsed between the years of 1772-1820.

Conteúdo

Capítulo 1

Introdução

Quando em 2003 iniciámos o estudo da memória a *'Determinação das Orbitas dos Cometas'*, de José Monteiro da Rocha (1734-1819) [Monteiro da Rocha 1799], e que deu origem à nossa dissertação de mestrado [F. Figueiredo 2005], depressa intuímos, e mais tarde confirmámos, que estávamos perante um trabalho de grande relevância científica. Com este trabalho, Monteiro da Rocha é o primeiro astrónomo da sua época a propor um método de fácil aplicação na resolução de um dos problemas mais intrincados com que se debateu a astronomia do século XVIII – a determinação de órbitas de cometas. Infelizmente a publicação tardia deste seu trabalho publicado pela Academia das Ciências de Lisboa (ACL) apenas em 1799, como nunca se tornou conhecido pela comunidade astronómica internacional da sua época, fê-lo perder para H. Wilhelm Olbers (1758-1840)[1] a possibilidade de ver inscrito o seu nome na História da Astronomia como o primeiro autor de uma solução satisfatória para o referido problema. Embora na historiografia da ciência em Portugal este trabalho de José Monteiro da Rocha fosse frequentemente citado como um dos seus trabalhos mais importantes o seu estudo completo estava por fazer – deve-se a Duarte Leite [Duarte Leite 1915] o primeiro estudo analítico do método de Monteiro da Rocha, onde conclui da semelhança e prioridade face ao trabalho de Olbers. Como também por estudar está qualquer um dos

[1] Heinrich Wilhelm Matthias Olbers, médico e astrónomo alemão ficou na história da astronomia pelos seus trabalhos e estudos desenvolvidos sobre os cometas. Ao longo da sua actividade astronómica descobriu vários cometas, bem como os asteróides Pallas (1802) e Vesta (1807). A ele se deve a formulação do célebre paradoxo que tem o seu nome: se o Universo é infinito e cheio de estrelas, por que razão a noite é escura? Sobre Olbers veja-se [Martin Solc 2007, pp.848-849]. O trabalho de Olbers sobre a determinação de órbitas parabólicas de cometas – 'Ensaio sobre o método mais fácil e mais conveniente para se calcular a órbita de um cometa através de observações' –, foi publicado por von Zach em 1797 [Olbers 1797]. O trabalho de Monteiro da Rocha embora tenha sido publicado 2 anos depois, em 1799, já havia sido apresentado e lido à ACL no ano de 1782 (a 27 Janeiro) – veja-se o nosso capítulo 17.

seus outros trabalhos da sua vasta obra científica![2] – no capítulo seguinte listamos a totalidade da sua obra científica: 23 trabalhos impressos, 11 manuscritos conhecidos e cerca de 20 referenciados.

Em Portugal, o estudo da ciência nas suas dimensões histórica e filosófica começou recentemente a dar passos mais firmes, sustentados por grupos de trabalho cada vez mais interdisciplinares, ligando vários departamentos e instituições universitárias. Muito está ainda por investigar, existindo áreas da história das ciências que ainda são embrionárias em Portugal. É o caso, por exemplo, da História da Astronomia. Os estudos históricos específicos de Astronomia são em número bastante reduzido estando na sua generalidade inseridos em projectos mais amplos. A História da Astronomia tem sido estudada como uma área subsidiária da História da Matemática e, curiosamente, entre as ciências físicas e matemáticas a astronomia é a ciência há mais tempo estudada no nosso país[3]. Podemos situar a historiografia da matemática portuguesa em dois patamares distintos: um, de obras gerais da História da Matemática, de grandes vultos desta ciência, de carácter descritivo, contudo notáveis, e que se resumem a um pequeno número; outro, de artigos, teses de mestrado e doutoramento que têm vindo a ser publicados, em número crescente e sobre os mais diversos ramos desta ciência, na tentativa de contribuir para o conhecimento da produção matemática enquanto disciplina científica e da sua história (veja-se por exemplo [Leal, Silva e Queiró 2000] e [Tavares & Leitão 2006]).

Neste quadro de obras gerais sobre a História da Matemática justifica-se a ausência de estudos específicos acerca dos trabalhos matemáticos e astronómicos de Monteiro da Rocha, embora aí seja abertamente reconhecido como um grande vulto da nossa história científica. Este reconhecimento deve-se a ser evidente a importância do papel que desempenhou na criação, organização e vida da reformada Universidade de Coimbra, onde foi um dos primeiros professores e o primeiro director do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra (OAUC).

O primeiro autor a salientar a importância da obra científica de Monteiro da Rocha foi Garção Stockler [Stockler 1819] ao referir-se-lhe, assim como a Anastácio da Cunha, como merecedor do título de Geómetra [Stockler 1819, p.67][4]. Mais tarde, Castro

[2] Gomes Teixeira [Gomes Teixeira 1905] estudou uma emenda feita por Monteiro da Rocha à equação da catenária apresentada por Marie na tradução que fez do seu Tratado de Mecânica [Tratado de Mechanica 1775] e que havia sido criticada por Anastácio da Cunha (veja-se o nosso capítulo 6.4).

[3] Sobre a história da astronomia no nosso país o grosso dos estudos existentes debruça-se essencialmente sobre a astronomia náutica de Quinhentos e Seiscentos. O período pós-Newton, do século XVII em diante, está pouco estudado. Sobre o século XVIII temos o singular estudo de Rómulo de Carvalho [Rómulo de Carvalho 1985].

[4] No obituário de Monteiro da Rocha, publicado na Gazeta de Lisboa (1820), é colocado em relevo toda a sua actividade académica e social e aí se refere ainda o seu papel na redacção dos Estatutos Pombalinos da Universidade (1772) – *«foi[-lhe] incumbida a Parte dos Estatutos respectiva as três*

Freire na Memória Histórica da Faculdade de Matemática [Castro Freire 1872] e Inocêncio da Silva no seu Dicionário Bibliográfico [Inocêncio da Silva 1858-1923] evidenciaram com mais pormenor a natureza dessa mesma obra, revelando também a contribuição de Monteiro da Rocha na redacção dos Estatutos (1772) e na vida administrativa da Universidade em virtude de ter ocupado o lugar de Vice-Reitor durante cerca de 20 anos.

Nos finais da década de 1880 António José Teixeira escreve um importante estudo bio-bibliográfico sobre Monteiro da Rocha [A. Teixeira 1889-90], e noutro [A. Teixeira 1888-90] dá a conhecer a famosa 'polémica' que havia sido travada com Anastácio da Cunha, nos anos de 1785-86[5]. Estes trabalhos constituíram um enorme contributo para uma melhor e mais ampla compreensão do homem e do cientista. O texto de António José Teixeira sobre a 'polémica' irá marcar de forma decisiva toda a historiografia posterior sobre Monteiro da Rocha ao retratá-lo como o denunciante à Inquisição de José Anastácio da Cunha e possuidor de um espírito pequeno, mesquinho e invejoso da putativa superioridade intelectual de Anastácio. Aquilino Ribeiro no seu romance *'Anastácio da Cunha, o Lente penitenciado'* [Aquilino Ribeiro 1932] reforça esta perspectiva com enorme virulência.

Teófilo Braga, na sua História da Universidade de Coimbra [Teófilo Braga 1898-1902, v.3 e 4] oferece-nos informações precisas e significativas sobre a actividade administrativa de Monteiro da Rocha desenvolvida enquanto vice-reitor (1786-1804)[6], tal como também o faz Silvestre Ribeiro na sua História dos Estabelecimentos Científicos [Silvestre Ribeiro 1871-1914].

No século XX o exaustivo levantamento e estudo da bibliografia científica que se produziu em Portugal levados a cabo por Rodolfo Guimarães [Rodolfo Guimarães 1911][7], seguindo a tradição historiográfica vinda do século anterior, reforça, ao listar e comentar alguns dos seus trabalhos, a imagem de importante cientista, não deixando apesar de tudo de criticar o modo de ser de Monteiro da Rocha [Rofolfo Guimarães 1909, pp.39-40]. Porém o primeiro estudo crítico de um trabalho científico de Mon-

---

Faculdades, Medicina, Matemática, e Filosofia, para a Universidade Reformada».

[5] A questão da polémica entre Monteiro da Rocha e Anastácio da Cunha será abordada no nosso capítulo 9.

[6] No que diz respeito à 'polémica' Teófilo Braga na sua História da Literatura sugere uma certa má vontade de Monteiro da Rocha para com Anastácio da Cunha – *«com a fama de espírito genial, devia despertar uma certa malevolência secreta no ânimo do autoritário e ex-jesuíta José Monteiro da Rocha, que era então o braço direito do Reitor Reformador»* [Teófilo Braga 1901, p.409] –, segundo Teófilo, Monteiro da Rocha não teria sido indiferente ao plano da ruína de Anastácio o qual o levaria à prisão pela Inquisição [Teófilo Braga 1901, p.411]. Contudo, sugere também que no princípio da convivência estes dois homens até cultivariam uma certa amizade [Teófilo Braga 1818, p.351].

[7] Em 1900 Rodolfo Guimarães já havia publicado uma 1^a edição [Rodolfo Guimarães 1900] onde faz um levantamento da produção bibliográfica respeitante apenas ao século XIX e refere muito sucintamente o papel de Monteiro da Rocha [Rodolfo Guimarães 1900, p.12].

teiro da Rocha deve-se, como já referimos, a Duarte Leite e que nós recentemente aprofundámos e desenvolvemos no nosso trabalho de mestrado.

Gomes Teixeira é outro relevante autor que, pelos importantes comentários à obra de Monteiro da Rocha, produzidos no quadro da história da matemática do século XVIII, contribuiu para o seu reconhecimento ([Gomes Teixeira 1934], [Gomes Teixeira 1934b] e [Gomes Teixeira 1925, pp.85-119])[8]. Mais tarde o estudo de Rómulo de Carvalho [Rómulo de Carvalho 1985], que se debruça sobre a astronomia portuguesa desse mesmo século, reforça o papel que Monteiro da Rocha desempenhou no estabelecimento do OAUC e na elaboração das suas *'Ephemerides Astronomicas'*.

Há ainda alguns textos genéricos para dicionários e enciclopédias onde o papel de Monteiro da Rocha é também valorizado. O pequeno livro de J. Tiago de Oliveira, que embora evidencie o papel de Monteiro da Rocha na organização da Faculdade de Matemática e na criação do OAUC, refere-se à sua obra como tendo sido centrada *«em torno de questões de Astronomia e certos pontos de Geometria»* e de *«índole mais aplicada do que teórica»* [Tiago de Oliveira 1989, p.20].

De há vinte anos a esta parte a importância da obra de Monteiro da Rocha tem vindo a ser marcadamente reconhecida em diversos artigos (veja-se [Leal, Silva e Queiró 2000]). Recentemente surgiram dois estudos que se debruçam especificamente sobre a obra de Monteiro da Rocha ([Valter Roque 2003] e [Mafalda Pedroso 2004]) e que permitem entrever a dimensão e a natureza da mesma, porém nenhum deles se debruça com pormenor sobre a sua produção e sobre a sua qualidade matemática e astronómica. Embora nos dando pistas sobre a sua importância e pertinência, deixam contudo difuso tanto o quadro dos problemas e questões científicas do século XVIII e XIX em que essa obra se centra, como o quadro das questões nacionais em que a mesma é produzida.

Neste contexto, considerámos ser oportuna uma dissertação que, estudando e centrando-se na investigação e análise da produção científica de Monteiro da Rocha, a enquadrasse e esclarecesse alguns aspectos respeitantes à vida institucional da Universidade de Coimbra da qual ele foi um dos principais eixos em torno do qual toda a dinâmica universitária girou.

A Reforma Pombalina da Universidade de Coimbra (1770-1772) (re)inicia um processo de institucionalização da ciência em Portugal, nomeadamente da Matemática e Astronomia, que no caso desta última se realiza, de certa forma, com a entrada em funcionamento em 1799 do Real Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra (OAUC)[9].

[8]Gomes Teixeira, tal como já o havia feito Castro Freire, recusa a imagem de delator de Monteiro da Rocha.

[9]Não estamos a afirmar que antes da Reforma não houve actividade astronómica alguma em Portu-

Em todo este processo, Monteiro da Rocha, para além de desempenhar o papel de fundador, sendo um dos principais responsáveis pela concepção de um programa curricular moderno para o ensino destas disciplinas no seio da Universidade. Será uma figura incontornável, enquanto professor das cadeiras de Foronomia (1772-1783) e Astronomia (1783-1804), na formação académica e científica dos astrónomos que irão trabalhar no OAUC, assim como na gestão da Universidade como vice-reitor. A sua contribuição no que diz respeito à Astronomia será, como veremos, fundamental para actividade futura do próprio OAUC, tanto a nível administrativo como (e principalmente) a nível científico. Já a sua actividade meramente matemática, que se confina especialmente à matemática aplicada (com excepção da elaboração dos Estatutos, da traduções dos compêndios que viriam a ser adoptados nas aulas da Faculdade e de dois manuscritos de um putativo compêndio), será, se assim o podemos afirmar, mais circunstancial.

Face ao que foi dito o objectivo deste nosso trabalho é pois o de fundamentar o valor e a importância da obra científica de José Monteiro da Rocha. Para tal organizámo-lo em três partes. A primeira dedicada à clarificação da contribuição e do papel desempenhado por Monteiro da Rocha na Reforma Pombalina da Universidade, nomeadamente no estabelecimento e organização do *'Curso Mathematico'* (**PARTE I**); a segunda ao estudo da sua obra matemática (**PARTE II**); e a terceira ao estudo da sua obra astronómica (**PARTE III**). A precedê-las integrámos dois capítulos: o primeiro que, sendo esta introdução, constitui uma espécie de guião de leitura do nosso trabalho (**capítulo 1**) e o segundo, intitulado *"José Monteiro da Rocha (1734-1819): vida e obra"* (**capítulo 2**), que compreende uma biografia, onde sistematizamos e precisamos algumas datas marcantes da sua vida e elencamos, de forma o mais completa possível, o conjunto dos trabalhos da sua obra científica. Este capítulo termina com um estudo da sua biblioteca pessoal, deixada em testamento ao Príncipe D. Pedro e que hoje integra a Biblioteca da Ajuda, permitindo-nos compreender melhor a sua personalidade científica. A sua biblioteca impressiona não só pela quantidade e diversidade de títulos e autores (cerca de 1300 títulos) mas também pela qualidade e actualidade dos mesmos, destacando-se de imediato os livros científicos (cerca de 38% do total), seguidos dos livros de religião (19%) e literatura (14%). No que diz respeito aos livros de matemática e astronomia Monteiro da Rocha tinha uma colecção muito actualizada dos autores mais significativos da sua época, da qual constam, por exemplo, obras de Newton, Euler, Bernoulli, D'Alembert, Delambre, Bailly, Bion, Lalande, Clairaut, Halley, Lacaille, Lagrange, entre outras.

gal, bem pelo contrário (veja-se por exemplo [Rómulo de Carvalho 1985a]). O que sustentamos é que foi a partir de 1772 que o ensino e a actividade astronómica portuguesa se organizou e estabeleceu em moldes formais semelhantes aos que se já haviam estabelecido em muitos países da Europa Iluminista.

Na **PARTE I** – *"José Monteiro da Rocha e a Reforma Pombalina da Universidade de Coimbra"* –, estudaremos, como atrás referimos, o papel desempenhado por Monteiro da Rocha na Reforma Pombalina o qual foi marcado por duas fases que, embora distintas, estão estreitamente ligadas. Uma, diz respeito à elaboração dos Estatutos da nova Faculdade de Matemática, nomeadamente ao plano de estudos do 'curso mathematico' e a outra, respeitante aos compêndios adoptados para o ensino das diversas matérias, alguns dos quais traduzidos por si (seis no total).

A Reforma da Universidade de Coimbra pretende ser a concretização de um projecto que tem por finalidade sintonizar Portugal com as ideias iluminadas da Europa e encaminhá-lo na direcção do progresso e das ciências. Como mostraremos, todo o articulado estatutário que estrutura o curriculum do *'curso mathematico'* concretiza de uma forma vincada o corpus científico iluminista de matriz francesa do século XVIII, reflectindo, por conseguinte, as próprias ideias de D'Alembert, bem como de outros autores franceses seus condiscípulos, paradigmáticas desse Iluminismo, e do qual os Estatutos se revelam ser herdeiros. Esta influência, como veremos, foi tanto directa, como indirecta. Directa, por via dos próprios escritos de D'Alembert, e indirecta, por via dos autores dos manuais que viriam a ser escolhidos para o ensino das várias matérias (Bezout, Lacaille, Marie, Bossut e Lalande). Por outro lado, a influência dos manuais de Bezout e de Lacaille articula-se tão intimamente com o estipulado nos Estatutos que nos leva a crer que estes terão servido à priori de matriz à elaboração do próprio currículo e à organização dos conteúdos programáticos das várias cadeiras da Faculdade de Matemática. Como se verá, o programa curricular das cadeiras leccionadas nos 1^o, 2^o e 3^os anos é fortemente inspirado nos livros de texto que Bezout escreveu para os alunos da marinha francesa [Bezout 1764-69] e no de Lacaille [Lacaille 1750]. Apesar do *'Cours'* de Bezout não ter sido adoptado para o ensino das matérias de Foronomia (3^o ano) – foram adoptados: [Lacaille 1750], [Bossut 1771] e [Marie 1774] –, a verdade é que também para esta cadeira os Estatutos nele se influenciaram. Para a cadeira de Astronomia (4^o ano) foi adoptado o compêndio de astronomia de Lacaille [Lacaille 1746], cujos conteúdos e organização das matérias os Estatutos seguem de perto.

Assim, esta **PARTE I** está dividida em 4 capítulos. No **capítulo 3** estudaremos os antecedentes da Reforma da Universidade e a ideologia que a suporta no contexto do pensamento intelectual nacional e estrangeiro, olhando com especial atenção para a reforma do ensino científico e a criação das três Faculdades de 'sciencias naturaes'. No **capítulo 4** debruçar-nos-emos sobre a organização administrativa da nova Faculdade de Matemática e no **capítulo 5** abordaremos o seu programa curricular e a relação que tem com os compêndios adoptados. No **capítulo 6** analisaremos as traduções feitas por Monteiro da Rocha desses mesmos compêndios e que a historiografia afirma terem melhorado significativamente os originais com importantes aditamentos, questão que a nossa análise vem clarificar.

A **PARTE II** é dedicada quase em exclusivo ao estudo dos trabalhos matemáticos de Monteiro da Rocha, contudo o **capítulo 7** é dedicado à análise da vida institucional da *'Faculdade de Mathematica'* durante um período relativamente longo (quase 50 anos: 1772-1820) e complexo da vida política, social e económica do país. Para tal seleccionámos e estudámos uma série de indicadores respeitantes ao corpo discente, docente e à actividade científica (doutoramentos, memórias e concursos académicos, produção compendiária e pareceres científicos), no sentido de perceber em que medida, durante o período em questão, a Faculdade idealizada nos Estatutos Pombalinos se concretizou ou não. Esta questão não é de todo linear, como se compreende desde logo, e, por isso mesmo, é de difícil resposta; porém, o empenho de Monteiro da Rocha na prossecução desse ideal pombalino não levanta qualquer dúvida, sendo inegável a sua responsabilidade na dinâmica e na vida da Universidade.

No que diz respeito aos trabalhos matemáticos de Monteiro da Rocha, estudaremos no **capítulo 8** os seus *'Elementos de Mathematica'*, compostos por dois manuscritos: *'Elementos de Arithmetica'* (**8.2**) e *'Elementos de Algebra'* (**8.3**). Estes dois, juntamente com uns *'elementos de geometria e trigonometria'* e um maço dedicado ao cálculo infinitesimal (hoje desconhecidos mas referenciados entre os seus papeis pessoais) fariam parte de um suposto compêndio de matemática que Monteiro da Rocha escrevia por volta de 1765-1770.

O **capítulo 9** é dedicado ao trabalho de Monteiro da Rocha sobre as quadraturas (integração) publicado no 1^o volume das memórias da ACL (1797) e que data de 1786. Este foi escrito em resposta aos comentários negativos feitos por José Anastácio da Cunha (1744-1787) a um trabalho de Manuel Joaquim Coelho da Costa Vasconcelos e Maia (1750-1817), que havia sido premiado em 1785 pela ACL, sobre a demonstração da regra de quadraturas de Alexis Fontaine (1704-1771). Os comentários críticos de Anastácio da Cunha estenderam-se ao próprio Monteiro da Rocha gerando uma famosa 'polémica' que, embora centrada no problema das quadraturas, vai muito para além desta questão, originando uma severa troca de acusações de carácter pessoal de parte a parte, o que gerou partidários de ambos que assumiram severas posições adversárias. No que diz respeito às quadraturas, as críticas feitas por Anastácio da Cunha são em parte sem fundamento. Neste capítulo revisitaremos, à luz de nova documentação, este famoso episódio da nossa história da matemática.

Para além do estudo do trabalho de Monteiro da Rocha (**9.6**), analisaremos também o de Coelho da Maia (**9.4**), bem como a demonstração dada por Anastácio da Cunha (**9.5**) – referenciada em vários documentos mas até agora desconhecida e por nós encontrada em 2009 na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro.

No capítulo seguinte (**capítulo 10**) estudaremos uma outra memória – *´Solução geral do problema de Kepler sobre a medição das pipas e toneis'* –, também publicada no mesmo 1^o volume das memórias da ACL e que versa um tema afim ao anterior, pois a solução teórica do cálculo de volumes é obtida através de integrais de volume; porém, ao contrário do trabalho das quadraturas, um trabalho teórico, este é eminentemente prático. Nele, Monteiro da Rocha pretende dar solução a um problema bem real no quotidiano do comércio de bebidas e, de certa maneira, de toda a mercadoria de substâncias líquidas que se faziam transportar em pipas e tonéis, problema que se revestia de maior dificuldade quando não era propriamente o volume de uma pipa cheia que se pretendia saber mas sim o volume parcial de líquido que ela continha. Monteiro da Rocha elabora uma tabela que permite aos comerciantes estimar com boa precisão o volume parcial de uma pipa sabendo apenas os seus diâmetros maior, menor e médio, bem como o seu comprimento e a altura do líquido nela contido.

Na **PARTE III** – *"O Real Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra e os trabalhos astronómicos de José Monteiro da Rocha"* –, organizada em 7 capítulos, estudaremos a obra astronómica de José Monteiro da Rocha e o papel que desempenhou na criação e estabelecimento do definitivo Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra (OAUC).

A contribuição de Monteiro da Rocha no que diz respeito à astronomia é bem mais vasta que a sua contribuição matemática, sendo vários os trabalhos de astronomia teórica e prática que publica. Grande parte deles, escritos enquanto professor da cadeira de astronomia (1783-1804) e Director do Observatório (1795-1819), são fundamentais para o estabelecimento dos métodos matemáticos e das práticas astronómicas que permitiram o cálculo e a elaboração das emblemáticas *'Ephemerides Astronomicas'* (EAOAUC) que o OAUC começa a publicar logo a partir de 1803 (os vários volumes das EAOAUC publicarão a maior parte desses trabalhos de Monteiro da Rocha).

Os dois primeiros (**capítulos 11** e **12**) são dedicados ao Observatório Astronómico. No **capítulo 11** – *'O Real Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra: arqueologia de um espaço científico'* –, fazemos uma reflexão sobre as vicissitudes da sua construção e analisaremos o seu apetrechamento instrumental e a constituição da sua biblioteca.

A criação do Observatório foi fundamental, na segunda metade do século XVIII, para a institucionalização da ciência astronómica em Portugal, durante o período em que a astronomia, sustentada pelos grandes avanços teóricos da mecânica celeste e da matemática aplicada, tenta, por fim, resolver as grandes questões que desde Newton vinha enfrentando. Estas questões, ligadas aos problemas de navegação, geodesia e cartografia, determinação de órbitas de planetas e cometas, medições de tempo, e que faziam parte do programa de trabalho de qualquer observatório da época estão também na base da criação e planificação do OAUC, o primeiro observatório astronómico do país ligado à Universidade mas com profundas características de um observatório nacional.

A criação do Observatório Astronómico é instituída desde logo nos Estatutos como fazendo parte dos estabelecimentos científicos da *'Faculdade Mathematica'*. Pretendia-se um estabelecimento para o ensino e para a investigação, onde os estudantes tivessem aulas de astronomia prática e os professores se dedicassem à pesquisa científica. A construção do referido Observatório esteve planeada inicialmente para o sítio do Castelo da cidade de Coimbra. Guilherme Elsden (?-1779), o primeiro arquitecto responsável pelas obras da Reforma, desenvolve duas versões de projecto para esse observatório. Em Abril de 1773 inicia-se a construção deste vasto equipamento e em 1775 estava realizado o essencial do primeiro piso. A partir desta data a obra praticamente pára! Entretanto edifica-se (ca. 1775), por ordem do Reitor, um pequeno observatório interino, no terreiro do Paço das Escolas para suprir as necessidades lectivas. Este observatório de carácter temporário acabaria por funcionar provisoriamente durante 15 anos!, pois só em meados da década de 1780 se regressava e encarava definitivamente o problema da inexistência de um verdadeiro observatório astronómico. É através da estreita colaboração entre Monteiro da Rocha e Manuel Alves Macomboa (?-1815), o arquitecto que substituiu Elsden, que surgirá, com o apoio do segundo governo mariano, o projecto definitivo para o OAUC, que aprovado pela Universidade em 5 de Fevereiro de 1791 se vê concluído em 1799.

No que diz respeito à sua dotação instrumental (desde logo estabelecida nos Estatutos) (**11.2** e **12.1**), os primeiros instrumentos chegariam de Lisboa logo no final de 1772 provenientes do Colégio dos Nobres. Ao longo dos anos seguintes Monteiro da Rocha encarrega-se de encomendar de França e Inglaterra muitos outros instrumentos, estando nos meados da década de 80, praticamente, reunido o núcleo principal. Será precisamente, como veremos, a questão dos instrumentos conjugada com uma mudança de ministro na pasta dos Negócios do Reino que acabará por solucionar em definitivo a questão do OAUC, visto que o observatório interino construído em 1775 só comportava a valência lectiva.

O papel e a prática astronómica que se requeria para o OAUC (traçada desde logo nos Estatutos de 1772 e depois reforçada no seu regulamento de 1799 elaborado por Monteiro da Rocha, prende-o a uma dicotomia muito própria: por um lado, como observatório universitário, nomeadamente na investigação científica dos seus professores e no papel pedagógico como estabelecimento de ensino das aulas de astronomia e, por outro, como observatório nacional, envolvendo-o na elaboração das efemérides astronómicas *«para uso da Navegação Portuguesa»*.

No **capítulo 12** analisaremos precisamente o ensino ministrado na cadeira de Astronomia (olharemos com especial atenção para o conjunto dos livros que se adoptaram) e a sua articulação com a investigação científica que o OAUC veio a desenvolver. Como veremos, a própria reestruturação da cadeira de Astronomia, com a criação da cadeira de Astronomia Prática em 1801, é uma consequência directa da criação do OAUC e da necessidade que se lhe impõe de começar a desenvolver uma sólida actividade científica, que se centra fundamentalmente na elaboração das efemérides astronómicas.

No **capítulo 13** estudaremos as *'Ephemerides Astronomicas'* do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, que desde o seu primeiro volume adoptaram algumas particularidades face às suas congéneres europeias, nomeadamente ao Connaissance des Temps (Paris), ao Nautical Almanac and Astronomical Ephemeris (Londres) e ao Berliner Astronomische Jahrbuch (Berlim) (**13.2** e **13.3**) e também dedicaremos algum espaço às 'Ephemerides Náuticas' que a ACL começa a publicar em 1788 e que estão, como veremos, associadas a Monteiro da Rocha. As 'Ephemerides Astronomicas' do OAUC são calculadas para o tempo médio e não para o tempo verdadeiro, usam a medida dos 360^o e não a medida comum dos signos, fornecem as distâncias da Lua aos planetas e adoptam um método particular de interpolação para os lugares da Lua. Ao contrário das suas congéneres estrangeiras, que calculavam directamente a partir das tábuas astronómicas as efemérides da Lua tanto para o meio-dia como para a meia-noite, as de Coimbra calculavam apenas o lugar do meio-dia directamente das tábuas, sendo o lugar da meia-noite calculado por interpolação segundo um método obtido por Monteiro da Rocha (**13.5**). Em 1813 Monteiro da Rocha publica as *'Tábuas Astronómicas ordenadas a facilitar o cálculo das Efemérides da Universidade de Coimbra'*, que constituiriam a base teórica para a elaboração e cálculo das efemérides até meados do século XIX (**13.6**). Em 1803, no 1^o volume das EAOAUC, já havia publicado as 'Tábuas de Marte' que, rearranjadas, serão republicadas nestas *'Tábuas Astronómicas'*.

O problema da determinação das longitudes geográficas, principalmente no alto mar, era um dos maiores desafios da náutica e da astronomia do século XVIII, e a sua solução está intimamente relacionada com o surgimento das efemérides astronómicas. Monteiro da Rocha tem três trabalhos específicos sobre este assunto, realizados em dois períodos distintos da sua vida. Um, nunca publicado, foi escrito ainda antes da Reforma Pombalina da Universidade (e só recentemente descoberto por Henrique Leitão na Biblioteca Nacional de Portugal) e os outros dois foram escritos e publicados nos inícios do século XIX quando o seu trabalho académico e científico já era devidamente reconhecido. O **capítulo 14** – *'Os trabalhos de Monteiro da Rocha sobre a determinação das Longitudes'* –, é-lhes dedicado.

O manuscrito *'Método de achar a longitude geográfica no mar e na terra'* (**14.2**) é a vários níveis interessantíssimo. A relevância deste documento decorre, por um lado, do facto de ser escrito numa altura (≈1767) em que o método das distâncias lunares como solução satisfatória para o problema das longitudes se começava a implementar na comunidade científica internacional (**14.1**) e, por outro, por nos revelar o quão profundamente actualizado e sabedor das grandes dificuldades teóricas e práticas que tal método pressuponha estava Monteiro da Rocha, propondo algumas variantes, assim como uma 'efeméride náutica' para a implementação das mesmas. O elevado conhecimento astronómico que este trabalho denota é mais uma prova da excelência da sua formação inicial obtida com os jesuítas e da sua grande preocupação, resultado de uma profunda convicção, de que o papel da ciência é o de resolver problemas concretos. Os outros trabalhos (**14.3** e **14.4**) já são escritos no contexto de uma plena adopção do método das distâncias lunares por parte dos astrónomos e marinheiros internacionais, sendo que os trabalhos de Monteiro da Rocha têm a particularidade de apresentarem novas soluções relativamente à sua aplicabilidade.

A par do método das distâncias lunares e do método das alturas da Lua (métodos rivais), também os eclipses do Sol e da Lua possibilitam a determinação da longitude geográfica. Porém estes fenómenos revelam-se no plano teórico de uma importância acrescida, pois estão intimamente relacionados com as leis da mecânica celeste e da perturbação dos movimentos da Lua e da Terra, sendo, por isso, muito úteis para o aperfeiçoamento e aferição das tabelas astronómicas e, assim sendo, são importantes para a própria elaboração das efemérides astronómicas. Sobre o cálculo dos eclipses Monteiro da Rocha publica nas EAOAUC três artigos (para além dos eclipses também é abordado o cálculo dos trânsitos de Mercúrio e Vénus). No **capítulo 15** estudaremos estes trabalhos.

No **capítulo 16** estudaremos dois trabalhos de Monteiro da Rocha sobre instrumentação: um sobre o *'uso do instrumento de passagens'* (**16.1**), instrumento usado para observações no meridiano e, outro, sobre o *'uso do retículo romboidal'* (**16.2**), um tipo especial de micrómetro que acoplado nos telescópios permite elevar a escala e a exactidão das medidas das observações. Delambre tece elogiosas considerações a estes trabalhos e às fórmulas propostas por Monteiro da Rocha que generalizam o uso do retículo para qualquer posição deste. Estes trabalhos, contextualizados no conjunto da sua obra astronómica, permitem-nos compreender a sólida formação de astrónomo teórico e prático de Monteiro da Rocha.

Por último o **capítulo 17** é essencialmente uma revisitação da memória da *'determinação das órbitas dos cometas'*, dando especial atenção a um facto intrigante, e não devidamente explorado aquando do nosso trabalho de mestrado, que se prende com a brevidade com que na sua memória impressa Monteiro da Rocha se refere a contribuições científicas de certos autores e com a omissão notória de outros. Entre os seus manuscritos existentes na Academia das Ciências de Lisboa (ACL) descobrimos um respeitante a esta memória que nos revela que Monteiro da Rocha conhecia os trabalhos mais relevantes e actuais da época sobre o assunto. Na tentativa de perceber possíveis influências que deles tenha retirado iremos estudar alguns, comparando-os com o seu trabalho (**17.2**).

Para além do trabalho anterior, Monteiro da Rocha havia, na sua juventude, aquando da passagem do cometa Halley em 1759, escrito um outro trabalho sobre cometas: o *'Sistema Físico-Matemático dos Cometas'* (também recentemente descoberto por Carlos Ziller Camenietzki, na Biblioteca Pública de Évora, e publicado em 2000), que foi escrito com o propósito profundamente didáctico de instruir os leitores no cálculo astronómico (ao contrário da memória da ACL que é de natureza científica) e reforçar a verdadeira concepção sobre a natureza dos cometas – tratar-se de corpos celestes e, por essa razão, serem objecto da matemática e da astronomia –, assumindo-se, assim, como um inequívoco e convicto newtoniano.

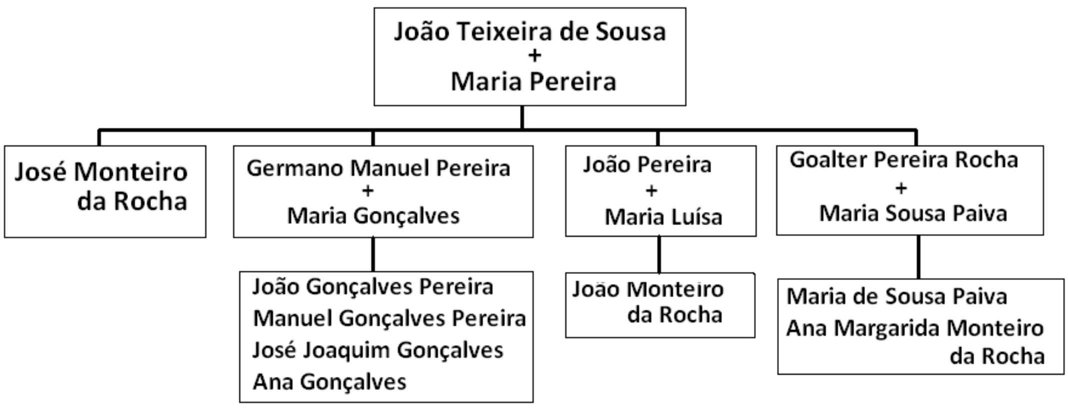
Este trabalho, a par de outros da sua juventude, permite-nos uma nova visão da sua integração no contexto da Companhia de Jesus, situando-o juntamente com outros seus companheiros, como Inácio Monteiro (1724-1812), numa linha reformista e moderna, que antes das reformas de Pombal se começava já a operar na Assistência Portuguesa da Companhia de Jesus.

Capítulo 2

José Monteiro da Rocha (1734-1819): vida e obra

2.1 Biografia de Monteiro da Rocha

José Monteiro da Rocha, filho de Maria e João Teixeira, lavradores, nasce a 25 de Junho de 1734[1] em Canavazes, uma localidade perto de Marco de Canavezes[2]. A árvore genealógica de Monteiro da Rocha que se segue é construida com base na informação constante no seu testamento [AUC Cx. 265 Processo do Professor José Monteiro da Rocha],



[1] Registo de nascimento e baptismo de José Monteiro da Rocha, Fundo Paroquial Sobre-Tâmega (Sta. Maria)/Marco de Canaveses – Série Baptismos; PMCN 23/Liv. 2, misto 2, p.75 (fotocopiado em [Valter Roque 2003, p.145]).

[2] Canavazes, ou Canaveses: *«vila na freguesia de Santa Maria de Sobre Tâmega, Douro, comarca, concelho a 2km ao NO de Marco de Canaveses. 40km a NE do Porto [...] 150 fogos toda a freguesia (em 1757 tinha 130 fogos) [...]. De Canaveses se vê a Serra do Marão que fica 12km a Este»* [Augusto Leal 1874, v.2 p.37]. Segundo Valter Roque a barragem do Torrão fez submergir esta localidade [Valter Roque 2003, p.7].

O período de juventude de José Monteiro da Rocha é desconhecido! Sabe-se que terá ingressado na Companhia de Jesus em 15 de Outubro de 1752[3], abandoná-la-á aquando da expulsão de Portugal dos Jesuítas, em 1759. Os primeiros anos de Monteiro da Rocha dentro da Compania são então vividos no Brasil, mais propriamente no Colégio de Todos os Santos da Baía onde terá obtido a sua formação [Francisco Rodrigues 1917, pp.441-442].

No que diz respeito ao ensino ministrado nos colégios jesuítas à época sabemo-lo bastante completo, seguindo no geral as disposições programáticas do *Ratio atque Instituto Studiorum* (1599) que compreendia 3 cursos: o de Letras, onde se estudava latim, grego, língua materna, história, geografia, poesia e eloquência; o de Filosofia, com a duração de 3 anos, onde se estudava matemática, física e astronomia; e Teologia que incluía o estudo das sagradas escrituras, teologia e hebreu[4]. Pouco se sabe sobre esses anos de formação de Monteiro da Rocha, é certo que terá estudado filosofia com o professor brasileiro Jerónimo Moniz e ciências com o alemão João Brewer [J. Pereira Gomes 1974, v.16 pp.702-704][5]. O *'Catalogus Secundus'* dos alunos do Colégio louva-lhe o bom engenho e os progressos obtidos nos estudos:

> *«[...] ingenio bono, judicio et prudentia sufficienti; in latinitate bene proficit; in philosofia, quam modo incepit, bene proficit; rerum experientiam nondum habet; vale tudo bona; melancholicus.»* [Francisco Rodrigues 1917, pp.441-442].

Eventuais lacunas na formação obtida no Colégio da Baía foram com toda a certeza colmatadas por Monteiro da Rocha com determinação e estudo. Prova disso são os seus trabalhos da década de 60 sobre cometas [Monteiro da Rocha 2000] e sobre longitudes [BN Ms 511], onde revela um conhecimento superior sobre duas das maiores questões

[3] Na sua biografia de Monteiro da Rocha António José Teixeira afirma que Monteiro da Rocha terá ingressado na Companhia por volta dos seus 5, 6 anos [A. Teixeira 1889-90, p.65]. Mas tudo leva a crer que estivesse enganado: *«Até agora os autores que têm escrito sobre Monteiro da Rocha, deixam na incerteza alguns pontos da sua biografia [...] os catálogos manuscritos que examinámos, tiram a dúvida [...] o 'Catalogus primus' da Província do Brasil, do ano 1757, tem indicação que entrou na Companhia de Jesus em 15 de Outubro de 1752»* [Francisco Rodrigues 1917, pp441-442]. Francisco d'Aragão Morato também o afirma: *«O Sr. José Monteiro partiu de Lisboa para o Brasil pelos anos de 1752»* [ACL Processo Académico de José Monteiro da Rocha].

[4] Sobre o projecto educativo dos colégios jesuítas e o *Ratio Studiorum*, veja-se [J. Lopes 1997]. Especificamente sobre o ensino na Companhia de Jesus no século XVIII veja-se, por exemplo: [Miguel Monteiro 2004, pp.101-115] e [Ana Rosendo 1998, pp.20-40]. Especificamente sobre o ensino da matemática e astronomia durante os séculos XVI e XVII na famosa Aula da Esfera do Colégio de Santo Antão, veja-se [Luís Albuquerque 1972]; concretamente sobre o ensino da matemática ministrado na Companhia, desde 1640 até à expulsão veja-se [Ugo Baldini 2004]. No que diz respeito ao ensino da matemática nos colégios brasileiros, Walter Valente afirma quase nada se saber [W. Valente 2007, p.29].

[5] Segundo Cíntia Morales no Colégio da Baía estudava-se geometria euclidiana, perspectiva, trigonometria, equações algébricas, razão, proporção e juros [Cíntia Morales 2003, p.26].

da época.

Quando os colégios dos Jesuítas foram fechados e estes expulsos de Portugal e dos seus domínios[6], Monteiro da Rocha regressa à vida secular[7] e concorre para professor de Gramática Latina e Retórica, tendo sido aprovado ficou como professor em Salvador da Baía, onde foi professor dos filhos do Governador do Estado[8]. O regresso de Monteiro da Rocha à metrópole ocorreu em 1766, o que até à data era desconhecido[9]. Em 1767 Monteiro da Rocha matricula-se na Universidade de Coimbra, no curso de Cânones[10], obtendo o grau de bacharel três anos mais tarde, a 25 de Junho de 1770, tendo como padrinho o Dr. Cristóvão de Almeida Soares e testemunhas os Drs. Custódio Manuel da Silva Rocha e João Soares de Brito [AUC Livro de Actos e Graus (1769-1770), fls.42, 76].

A futura reforma do ensino universitário é iniciada pelo Marquês de Pombal em 1770, com a criação da Junta de Providência Literária [José Eduardo Franco 2008, p.11] que redigirá o famoso libelo sobre a situação do ensino universitário – *Compêndio Histórico do estado da Universidade* (1771) –, e mais tarde os novos Estatutos da Universidade de Coimbra (1772) nos quais Monteiro da Rocha participa activamente[11]. A colaboração de José Monteiro da Rocha com a Junta Literária deve-se

[6]Em 29 de Junho de 1759 um Alvará Régio priva os Jesuítas do direito de ensinar fechando todos os seus colégios: *«sou servido privar inteira e absolutamente os mesmos religiosos em todos os meus Reinos e Domínios, dos Estudos [...] hei, por extintas todas as classes e escolas, como se nunca houvessem existido nos meus Reinos e Domínios [...]»,* citado em [José Eduardo Franco 2006, v.1 p.453]. Os jesuítas do Brasil embarcam para Lisboa em 19 de Abril de 1760.

[7]Segundo António José Teixeira, Monteiro da Rocha terá ocupado um lugar inferior na hierarquia da Companhia de Jesus [A. Teixeira 1889-90, p.67].

[8]*«O P. José Monteiro, professor público de Gramática Latina e Retórica na mesma Cidade da Baía»,* assim assina José Monteiro da Rocha o seu manuscrito *Sistema físico-matemático dos Cometas* [Monteiro da Rocha 2000, p.21]. As aulas régias de Latim, Grego, Filosofia e Retórica foram criadas para suprir as disciplinas antes oferecidas nos extintos colégios jesuítas, veja-se [Rómulo de Carvalho 2001].

[9]A data exacta do seu regresso (até hoje desconhecida) deu-se no ano de 1766: *«ano de 66 em que voltei para este Reino»* [ANB Códice 807 NP, v.23 fl.60] (veja-se também o nosso capítulo das longitudes).

[10]O seu nome consta tanto no Livro de Provas de 1768: *«P. José Monteiro da Rocha, filho de João Teixeira de Canavezes, compatriota da Baía, provou cursar 1º de Março de 1767 até fim de Maio 1768, 5 de Canônes [?] Valério de Sousa, Tomás Silva, José Xavier da Silva bedel eu escrevi»* [AUC IV-1ºD-II-I-37, fl.62v]; como nos respectivos livros de matrículas [AUC Livro de Matrículas (1767-1768) Secção de Cânones, fl.112v]; [AUC Livro de Matrículas (1768-1769) Secção de Cânones, fl.144v]; [AUC Livro de Matrículas (1767-1768), Secção de Cânones, fl.135]. Não está correcta a afirmação em [Eugénio dos Santos 2010] que Monteiro da Rocha tenha regressado do Brasil em 1763 e estudado nos Oratorianos do Porto.

[11]Pelo menos desde 1765 João Pereira Ramos de Azeredo Coutinho (1722-1799), um dos membros da Junta de Providência Literária, trabalhava, incumbido pelo Marquês de Pombal, na preparação da reforma das faculdades de Direito Civil e Canónico [Teófilo Braga 1898-1902, v.3 pp.390-391] e *'ajuntando e compondo o que fosse preciso para a Reforma da Universidade'*, afirma Cenáculo [J. Gomes 1982, p.537].

à sua amizade com Francisco de Lemos, reitor da Universidade de Coimbra (1770) e um dos 7 membros da referida Junta. Em 16 de Agosto de 1771 Monteiro da Rocha viaja para Lisboa para iniciar essa colaboração – *«Faz hoje trinta anos que daqui parti para Lisboa por insinuação de V. Exa.; época que nunca deixará de ser presente vivamente na minha lembrança [carta de Monteiro da Rocha para Francisco de Lemos, 16-81801].»* [António José Teixeira 1888-90, v.XXXVII p.54][12]. Os Novos Estatutos da Universidade de Coimbra seriam aprovados e postos em vigor pela *'Carta de Roboração de 28 Agosto de 1772 dos Estatutos Novos da Universidade de Coimbra'*. Aquando do começo das aulas Monteiro da Rocha é incorporado como lente da cadeira de Foronomia (física-matemática) da Faculdade de Matemática[13] e ser-lhe-á a ele que caberá a honra de ler a lição inaugural da nova Faculdade de Matemática[14].

[12] Há alguns documentos coevos que reforçam a participação activa de Monteiro da Rocha na redacção dos Estatutos. Cenáculo no seu Diário, escreve: *"Na Conferência de quarta-feira, 22 de Julho [1772], se acabou de ler o quinto ano do Curso Canónico; e a este tempo já está na impressão o que pertence à Medicina, Matemática e Física; e foi obra do médico Sachetti, conferida com Ciera, Franzini, Daly, professor de grego, que é bom matemático, e Monteiro da Rocha, que foi Jesuíta: e já o tem preparado no conceito do Marquês para ser despachado"*, carta de Cenáculo de 22-Jul-1772 em [Teófilo Braga 1898-1902, v.3 p.414]; em 1795 (19-Fev.) Monteiro da Rocha em carta para Garção Stockler diz: *"eu no plano das Sciencias Naturais da Universidade tinha unido as 3 Faculdades em uma Academia [...]"* [ACL Processo Académico de Monteiro da Rocha]; em 1800 (12-Ago.) Monteiro da Rocha em carta para Francisco de Lemos, escreve: *"vendo eu que a Sanches [devia estar escrito Sachetti] se dera uma tença de 300$000 reis pelos apontamentos que fez para o estatuto médico, e que não serviram de nada, resolvi-me a pedir um hábito com a tença que S. Majestade julgasse proporcionada ao serviço do Estatuto das três Faculdades das Ciências naturais. [...] e privou-me de uma tença competente àquele serviço único e singular, que então só eu podia fazer [. . .] e privou-me do interesse que em 22 anos [1778 ano em que foi dada a tença a Sachetti] me viria de uma tença competente àquele serviço único, e singular, que então só eu podia desempenhar"* [A. Teixeira 1888-90, p.513 (e também repetida em [Teófilo Braga 1898-1902, v.4]). No seu obituário publicado pela Gazeta de Lisboa (7-Fev.-1820) essa participação é afirmada: *"É notório, que no tempo, e por Ordem do Senhor Rei D. José, de gloriosa memória, lhe foi incumbida a Parte dos Estatutos respectiva as três Faculdades, Medicina, Matemática, e Filosofia, para a Universidade Reformada: o que desempenhou com tanta sabedoria, e exacção, e mereceu logo a Real Aprovação do mesmo Soberano"*; mais tarde (11-Mar.-1825) Francisco Manuel d'Aragão Morato (no parecer que dá dos manuscritos de Monteiro da Rocha) escreve: *"uma das coisas em que muitas vezes me falou o Sr. José Monteiro, foi nos planos que fizera no tempo de Sr. Rei D. José, ou no propriamente seguinte para completar os Estatutos da Universidade. Deviam-se estes planos ao projecto dos Estatutos Económicos, ao estabelecimento de uma Faculdade de Filosofia, à reforma das Aulas do R. Colégio das Artes, e aos Estatutos de um Colégio de Nobres, que ali se queira fundar. Dizia o Sr. José Monteiro que não tinha completado alguns destes Planos, e que outros os tinha remetidos para a Secretaria de Estado, conservando apenas em sua posse apontamentos mais ou menos extensos"* [ACL Processo Académico de Monteiro da Rocha, p.14].

[13] Decreto de 11 de Setembro de 1772 – *«Atendendo às Letras de Miguel Franzini: José Monteiro da Rocha: E Miguel Antonio Ciera: Hei por bem nomear ao Primeiro para Lente da Cadeira de Álgebra: ao Segundo para Lente da Cadeira das Ciências Físico-Matemáticas: E ao Terceiro para Lente da Cadeira de Astronomia, que mandei novamente criar na Universidade de Coimbra»*. Pela portaria de 7 de Outubro de 1772 Monteiro da Rocha recebe o grau de Doutor: *«[...] Hei por serviço de Sua Magestade, que no dia Nove do Corrente Mês das nove horas da manhã em diante, [...] Os lentes Miguel Franzini, Miguel Ciera, e José Monteiro da Rocha recebam o mesmo Grau, e se incorporem na Faculdade da Matemática»* [DRP 1937-1979, v.1 p.22].

[14] No dia 9 de Outubro (uma sexta-feira) os lentes de Matemática e Filosofia juraram e foram doutorados, *«sem que pagassem por estes graus»*, e no dia seguinte à tarde foram proferidas as orações

No que concerne à sua actividade lectiva, foi primeiro professor da cadeira de Foronomia (1772-1783) e mais tarde professor da cadeira de Astronomia (1783-1804) (C.R. de 4-6-1783 [DRP 1937-1979, v.2 pp.13-14]). Foi ainda Director e Decano da Faculdade de Matemática e Director Perpétuo do OAUC (nomeado por C.R. de 4-4-1795 [ACFM 1982-83, v.1 p.133], esta mesma Carta Régia também o jubila na cadeira de Astronomia) e a ele se deve o projecto (5-2-1791), construção, regulamentação e apetrechamento instrumental do OAUC, inaugurado em 1799 (C.R. de 4-12-1799).

O papel de Monteiro da Rocha na vida administrativa da Faculdade e da Universidade foi desde os primeiros tempos relevante, como recompensa pelos seus préstimos iria receber, logo em 1774, a nomeação para uma cadeira Magistral da Sé de Leiria (Decreto de 18-2-1774 [DRP 1937-1979, v.1 p.134]), António José Teixeira diz que por esta ocasião o Marquês o terá presenteado com uma medalha de ouro e um anel de brilhantes [A. Teixeira 1889-90, pp.70-71])[15], tendo sido também proposto para Principal do Real Colégio dos Nobres das três Províncias do Norte, por um período de três anos [DRP 1937-1979, v.1 p.238]. No campo administrativo a sua acção foi variada e marcante, principalmente no trabalho que desempenhou como Vice-Reitor, cargo para o qual foi nomeado por Aviso Régio de 6 de Agosto de 1786 e que ocuparia até 23 de Maio de 1804[16],

> *«Como vice-reitor do estabelecimento científico, soubera acudir tanto quanto possível pela disciplina académica, pugnar pelos melhoramentos morais e materiais, compor dificuldades levantadas pelos professores, e castigar desvarios de rapazes e prevaricações de empregados. (...) Publicou o notável edital, com que se abriu a biblioteca ao uso dos estudantes de todas as Faculdades (...) Era pela ideia de engrandecer a Universidade e conserva-la na altura dos progressos e novos descobrimentos.»* [A. Teixeira 1889-90, p. 88].

de inauguração das respectivas faculdades [BNP Ms. 691 PBA]. Infelizmente, apesar de todos os nossos esforços, não nos foi possível encontrar nos vários arquivos nenhum manuscrito sobre essa oração de abertura proferida por Monteiro da Rocha, apesar de nos seus manuscritos que foram entregues à ACL ser referenciado um conjunto de *«Orações latinas repetidas na Sala dos Actos da Universidade»* [ACL Processo Académico de Monteiro da Rocha], onde provavelmente estaria uma cópia do discurso de 10 de Outubro de 1772.

[15] A 22 de Abril de 1774 é instituída pela Santa Sé a Bula *'Scientiarum Omnium'* que estabelece duas conezias para os lentes eclesiásticos e outras duas comendas da Ordem de Cristo para os seculares da Faculdade de Matemática.

[16] O seu último acto académico como vice-reitor foi ter presidido à Congregação da Faculdade de Medicina de 15 de Março de 1804 [JC 1815, v.8 n.XXXVIII p.72].

Em 16 de Janeiro de 1780 é eleito membro da Academia das Ciências de Lisboa, ocupando o cargo de Director da Classe das Ciências Exactas[17]. Em 1798 foi eleito membro da Sociedade Real Marítima, Militar e Geográfica[18] e em 1799 José Monteiro da Rocha foi eleito vogal da Junta de Directoria Geral de Estudos e Escolas do Reino. Este organismo, criado com a incumbência de fiscalizar a instrução pública, vem substituir o extinto Tribunal da Real Mesa da Comissão Geral sobre os Exames e Censura dos Livros (que havia sido criado pelo Alvará de 10-7-1771) e que tinha tido até então a responsabilidade da *'Administração e Direcção dos Estudos das Escolas Menores do Reino e seus Domínios, incluindo a Administração e Direcção no Colégio dos Nobres e todos os Colégios e Magistérios que for servido mandar erigir para os Estudos das Primeiras Idades'*. Em 17 de Janeiro de 1791 quando a Rainha aboliu este organismo ficou entregue à Universidade de Coimbra a *'direcção das Escolas Menores do Reino'*. A Junta de Directoria Geral de Estudos seria criada por C.R. de 17-12-1794, mas só em 15 de Outubro de 1799 é que entra efectivamente em funções quando por outra Carta Régia é aprovada a lista dos membros, ficando o Reitor da Universidade seu presidente, ou seja ficando assim a Junta sob alçada da própria Universidade. Monteiro da Rocha é incumbido pelo Aviso Régio de 15-5-1800 de elaborar o seu regulamento e *«conseguiu nessa Junta a criação de muitas cadeiras de português, latim, grego, geometria, lógica e retórica, espalhadas pelas diferentes povoações do país»* [A. Teixeira 1889-90, p.89].

Em 21 de Março de 1800 Monteiro da Rocha torna-se Conselheiro do Príncipe Regente D. João[19], no ano seguinte (2 de Junho de 1801) receberá a Comenda da Or-

[17]A ACL havia sido formalmente estabelecida por Aviso Régio de 24 de Dezembro de 1779. Logo após o seu estabelecimento José Monteiro da Rocha foi sondado por Vandelli sobre o seu interesse em se tornar sócio *«Sendo o principal motivo a escolha de mais alguns sócios. Entretanto V. S. pode averiguar se o Dr. J. Monteiro, António Pereira, e os nossos filósofos quererão ser dos nossos, porque em tendo esta certeza, que V. S. terá a bondade de me procurar com toda a brevidade, serão logo convidados com formalidade [carta do Visconde de Barbacena para Vandelli (data desconhecida, mas posterior a 24 de dezembro de 1779)]»*; em 8 de Janeiro de 1780 o Visconde ainda espera resposta de Vandelli – *«Eu estou esperando a resposta de V. S. a respeito do Dr. Monteiro, e dos mais, em que lhe mandei falar, e seria bom, que perguntasse ao mesmo Monteiro por alguma pessoa mais que ele por cá conhecesse, forte em Matemática, e pelo Tesoureiro do Terreiro chamado Luis José»* –, nesse mesmo dia Correia da Serra escreve uma carta a Vandeli reforçando o interesse em que contacte Monteiro da Rocha – *«Peço-lhe queira falar ao Sr. P. Monteiro e dizer-lhe que todos lhe pedimos queira ser o nosso Corifeu nas Matemáticas, e dar-nos por agora as suas direcções para os prémios de este ano, e os dois seguintes porque daqui a pouco se querem publicar. Tudo esperamos confiados no seu patriotismo que todos dizem ser igual à sua ciência.»* [Cristóvão Aires 1927]. A ACL teve a sua primeira sessão privada em 16 de Janeiro de 1780 e nela foram eleitos os 10 membros efectivos que faltavam (segundo os seus estatutos: 24 sócios, 8 por classe), um deles foi Monteiro da Rocha. Abertura solene da ACL deu-se no dia 4 Julho de 1780. O primeiro Director da Classe das Ciências Exactas foi Luís António Furtado de Castro do Rio de Mendonça e Faro, 6.º visconde e 1.º conde de Barbacena, (1754-1830), que ocupou o lugar de 1780 a 1788.

[18]Este organismo foi criado por Alvará Régio em 30 de Julho de 1798. Sobre a contribuição de Monteiro da Rocha para a actividade científica desta Sociedade, veja-se 14.4.

[19]*«tendo em consideração a distinta literatura do Lente Jubilado e Decano da Faculdade de Matemática, [...] ao zelo e préstimo com que tem regido as diferentes cadeiras da sua Faculdade*

dem de Cristo da Sé de Portalegre como reconhecimento dos seus serviços[20]. Monteiro da Rocha irá abandonar a vida activa universitária em 1804 devido à nomeação para preceptor do príncipe herdeiro, futuro rei D. Pedro IV, e de seus irmãos[21], passando a residir em Lisboa[22].

---

desde a Reforma da Universidade e tendo em lembrança os seus bons serviços [...] farei um dos meus Conselheiros» [ANTT Registo Geral Mercês D. Maria I, liv.30 fl.291].

[20] Na Acta da Congregação de 7-7-1801 foi lida a Carta Régia que concedia a Monteiro da Rocha a referida Comenda [ACFM 1983, v.2 pp.51-52]. *«Ao que tendo consideração, e havendo respeito ao conhecido merecimento; úteis, e distintos serviços que tem feito na Universidade, e aos grandes progressos, a que tem conduzido os Estudos, ao magistério da dita Faculdade o mesmo Doutor José Monteiro da Rocha: Hei por bem fazer-lhe mercê da sobredita Comenda vaga de Portalegre [...], Palácio de Queluz, em dois de Junho de mil, e oitocentos e um – Príncipe»* [JC 1819, n.LXXVI-parte II pp.187-188]. No ano seguinte, em Março, Monteiro da Rocha veste o hábito da Ordem de Cristo: *«Em 2 de Março de 1802 por decreto de 20 de Outubro e 24 de Dezembro de 1801 e Portaria do Ministério e Seviços de Estado, de 31 de Agosto do mesmo ano, D. João VI, Príncipe Regente de Portugal, faz saber ao Reitor do Colégio de Tomar da Ordem de Cristo (exta muros da cidade de Coimbra) que o Doutor José Monteiro da Rocha [...] desejava e tinha devoção de servir [...] e receber o hábito da dita Ordem [...] na Igreja desse Colégio»* [ANTT Registo das Mercês de D. João VI, liv.2 fl.100v].

[21] Nomeado por Carta Régia de 18 de Agosto de 1804. Porém data de 20 de Maio de 1804 o conhecimento de Monteiro da Rocha sobre tão esperada nomeação, *«O Príncipe Regente Nosso Senhor tendo nomeado a V. S. pelas suas [??] e virtudes para mestre do Sereníssimo Senhor Príncipe da Beira, e dos Sereníssimos Senhores Infantes Seus Irmãos, me ordena que partícipe a V. S. esta honra que lhe faz, para que se dirija com a brevidade possível à Real Presença do nosso Senhor a beijar a Sua Real Mão, e principiar a exercitar a Seu ministério: e pelo que pertencer ao seu arranjamento nesta Corte, V. S. se entenderá comigo, que me acho autorizado por S. A. R. para esse efeito. Deus Guarde a V. S. // Palácio de Queluz em 20 de Maio de 1804 // Conde de Vila Verde.»* [BPA 54-XI-20 (95)]. A intenção de D. João de o nomear tutor dos seus filhos datava pelo menos já do ano de 1801, como se depreende de uma carta de Monteiro da Rocha para Francisco de Lemos – *«Eu fico pasmado da concorrência de circunstâncias singulares com que a Providência trouxe a caminho este negócio quando menos esperava. Elas me fazem agora crer o que nunca dantes acreditei, e agora entro mais seriamente na consideração de grande e arriscada obrigação desse emprego, consideração que certamente viria a alterar a tranquilidade do meu espírito se não fosse acompanhada de outra que me anima a confiança, esperando que como Deus foi servido dispor todas essas extraordinárias circunstâncias para a execução de tal destino, assim me há-de dar forças para o desempenhar»* [Teófilo Braga 1898-1902, v4 pp.250-251] –, em 6 de Novembro de 1802 Monteiro da Rocha volta a escrever a Francisco de Lemos mostrando-se expectante sobre a nomeação – *«Suposto o negócio e destino em que tantas vezes se tem falado, aqui e lá se diria que eu e V. Ex.ª nos aproveitávamos dessa ocasião [ida de Monteiro da Rocha a Lisboa] com o fim de me insinuar e introduzir pessoalmente para o dito destino. E se Sua Alteza suspeitasse o mesmo, ou lho fizesse suspeitar (porque para isso nunca faltam terceiros), certamente o negócio se poria em pior estado [...] Deixando pois Sua Alteza deliberar por si e conforme for guiado pela Providência, sem directa nem indirectamente procurar influir na sua decisão e escolha [...]»* [Teófilo Braga 1898-1902, v4 p.266].

[22] Monteiro da Rocha havia manifestado a Francisco de Lemos a sua intenção, caso fosse nomeado, de não viver na Corte e apenas aí se deslocar para as lições, *«Mas em tal caso sempre há-de ser com a condição de ter casa fora, e de ir somente cumprir a obrigação às horas e pelo tempo que se ordenar [carta de 6-11-1802]»*; mais tarde justifica-se, *«na idade em que estou, a mudança de teatro, a sujeição de etiquetas, a inevitável alteração de dieta, e de tudo o mais, não pode deixar de me causar gravíssimo dano [e sentir-se-ia] aturdido e desorientado com a flutuação da Corte, a que havia de ser dificultoso costumar-me [carta de 25-12-1802]»* [Teófilo Braga 1898-1902, v.4 pp.266-267]. Adquirindo assim a Quinta de Piedade, em São José de Ribamar (Algés).

Monteiro da Rocha morre em 11 de Dezembro de 1819[23]. No dia 7 de Janeiro de 1820 a Gazeta de Lisboa noticiava assim a sua morte:

> *«O Doutor José Monteiro da Rocha, Mestre de SS. AA. o Príncipe Real, e os Sereníssimos Infantes, do Conselho de Sua Magestade, Commendador da Ordem de Christo, Vice-Reitor da Universidade de Coimbra, Lente de Prima Jubilado na Faculdade de Mathematica, do Conselho dos Decanos, Director Perpétuo do Observatório Astronómico da mesma Universidade, Primeiro Deputado da Real Junta da Directoria Geral dos Estudos, e Escolas do Reino, Sócio da Academia Real das Ciências, de Lisboa, e da da Marinha, Cónego Magistral da Sé de Leiria, Director dos Estudos da Província de Santa Maria da Arrábida, etc. etc., faleceu na sua quinta de S. José de Ribamar, subúrbios de Lisboa, no dia 11 de Dezembro de 1819 [...]. A exacção, com que o Doutor José Monteiro da Rocha cumpriu os seus deveres, a moderação verdadeiramente exemplar de que deu provas quando ao lado do Soberano, e elevado a grande honra de Mestre de Seus Augustos Filhos, o zelo, e amor, com que olhou para o ensino público da Universidade, e para o da mocidade de toda a Nação, de cuja influência na pública felicidade estava bem persuadido, tornaram para sempre a sua memória digna de respeito, e de saudade; e a tão insigne Varão o modelo perfeito de um Sábio zeloso do bem do Soberano, e da Nação.»* [M. Almeida 1966][24]

[23] *«Aos 11 dias do mês de Dezembro de 1819 faleceu com todos os sacramentos dos enfermos o Ilustríssimo Conselheiro José Monteiro da Rocha, morador na sua quinta junto ao Convento de S. José de Ribamar, aonde foi sepultado por disposição do testamento com que faleceu de que fiz este assento [Registos paroquiais, Lisboa, Oeiras, Carnaxide, Livro de Óbitos nº 7, cx.12, fl.71v)]»* [Valter Roque 2003, p.146].

[24] Na sessão pública da ACL de 24 de Junho de 1820 o Secretário de então, Sebastião Francisco de Mendo Trigozo, no seu *Discurso Histórico* lamentava assim a morte de Monteiro da Rocha: *«[...] resta-me tão somente cumprir com o triste e penoso dever de nomear os cooperadores, e companheiros que temos perdido durando o mesmo período, [...] Faleceu também hum Sócio efectivo da Academia, que o fora desde o seu princípio, e que muito concorreu para o estabelecimento e progressos desta Sociedade, quero dizer o Sr. José Monteiro da Rocha, sábio cuja perda as Ciências Matemáticas terão longo tempo que lamentar, a quem principalmente foi devido o esplendor delas na Universidade de Coimbra, e cujo nome era pronunciado com respeito, não só no nosso País, mas mesmo nos Estrangeiros.»* [MACL 1821, t.VII p.xxvi]. Na Gazeta de Lisboa saiem uma série de anúncios da venda da Quinta de Ribamar: – *«Lisboa 25 de Fevereiro: No dia 26 do corrente mês pelas duas horas da tarde nas casas que foram da residência do falecido Conselheiro Doutor José Monteiro da Rocha, junto a S. José de Ribamar, se há-de vender em moeda uma parelha de machos, uma traquitana, e sege que ficaram do dito falecido.»*; – *«Lisboa 8 de Junho: Vende-se a quinta do falecido Conselheiro José Monteiro da Rocha, sita a S. José de Ribamar: na dita quinta há quem a mostre todos os dias a quem a quiser comprar.»*; – *«Lisboa 17 de Agosto: José Forte Saraiva, Testamenteiro do falecido Conselheiro José Monteiro da Rocha, de acordo com os Herdeiros do dito falecido, vai a fazer leilão da quinta e móveis que ficaram por morte do dito falecido, na tarde do dia 22 do presente mês de Agosto na mesma quinta junto a S. José de Ribamar, na presença do Ministro.»* [GL 1820].

O seu espólio científico, manuscrito e demais trabalhos, foram entregues em 1825 à Academia Real das Ciências de Lisboa. A sua biblioteca é deixada em testamento ao príncipe D. Pedro e integra hoje o acervo da biblioteca do Palácio da Ajuda[25].

2.2 A actividade científica de José Monteiro da Rocha

A obra científica de Monteiro da Rocha é relativamente vasta, compreendendo traduções de livros de texto franceses, trabalhos de matemática aplicada e trabalhos de astronomia teórica e prática. Alguns desses trabalhos encontram-se publicados, tanto nas Memórias da ACL (MACL) como nas *Ephemérides Astronómicas* do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra (EAOAUC) (e numa ou noutra publicação de que falaremos oportunamente), outros há que apenas se lhes conhecem versões manuscritas. Antes de elencarmos a totalidade do seu trabalho, impresso e manuscrito, é conveniente tecer algumas considerações acerca dos seus manuscritos[26].

Sabemos o destino que Monteiro da Rocha quis dar aos livros que constituíam a sua biblioteca pessoal. Já o mesmo não se pode dizer em relação aos seus manuscritos e demais papeis. É ideia corrente que Monteiro da Rocha os doou à Academia das Ciências [Inocêncio da Silva 1858-1923, v.5 p.76], contudo não encontrámos documento algum que o suporte. Sabemos, isso sim, que José Fortes Saraiva, seu testamenteiro, os fez chegar à Secretaria de Estado dos Negócios do Reino que por sua vez os entrega em 1825 à ACL [Cristovão Aires 1927, p.476][27]. No dia 1 de Março de 1825 é aberto o caixote que transportou esses manuscritos até à ACL,

«No dia um de Março de 1825, estando presentes nesta secretaria da Acad-

[25] Na Biblioteca da Ajuda existe um *Catálogo Alfabético [...] da Biblioteca de José Monteiro da Rocha* [BA: 52-XIV-35, n^o 42]. Este catálogo foi elaborado aquando do recebimento da referida biblioteca na Casa Real do Paço da Ajuda. O testamento de José Monteiro da Rocha encontra-se no Arquivo da Universidade de Coimbra [AUC cx.265, Processo do Professor José Monteiro da Rocha].

[26] O primeiro inventário dos trabalhos científicos de José Monteiro da Rocha deve-se a Valter Roque [Valter Roque 2003, pp.34-69]. Este inventário tem algumas lacunas pois não refere, por desconhecimento do autor uma série manuscritos, uns hoje perdidos é certo, mas outros não e perfeitamente localizados.

[27] No ANTT existe uma carta de Dantas Pereira (datada de 1825) dirigida ao Ministro do Reino: *«Ilustríssimo Senhor Gaspar Feliciano de Morais tendo recebido agora um aviso datado de 11, em que se manda formar um catálogo dos manuscritos de José Monteiro da Rocha, oferecidos por José Fortes Saraiva, para se informar sobre o merecimento deles e o destino que mais convinha dar-lhes; recorri aos documentos inclusos para saber o lugar onde param aqueles manuscritos a fim de se executar o referido catálogo e se proceder ao exame respectivo: nada porém me indica o dito lugar, e portanto peço a V. Senhoria que queira noticiar-mo; e se os manuscritos existem na Secretaria de Estado remetê-los a esta Academia, na qual serão mais prontamente relacionados e revistos. Aproveito com toda a satisfação a reiterar perante V. os votos da distinta consideração com que subscrevo [...], José Maria Dantas Pereira.»* [ANTT Ministério do Reino Mç.353]. Nessa carta pode ainda ler-se, à margem do corpo de texto: *«PA a José Fortes Saraiva em 9 de Fevereiro de 1825»*; – *«Remeteu-se um caixote com os manuscritos que ofereceu José Fortes Saraiva à Academia Real das Ciências em 18 de Fevereiro de 1825»*; – *«Secretaria da Academia 20 de Janeiro de 1825»*.

> *emia Real das Sciencias os sócios ao diante assinados, se reconheceu estando perfeitamente fechado um caixote remetido da Secretaria de Estado dos Negócios do Reino e procedendo-se a abrir o mesmo caixote se encontrarão dentro os seguintes documentos [são elencados e enumerados os manuscritos, do nº1 ao nº 48]. E não se continha mais nada no dito caixote, o que confirmamos com a nossa assinatura. Secretaria da Academia Real das Sciencias em 1 de Março de 1825.»* [ACL Ms. Azul 794]

É criada desde logo uma Comissão Académica para a análise e estudo do espólio (em anos subsequentes outras serão entretanto também criadas). Esse acervo documental seria numerado (um total de 48 manuscritos) e separado em dois conjuntos, um com os manuscritos científicos (nºs 15-43) e outro com os manuscritos literários (nºs 1-14 e 44-48)[28]. Os manuscritos científicos são reunidos em *«7 maços com a numeração romana»*, sendo elaborado um pequeno parecer de 3 páginas[29].

Hoje, infelizmente, na ACL grande parte destes manuscritos não se conseguem localizar – poderão estar perdidos! No que diz respeito a outros arquivos (tanto nacionais como estrangeiros) apesar dos nossos esforços só encontrámos um pequeno conjunto de manuscritos, relacionados com a 'polémica' com José Anastácio da Cunha, na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro [BNRJ 19.01.026][30]. Apresenta-se de seguida a lista completa dos trabalhos científicos impressos e manuscritos de José Monteiro da

[28]Os manuscritos científicos seriam analisados pela Comissão constituída por Mateus Valente do Couto, Manuel Pedro de Melo e Rodrigo Ferreira da Costa (o relatório é enviado a José Maria Dantas Pereira em 5 de Abril de 1825). Os manuscritos não científicos foram analisados por Manuel Trigoso de Aragão Morato (relatório enviado a José Maria Dantas Pereira em 11 de Março de 1825) e por Ricardo Raimundo Nogueira (relatório de 18 de Abril de 1825). Em anexo apresentamos a lista desses 48 manuscritos.

[29]No Maço I foram reunidos os manuscritos nºs 16, 17 e 35 correspondentes aos tratados de Aritmética, Álgebra, Calculo Diferencial e Integral. No Maço II foram reunidos os manuscritos nºs 18 e 19, que versam a trigonometria esférica e plana, respectivamente. No Maço III os manuscritos nºs 42 e 43: *«Cinco caderninhos em 8º relativos a vários problemas matemáticos, aliás seis»*, e *«um maço de folhas volantes contendo vários acentos e vários escritos»*, vários papeis avulsos com diversos *«problemas e teoremas miscelâneos»* e *«papeis avulsos de censuras de algumas Memórias (mas sem ordem alguma); índices de citações de obras de vários autores; esclarecimentos de algumas passagens de compêndios e de algumas questões matemáticas; cartas (em francês) sobre vários pontos que foram tratados pelo Sr. Monteiro; construções gráficas de elipses e vários problemas curiosos; teses de matemática; e observações astronómicas»*. O Maço IV continha os nºs 24, 26, 29 e 40, relacionados com os trabalhos sobre os eclipses. No Maço V foram agrupados os manuscritos nºs. 20, 22, 23, 25, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 39 e 41, que pareceram à Comissão *«já estar impressos nas Efemérides de Coimbra, e nas Memórias da Academia Real das Ciências de Lisboa»*. No Maço VI, os nºs 21 e 36, manuscritos relacionados com a polémica com Anastácio da Cunha, *«certas questões matemáticas que houveram entre o Dr. José Anastácio e Sr. Monteiro»*. Por fim no Maço VII a Comissão acaba por reunir papeis que ao que parece nada tinham a ver com assuntos matemáticos, *«papeis que vinham envolvidos entre os outros»*.

[30]Em finais da década de 1990 Carlos Ziller Camenietzki localizou na BPE o manuscrito do 'sistema físico-matemático dos cometas', que publica em 2000 [Monteiro da Rocha 2000]; e também Henrique Leitão localizou outro inédito na BNP, o manuscrito das longitudes [BNP Ms.511].

Rocha:

- **TRABALHOS IMPRESSOS:**

1. Estatutos da Faculdade de Matemática: *'Segunda Parte. Do Curso Mathematico'* (1772) [Estatutos 1772, v.3 pp.141-222]

2. Elementos de Arithmetica por M. Bezout (Coimbra, 1773) [Elementos de Arithemetica 1773]

3. Elementos de Trigonometria Plana por M. Bezout (Coimbra, 1774) [Elementos de Trigonometria 1774]

4. Elementos de Analisi por M. Bezout (2 vols.) (Coimbra, 1774) [Elementos de Analisi 1774][31]

5. Tratado de Hidrodynamica por M. Bossut (Coimbra, 1775) [Hidrodynamica 1775]

6. Tratado de Mechanica por M. Marie (Coimbra, 1775) [Mechanica 1775]

7. Additamentos à regra de M. Fontaine para resolver por approximação os Problemas que se reduzem ás Quadraturas [Monteiro da Rocha 1797b]

   existem 2 manuscritos: – *"Additamentos á Regra de M. Fontaine para resolver por approximação os Problemas que se reduzem ás Quadraturas [s.l., s.d.]"* [ACL Ms. Azul 1446]; – *"Additamentos á Regra de M. Fontaine para resolver por approximação os Problemas que se reduzem ás Quadraturas [s.l., s.d., cópia do manuscrito anterior]"* [ACL Ms. Azul 1447]

8. Solução Geral do problema de Kepler sobre a medição das Pipas e Tonéis (1797) [Monteiro da Rocha 1797a]

9. Determinação das órbitas dos Cometas (1799) [Monteiro da Rocha 1799]

   existe 1 manuscrito: *"Determinação das orbitas dos Cometas [s.l., s.d.]"* [ACL Ms. Azul 1462)]

10. Sistema Físico-matemáticos dos Cometas (2000) [Monteiro da Rocha 2000]

[31] A historiografia atribui esta tradução a Frei Joaquim de Santa Clara, tal não nos parece credível (veja-se 6.3).

existe 1 manuscrito: *"Sistema Physico Mathematico dos Cometas [1760]"*[BPE, Fundo Manizola nº 506]

11. Taboada Náutica Para o Cálculo das Longitudes (1799) [Monteiro da Rocha 1799b]

12. Ephemerides Astronómicas calculadas para o meridiano do Observatório Real da Universidade de Coimbra (vários volumes, o 1º é de 1803) [EAOAUC]

13. Táboas Auxiliares (1803-04) [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.121-170], [EAOAUC (1805) 1804, v.2, pp.121-165]; e respectiva '*Explicação'* (1803-04) [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.205-212] e [EAOAUC (1805) 1804, v.2 pp. 194-201]

14. Cálculo das Longitudes (1803) [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.213-230]

15. Cálculo dos Eclipses (1803) [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.230-240]

existe 1 manuscrito: *"Calculo dos Eclipses sujeitos às parallaxes [s.l., s.d.]"* [ACL Ms. Azul 1466]

16. Demonstração e Ampliação do cálculo dos ecclipses proposto no 1º volume destas Ephemerides (1806) [EAOAUC (1807) 1806, v.4 pp.i- lxxvii]

17. Additamento ao calculo dos ecclipses proposto no 1º volume, e demonstrado, e ampliado no IV volume destas Ephemerides (1811) [EAOAUC (1812) 1811, v.8 pp.i-viii]

18. Tábuas de Marte para o meridiano do Observatório Real da Universidade de Coimbra (1803) [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.i-xv]

19. Uso do retículo Rhomboidal (1805) [EAOAUC (1806) 1805, v.3 pp.243-254]

20. Uso do Instrumento de Passagens (1805) [EAOAUC (1806) 1805, v.3 pp.255-264]

21. Exposição dos methodos particulares de que se faz uso no calculo destas Ephemerides (1807) [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 pp.i-xxxviii]

existe 1 manuscrito: *"Exposição dos Methodos Particulares, de que se faz uso no cálculo destas Ephemerides [s.l., s.d.]"* [ACL Ms. Azul 207]

22. Aviso aos Astrónomos sobre o uso da aberração do Sol no cálculo dos planetas (1812) [EAOAUC (1813) 1812, v.9 pp.i-viii]

23. Taboas Astronomicas ordenadas a facilitar o cálculo das Ephemerides da Universidade de Coimbra (1813) [Monteiro da Rocha 1813]

Em 1808 seria publicado em Paris por Manuel Pedro de Melo um livro com a tradução de 4 trabalhos de Monteiro da Rocha já publicados nas EAOAUC

24. Mémoires sur l'Astronomie Pratique par M. J. Monteiro da Rocha (1808) [Monteiro da Rocha 1808][32]

- **MANUSCRITOS EXISTENTES:**

1. *"Elementos de Mathematica [s.l., s.d.]"* [ACL Ms. Azul 371]
2. *"Elementos de Algebra [s.l., s.d.]"*[ACL Ms. Azul 397]
3. *"ΥΠΟΜΝΗΜΑΤΑ παυτοδαπης επιςνμυς [tratado de trigonometria] [s.l., s.d.]"* [ACL Ms. Azul 55]
4. *"Parte de hûa carta do D.r Jose Monteiro da Rocha em data de 6 de Fev.ª de 1786 na qual se contem algumas observaçoens curiosas sobre a Regra das Quadraturas approximadas de M. Fontaine [s.l., 6-02-1786]"* [ACL Ms. Azul 352(12)]
5. *"Methodo de achar a longitude geografica no mar e na terra [...] [s.l., s.d]"*[BNP Ms. 511]
6. *"Tabulæ pro Calculo Eclipsium [s.l., s.d.]"*[ACL Ms. Azul 1463]
7. *"Formulae Supputandis Eclipsibus accomodatæ [s.l., s.d.]"*[ACL Ms. Azul 1464]
8. "Ex Arithmetica et Geometria Elementar [s.l., c.1788]"[ANTT Manuscrito Liv. nº20][33]

- **MANUSCRITOS REFERENCIADOS** (hoje desconhecidos):

[32] Essas memórias são: *Mémoire sur l'usage du Réticule Rhomboïdal* (pp.1-16); *Mémoire sur l'usage de l'Instrument des Passages* (pp.17-29); *Nouvelle méthode sur le calcul des Éclipses sujettes aux effets des parallaxes* (pp.30-120); *Exposition des méthodes particulières employées dans les calculs des Éphémérides de Coimbra* (pp.121-164).

[33] Manuscrito apresentado por José Monteiro da Rocha à Real Mesa da Comissão Geral sobre o Exame e Censura dos Livros, contendo os seguintes capítulos: *"Ex geometria elementar"; "Ex analysi et geometria sublimiori"*; *"Ex mechanica atque hydraulica"*; *"Ex trigonometria spaerica et astronomia"*. O final do texto apresenta a assinatura de José Monteiro da Rocha e apresenta um carimbo da rainha D. Maria I em todas as folhas de texto. No final do texto vem: *"Imprima-se e volte a conferir. Lisboa, 17 de Maio de 1788 [três assinaturas]"*.

1. *"Manuscrito [que] tem por objecto a geometria elementar, e a trigonometria, distribuída aquela em 322 paragrafos, e esta em 63, com 12 estampas"*(referenciado com o n.17 do inventário elaborado pela ACL em 1825 [ACL Ms. Azul 794])
2. *"Um manuscrito em fólio completo composto de 7 páginas escritas, tendo por título Trigonometria Esférica Prática por meio do compasso de proporção"*(n.18)
3. *"Um manuscrito com o título Lições sobre vários pontos interessantes da Matemática, em folhas avulso contendo 635 parágrafos referidos a 6 estampas e levando mais 20 páginas avulso que tratam do mesmo objecto"*
4. *"Uma folha de papel com o título Demonstração do tetragonismo universal de M. Fontaine"* (n.36)[34]
5. *"Um manuscrito em 4º com o título Solução do problema de Kepler sobre a medição de pipas e tonéis, tem 15 folhas, com 2 semi-tabelas anexas"*(n.37)
6. *"Cinco caderninhos em 8º relativos a vários problemas matemáticos, aliás seis"* (n.42)
7. *"Um maço de folhas volantes, contendo vários acentos e vários escritos, relativos a diversos objectos"* (n.43)
8. *"Dois manuscritos em 4º com o título Reflexões sobre as eleições por escrutínio nos provimentos das Igrejas da Universidade, o primeiro tem 7 folhas, o segundo 12"* (n.44)
9. *"Um manuscrito truncado com 24 folhas escritas, tendo por titulo Demonstração e Ampliação do cálculo dos eclipses"* (n.25)
10. *"Outro manuscrito em 4º sem título, mas relativo ao mesmo objecto do anterior, tendo 8 folhas"* (n.26)
11. *"Uma colecção de taboas para redução das distâncias, tendo escritas 41 folhas em 4º"* (n.27)
12. *"Manuscrito em 4º intitulado Demonstração e ampliação do cálculo dos eclipses proposto no 1° volume das Ephemerides tem 75 páginas numeradas"* (n.28)
13. *"Colecções de tábuas relativas ao Sol e à Lua e cálculos relativos a este satélite em 23 folhas"* (n.30)
14. *"Tábuas do movimento médio da Lua, 10 folhas em 4º"* (n.31)

[34] Recentemente (Novembro de 2009) encontrámos uma cópia deste manuscrito na BNRJ (veja-se 10.5).

15. *"Outras tábuas do movimento médio da Lua com vários cálculos da sua longitude e latitude em 15 folhas de 4º"*(n.32)
16. *"Outra colecção de tábuas em 4º referindo as épocas do meridiano do Observatório de Coimbra, e sendo relativas à Lua, em 18 páginas"* (n.33)
17. *"Um manuscrito em fólio de 18 páginas, tendo por título Solução de um problema de Geometria do qual depende a medição exacta dos segmentos de quaisquer pipas e tonéis"*(n.38)
18. *"Um manuscrito em fólio de 8 páginas escritas tendo por título 'Motus Lunae ex theoria grabitatis'"*(n.39)
19. *"Uma meia folha com o título 'Construção gráfica dos eclipses sujeitos às paralaxes'"* (n.40)
20. *"Uma folha com tábuas relativas aos satélites de Júpiter"*(n.41)

2.3 A actividade administrativa José Monteiro da Rocha

José Monteiro da Rocha enquanto vice-reitor da Universidade de Coimbra, cargo que ocupa por 18 anos, é responsável por uma série de textos de carácter legislativo dizendo respeito à vida administrativa da Universidade (leiam-se as Actas das Congregações das Faculdades e as Actas dos Claustros Plenos, bem como a História da Universidade de Coimbra de Teófilo Braga [Teófilo Braga 1898-1902, v.3 e v.4], e ficará nítido o papel desempenhado por Monteiro da Rocha). A seguir elencam-se 4 extremamente significativos:

1. Regulamento do Real Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra (1799) (C.R. de 4 Dezembro de 1799) – este regulamento não é só importante por estabelecer a lei orgânica do OAUC mas também porque nele se estabelece a necessidade de enviar ao estrangeiro professores da Universidade em viagens científicas para actualização de conhecimentos. Em consequência desta lei será enviado Manuel Pedro de Melo para França e outros países europeus, com instruções específicas redigidas por Monteiro da Rocha (veja-se 13.3);

2. Regimento (por A.R. de 10 de Maio de 1800) da Junta da Directoria Geral dos Estudos, organismo estatal equivalente ao Ministério da Educação actual;

3. Alvará de 9 de Junho de 1801, criando os Cosmógrafos; e determinando que haja um Lugar nos Conselhos da Fazenda, do Ultramar, Almirantado, e Junta do Comércio para os Professores de Matemática (veja-se 13.3);

4. Alvará de 1 de Dezembro de 1804, sobre a forma do provimento das cadeiras na Universidade, *«para salvar a Universidade de tantos doutores inábeis»* e que seria alvo de forte resistência por parte dos opositores (veja-se 13.3).

2.4 A biblioteca pessoal de José Monteiro da Rocha

A biblioteca de Monteiro da Rocha é deixada em testamento ao Príncipe D. Pedro. O testamento foi ditado por Monteiro da Rocha, na sua casa de Ribamar em 15 de Julho de 1816, ao tabelião Feliciano José da Silva Seixas, pois como estava doente e acamado – *«porém em meu perfeito juízo»* –, encontrava-se impossibilitado de o escrever pelo seu próprio punho, *«por não poder fazer escritos tão extensos»*[35]; e nele pode ler-se o destino que pretendia dar à biblioteca:

> *«determino que a minha livraria se acautele na melhor forma possível, e se ponha à disposição do Reverendo Padre Mestre Fr. António de Santa Maria D'Arrábida confessor de sua Alteza Real Sereníssimo Senhor D. Pedro Príncipe do Brasil ao qual tomo submissamente a liberdade de lha oferecer»*[36].

Monteiro da Rocha morre em 1819, mas só 1822, entre 20 de Novembro e 3 de Dezembro, é que os livros são recebidos no Palácio da Ajuda. Este atraso é facilmente explicado pela situação política e social que o país então atravessa. A Corte continua no Brasil, as pressões em consequência da revolta liberal da cidade do Porto para o seu regresso são muitas. Vivem-se tempos algo conturbados que acabam por adiar a ida da biblioteca para o Rio de Janeiro, onde estava o testamentário. Efectivamente, em 1820 foi pedido o seu embarque pelo bibliotecário da Corte no Rio de Janeiro, Luís Joaquim dos Santos Marrocos:

> *«[...]P. S. Tendo vindo daí participação de que José Monteiro da Rocha fizera o seu testamento a 16 de Julho do ano passado, em que designava a Sua livraria a S. A. R. e falecera a 10 de Dezembro; Sendo sido encarregado da arrecadação da Sua livraria o Sr. Alexandre António das Neves: já terá chegado a ordem para ser a referida livraria transportada para aqui*

[35] A data do início da sua doença é incerta. Segundo o testamento em 15 de Julho de 1816 já se encontrava doente. A Gazeta de Lisboa (7 de Janeiro de 1820) ao noticiar a sua morte dá essa a data como o início da doença: *«No dia 15 de Julho de 1816 foi atacado de uma paralisia no lado esquerdo, mas que lhe deixou livre o juízo; e desde então consagrou exclusivamente a actos de Piedade, e Religião todos os momentos, de que podia dispor, sofrendo com religiosa resignação a sua incómoda moléstia, e durante a qual a si próprio receitou os poucos remédios, que ela admite, o que tão bem fez na Catarral, que lhe sobreveio, e com que findou seus dias»* – não parece plausível ter ditado o testamento no próprio dia em que adoeceu!

[36] Manuel Augusto Rodrigues escreve que Monteiro da Rocha doou a biblioteca, não ao Príncipe D. Pedro, mas ao rei D. João VI – *«18 de Julho [1819]: José Monteiro da Rocha, Lente jubilado de Astronomia da Faculdade de Matemática, doou a sua Biblioteca a D. João VI, tendo António Alexandre das Neves Portugal sido encarregado da sua arrumação na Biblioteca da Ajuda. Monteiro da Rocha veio a falecer em Lisboa a 11 de Dezembro seguinte.»* [M. Rodrigues 1998, p.131] –, a afirmação não é correcta.

acompanhada de José Forte Saraiva, reposteiro da câmara, e criado que foi do Dr. José Monteiro da Rocha; a fim de ser entregue a S. A. R. [de 30-3-1820]»[37].

Entretanto, em 1821 D. João VI regressa a Lisboa (a 3 de Julho de 1821) e os livros acabam por não ser enviados para o Brasil, sendo encaminhados em 1822 para o Palácio da Ajuda onde se situava a Biblioteca Real (para uma história minuciosa da Biblioteca Real veja-se [Moritz Schwarcz 2007]). Aquando da tomada de posse dos livros é feito um inventário onde são listados por José António Maria de Souza e Azevedo os títulos das obras que compõem o espólio:

> *«Catálogo Alfabético dos livros, de que, por seus autores e títulos simplesmente notados, se formava a Biblioteca do Conselheiro Dr. José Monteiro da Rocha, e por ele dada em verba de testamento ao Sereníssimo Príncipe Real o Senhor D. Pedro d'Alcântara. Principiou-se a fazer esta entrega na Casa da Livraria do Paço da Ajuda com assistência do Dr. Corregedor do Bairro de Belém José António Maria de Souza e Azevedo no dia 20 de Nov. ano 1822 assim ordenado por Juízo do Secretário de Estado dos Negócios do Reino Filipe Ferreira d'Araújo e Castro e se estendeu a dita entrega em forma de inventário por uma relação dos mesmos livros nos dias 20„ =21„ =22„ 23„ =25„ =27, ,=29 „= Em Dezembro no dia 2„ e3»* [BA 52-XIV-35(42)][38].

O *'catálogo'* não está assinado, é composto por 1 folha de rosto e mais 33 folhas escritas (frente e verso, excepto a fl.33 que só tem escrita a frente, correspondendo a um total de 65 páginas) e apresenta-nos uma biblioteca composta por 1326 títulos, dizendo alguns respeito a exemplares de diferentes edições que o inventariador menciona como: *«outro exemplar com diferença em edição ou outro exemplar aumentado»*. Quanto ao número de volumes não nos foi possível estimar com exactidão o seu número (com

[37] Luís Joaquim dos Santos Marrocos (1781-1838), foi como ajudante de bibliotecário para o Rio de Janeiro em Março de 1811 onde permaneceu, entre 1811 e 1823, ao serviço de D. João VI como bibliotecário. A carta a que nos referimos chegou a Portugal em 8 de Agosto a bordo do Navio Conde de Peniche e é dirigida ao seu pai Francisco José dos Santos Marrocos, professor régio de Filosofia Racional e Moral e bibliotecário da Biblioteca Real da Ajuda [BPA Ms. Av.54-VI-12 (155)]. Para mais veja-se o conjunto epistolar de Luís Joaquim dos Santos Marrocos preservado na Biblioteca da Ajuda e coligido e trabalhado numa edição da BNP [L. Marrocos 2008]. Alexandre António Neves Portugal (1763-1822), Bacharel em Leis e sócio e guarda-mor dos estabelecimentos literários da ACL (em 5 Novembro de 1791), foi também Director da Junta de Direcção Literária e da Biblioteca da Ajuda.

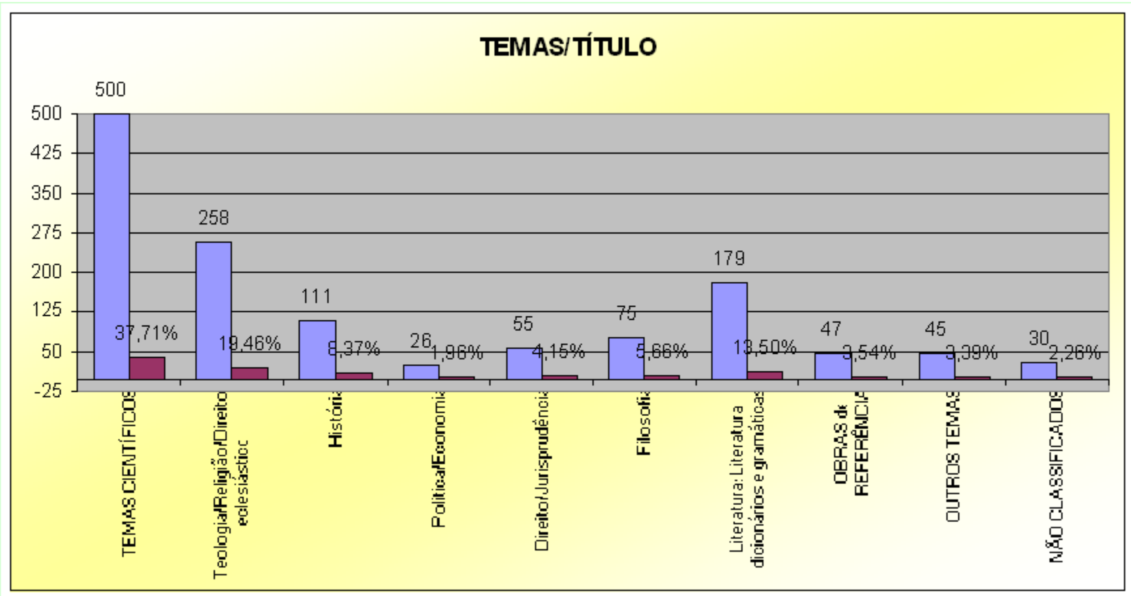
[38] Na Biblioteca da ajuda existia catalogado um outro documento – '*Catálogo (Autores) da Biblioteca de José Monteiro da Rocha - 1831'* [BPA 51-XIII-13] –, mas que nada tinha a ver, como pudemos verificar, com a biblioteca de Monteiro da Rocha (o erro foi por nós reportado e entretanto corrigido).

excepção, como veremos adiante, do número de volumes referentes às obras científicas), contudo a biblioteca excedia em muito os 1326 volumes pois muitos dos títulos correspondiam a obras publicadas em vários tomos. Seja como for a biblioteca pessoal de José Monteiro da Rocha, tendo em conta que grande parte da população do país (cerca de 3 milhões de habitantes à época) era analfabeta e que a média de livros de uma biblioteca pessoal não deveria ultrapassar as 3 dezenas, pode ser considerada para a época uma grande biblioteca pessoal[39]. Quando transcrevíamos o inventário foi-nos imediata a percepção da sua grandeza, não só pela quantidade e diversidade de títulos e autores, mas como pela qualidade e actualidade dos mesmos, destacando-se de imediato os livros de matemática e astronomia, seguindo-se os títulos de teologia e direito canónico (não esqueçamos que Monteiro da Rocha era um ex-jesuíta e Bacharel em Cânones).

Embora o nosso estudo e análise se foque essencialmente nos livros científicos, e dentro destes naqueles cujos temas interessam às ciências matemáticas – ou seja, não só os especificamente de matemática ou astronomia mas também todos aqueles que se poderiam classificar mais autonomamente noutras áreas como: a física-matemática, a mecânica, a óptica, a hidráulica, o desenho, a arquitectura, entre outros –, iremos antes de avançar para esse estudo caracterizar a biblioteca no seu conjunto. Para tal agrupámos os títulos em 10 categorias: científicos, religião (que engloba todas as obras desde a religião propriamente dita, à teologia, mística, hagiografia, sermões, moral cristã e direito eclesiástico), história, política e economia, direito civil e obras de jurisprudência, filosofia, literatura (onde engloba a literatura, os dicionários e as gramáticas), obras de referência (enciclopédias, memórias académicas e colectâneas), outros temas (música, almanaques, vária. . .), não classificados (onde agrupámos todos aqueles que não nos foi possível identificar no *'catálogo'* – como por exemplo, uma obra de Francis Bacon que no inventário vem apenas como: *«bacon (f)=»*. A tabela e o gráfico seguinte mostram a distribuição dos títulos por tema (totais e percentuais) da biblioteca:

[39]Maria Adelaide Salvador Marques no seu trabalho de análise do inventário das bibliotecas remetidas à Real Mesa Censória em 1769 afirma que a média de livros por biblioteca era de 25 livros – ressalvando contudo *«que, nestas bibliotecas predominam os pequenos conjuntos de livros. Podemos classificá-las de bibliotecas usuais, sendo pouco numerosos os catálogos pertencentes a eruditos»* [M. Marques 1982, p.192 nota26]. Mesmo para os padrões actuais a biblioteca pessoal de Monteiro da Rocha é uma grande biblioteca, ultrapassando em muito o número médio de livros presentes no lar português que é de 124 (dados relativos a 2004) [Omnibus 2004].

Temas	#	%
científicos	500	37.71
religião	258	19.46
história	111	8.37
política/economia	26	1.96
direito/jurisprudência	55	4.15
filosofia	75	5.66
literatura	179	13.50
obras de referência	47	3.54
outros temas	45	3.39
não classificados	30	2.26



As obras dedicadas às ciências em geral ocupam 37.71% do total de títulos, logo seguidas das obras de âmbito religioso (cerca de 19%), ao qual se segue um 3^o grupo das obras de literatura (literatura, gramáticas, dicionários), com 13.50%. As outras temáticas têm percentagens inferiores a 5%, com excepção dos livros de história e geografia (8.37%). No campo das humanidades os grandes autores clássicos como Aristóteles, Cícero, Ovídio, Virgílio, Plínio, Tácito, Horácio, Plutarco, entre outros estão presentes; estão presentes também autores como Cervantes, Camões, Chateubriand, Esopo, La Fontaine. Na Filosofia encontramos autores como Heinécio, Wolff, Descartes, Hume, Rousseau, Bento de José Farinha. A Teologia e Cânones estão também bem representadas em número e diversidade de obras e autores: várias bíblias incluindo bíblias hebraicas, breviários, compêndios de teologia e de direito canónico, bem como livros sobre a história da Igreja; e autores como: Fleury, Gerbert, Pedro de S. Francisco, Lancelot, Febrónio, Rieger.

Considerando o estudo de Maria Salvador Marques sobre as bibliotecas existentes em Portugal por volta de 1770 constata-se que a biblioteca de Monteiro da Rocha se encaixa nos padrões típicos de uma *'biblioteca de um professor'* [M. Marques 1964], caracterizando-se por um destaque de obras da especialidade do seu possuidor, seguidas por um 2^o grupo de obras religiosas, em 3^o lugar temas de história e em 4^o obras literárias. Monteiro da Rocha, como professor que era, tinha a sua biblioteca bem recheada de livros científicos e no que a estes se refere os livros de Matemática e Astronomia, as áreas científicas da sua especialidade, ocupam mais de metade dos títulos. A discrepância verificada na troca dos 3^o e 4^o lugares talvez se compreenda pelo gosto pessoal, reflexo do tempo passado por Monteiro da Rocha na Companhia de Jesus. É capaz de ser interessante olharmos para a biblioteca pessoal do matemático, e colega de Monteiro da Rocha, Anastácio da Cunha cuja distribuição por temas tem a literatura a ocupar o 1^o lugar (52.71%) e as matemáticas e ciências naturais o 2^o (17.05%), certamente um exemplo atípico visto não encaixar na caracteristíca da *'biblioteca de um professor'*[40].

Infelizmente a falta de estudos sobre bibliotecas pessoais do século XVIII, principalmente de grupos eruditos e de cientistas em particular, deixa em aberto muitas questões e não permite um estudo comparativo que certamente, como é fácil de perceber, enriqueceria o nosso trabalho. Em Portugal, tanto quanto sabemos, apenas há o estudo de João Pedro Ferro sobre a biblioteca de Anastácio da Cunha ([J. Ferro 1987, pp.97-112] e [J. Ferro 1988]). Estudos sobre bibliotecas de matemáticos ou astrónomos estrangeiros também não parecem abundar – graças à simpatia de Craig B. Waff conhecemos o inventário da biblioteca do matemático francês Alexis-Claude Clairaut (1713-1765) [Craig Waff 2007][41]. Claro que há críticas pertinentes que se podem fazer acerca de um trabalho comparativo deste género. Uma prende-se com o período temporal que possa separar as bibliotecas em estudo[42]. Outra, bastante mais pertinente, diz respeito ao período de vida em que os seus possuidores as construíram. Por exemplo ao compararmos as bibliotecas de Anastácio da Cunha e de Monteiro da Rocha estamos a comparar duas bibliotecas notoriamente desproporcionadas. A de

[40] A biblioteca de Anastácio da Cunha (inventariada em 1778) foi tratada por João Pedro Ferro [J. Ferro 1988].

[41] A biblioteca pessoal de Clairaut era composta por cerca de 600 títulos, dos quais 291 títulos eram referentes às ciências exactas e às técnicas num total de 350 volumes (1.2 volume/título) e 167 autores. Era por conseguinte bem mais pequena que a biblioteca de Monteiro da Rocha.

[42] Por exemplo, no caso da biblioteca de Clairaut cerca de 55 anos e no caso da biblioteca de Anastácio da Cunha cerca de 40 anos em relação à biblioteca de Monteiro da Rocha.

Anastácio da Cunha é a biblioteca de um homem no começo da sua vida académica (tragicamente interrompida diga-se), a de Monteiro da Rocha foi reunida ao longo de um extenso percurso profissional e institucional[43] – em suma, são bibliotecas guarnecidas ao longo de períodos de tempo muitíssimo distintos da vida de ambos. (Apesar destas ressalvas estamos convencidos de que ganharíamos mais do que perderíamos num estudo comparativo desse tipo.) No caso da comparação com a biblioteca de Clairaut os ganhos são desde logo evidentes, pois comparamo-la com a biblioteca de um dos grandes matemáticos e astrónomos franceses que desenvolveu toda a sua actividade científica num dos centros científicos mais activos do século XVIII, a França.

Vejamos então agora a distribuição dos títulos por idioma (totais e percentagem) na biblioteca de Monteiro da Rocha:

Língua	#	%
português	364	27,45
francês	394	29,71
latim	473	35,67
inglês	23	1,73
espanhol	16	1,21
italiano	6	0,45
alemão	0	0,00
não classificados	50	3,78

O francês e o latim constituem a percentagem maior ($\approx 65\%$) de obras, em completa oposição à divisão linguística que as bibliotecas apresentavam por volta de 1770, em que o português dominava com 56%, seguindo-se o latim com 31.43% e só depois o francês com 4.12%. Na biblioteca de Anastácio da Cunha também o francês e o latim imperam com $\approx 52\%$, porém a quantidade de livros ingleses é muito maior do que os possuídos por Monteiro da Rocha ($\approx 20\%$) – facto que se explica pela elevada percentagem de obras de literatura e de referência (55.81%) maioritariamente inglesas que Anastácio possuía.

Será isto uma consequência, de certa forma esperada, das reformas pombalinas e das suas directrizes educacionais? Certamente que sim. A língua da ciência é maioritariamente francesa, os próprios Estatutos da Universidade de Coimbra ressalvam a importância dos alunos estudarem tanto o francês como o inglês *«nas quais estão escritas, e se escrevem cada dia muitas Obras importantes de Matemática»*. O facto

[43] João Pedro Ferro considera que Anastácio da Cunha terá começado a reunir a sua biblioteca desde a altura em que começa a leccionar em Coimbra [J. Ferro 1988, p.108]. A biblioteca de Anastácio da Cunha era constituída 129 títulos e 263 volumes (2.04 volume/título), cerca de 10 vezes menos títulos que a de Monteiro da Rocha.

da língua francesa ser dominante não é nada de estranhar, muito pelo contrário, pois o francês sucedeu ao latim como o veículo dominante na difusão científica e cultural da Europa de então, com os iluministas franceses a marcarem fortemente as ideias filosóficas e científicas do século[44].

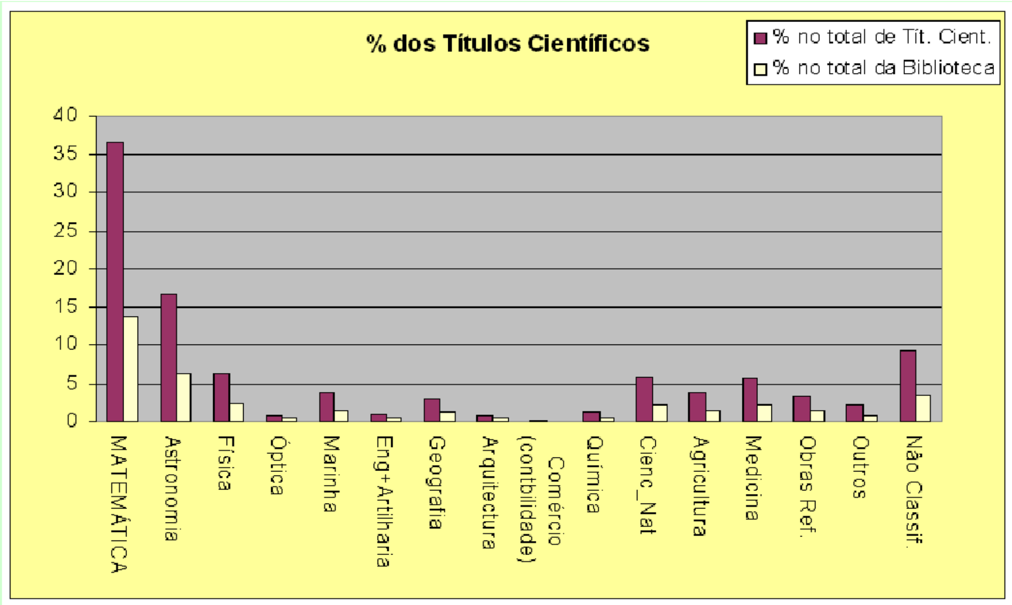
2.4.1 Os livros científicos na biblioteca de Monteiro da Rocha

Na análise dos títulos científicos a divisão temática fez-se por 16 categorias: matemática, astronomia, física, óptica, marinha, engenharia e artilharia, geografia, arquitectura, contabilidade, química, ciências da natureza, agricultura, Medicina, obras de referência (memórias de academias científicas, enciclopédias, etc.), outros (música, desenho, etc.), não classificados. A tabela e o gráfico seguintes discriminam os 500 títulos científicos segundo essa divisão:

Temas	#	% no total de títulos científicos	% no total de títulos da biblioteca
matemática	182	36.40	13.73
astronomia	83	16.60	6.26
física	31	6.20	2.34
óptica	4	0.80	0.30
marinha	19	3.80	1.43
engenharia+artinharia	5	1.00	0.38
geografia	15	3.00	1.13
arquitectura	4	0.80	0.30
comércio	1	0.20	0.08
química	6	1.20	0.45
ciências da natureza	29	5.80	2.19
agricultura	19	3.80	1.43
Medicina	28	5.60	2.11
obras de referência	17	3.40	1.28
outros	11	2.20	0.83
não classificados	46	9.20	3.47

Da análise da tabela e do gráfico é relevante a elevada percentagem de obras de matemática e astronomia a dominarem a *'biblioteca científica'* de Monteiro da Rocha,

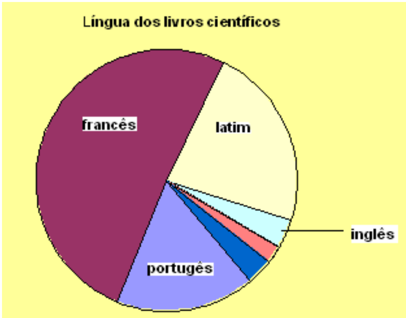
[44] Em 1714 o Tratado de Rastadt estabelece o francês como a língua diplomática em toda a Europa [R. Adamson 2007, p.7]. E bastante significativo é também o facto de em 1783 a Academia de Berlim ter proposto para prémio um ensaio que esclarecesse: *«Qu'est-ce qui a rendu la langue Française universelle? Pourquoi mérite-t-elle cette prérogative? Est-il à présumer qu'elle la conserve?»* – Antoine de Rivarol (1753-1801) concorreu com um ensaio que se tornaria famoso [A. Rivarol 1784].



representando 53% dos títulos científicos e cerca de 20% do total da biblioteca. Se considerarmos os títulos que interessam às ciências matemáticas (ver secção seguinte) – onde para além dos livros de matemática e astronomia acrescentamos outras obras que versam temáticas estudadas nas várias cadeiras da Faculdade de Matemática, como por exemplo: estática, dinâmica, hidráulica, hidrostática, óptica, acústica, geodésica, desenho, arquitectura, entre outros –, a percentagem sobe para os 68.8% no cômputo dos livros científicos e para mais de um quarto (25.94%) no total da biblioteca. Curioso, ou talvez não, são as percentagens de obras de Medicina (5.6%) e agricultura (3.8%), revelando no mínimo a curiosidade e a atenção que Monteiro da Rocha devotava a outros temas científicos que não os exclusivos da sua actividade.

A tabela e o gráfico seguintes mostram-nos a distribuição por idioma dos títulos científicos:

Língua	#	%
português	86	17.20
francês	255	51.00
latim	114	22.80
inglês	18	3.60
alemão	0	0.00
outras	10	2.00
não classificados	17	3.40



O francês é o idioma predominante seguido do latim, perfazendo estas duas línguas quase 3/4 (73.80%) do total dos títulos científicos. O português também está presente, mas os títulos em português não são na sua maioria nem de obras matemáticas nem astronómicas. Monteiro da Rocha também tinha livros em inglês e os 23 que possui são na sua grande maioria de obras científicas (78.26% dos livros em língua inglesa existentes na biblioteca são de temas científicos, ou seja 18 títulos). Se olharmos para o cômputo geral das línguas vivas dos vários países estas representam 74% dos títulos, ficando o latim representado com cerca de 23% – uma mudança significativa se atentarmos nos idiomas dos livros científicos remetidos à Real Mesa Censória, distribuindo-se decrescentemente: português, latim, espanhol e francês (sendo a percentagem de obras em língua francesa muito pouco expressiva) [M. Marques 1982].

2.4.2 Títulos relacionados com as ciências matemáticas

Olhemos agora para os títulos que interessam às ciências matemáticas, que como já referimos são mais do que a reunião dos títulos específicos de Matemática e Astronomia: são 344 os títulos que interessam às ciências matemáticas (mais 79 títulos do que o conjunto estrito dos de matemática e astronomia (182 + 83 = 265)), como mostra o quadro seguinte:

Temas	#	%(títulos científicos)	%(total da biblioteca)
matemática	182	36.40	17.73
astronomia	83	16.60	6.26
ciências matemáticas	344	68.80	25.94

Este conjunto representa cerca de 70% dos títulos científicos e 1/4 de todos os títulos da biblioteca[45]. Valores muito expressivos. E se atentarmos na qualidade das

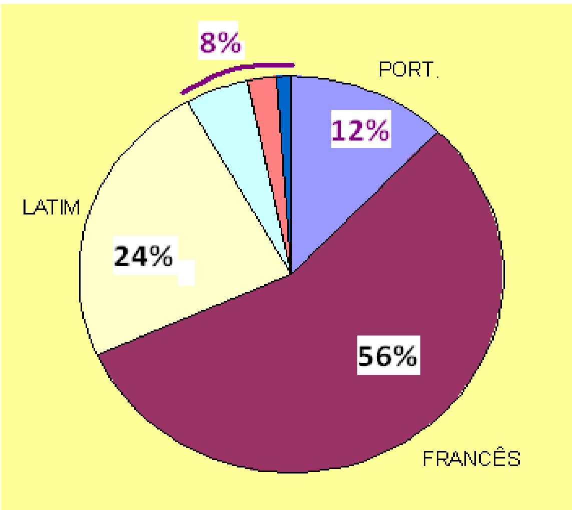
[45] No caso da biblioteca de Anastácio da Cunha, 17.05% do total de títulos correspondiam a livros científicos e destes 63.63% eram de matemática e astronomia; 18.18% de física, com igual percentagem

obras e dos seus autores (como veremos mais à frente) os números já de si ricos ganham outra relevância.

Como o estudo deste subconjunto de livros é o nosso principal objectivo, procedemos por isso a mais afinamentos estatísticos. Foi-nos possível estabelecer com um bom grau de confiança o número total de volumes referentes a estes títulos, aos 344 títulos corresponderão, no mínimo, cerca de 454 volumes (rácio volume/título $= 1,32$); também conseguimos determinar o número de obras contemporâneas que Monteiro da Rocha possuía, 76.74% (264) dos títulos são de obras impressas no período da vida de Monteiro da Rocha, o que revela uma preocupação e atenção com a produção científica mais actual que na época se publicava.

Quanto à distribuição por idioma dos títulos que interessam às ciências matemáticas, temos:

Língua	#	%(ciências matemáticas)
português	42	12.21
francês	193	56.10
latim	81	23.55
inglês	18	5.23
não classificados	10	2.91



Na biblioteca de Clairaut, 60,98% dos livros de ciências naturais são em francês; 21,21% em latim e 13,64% em inglês.

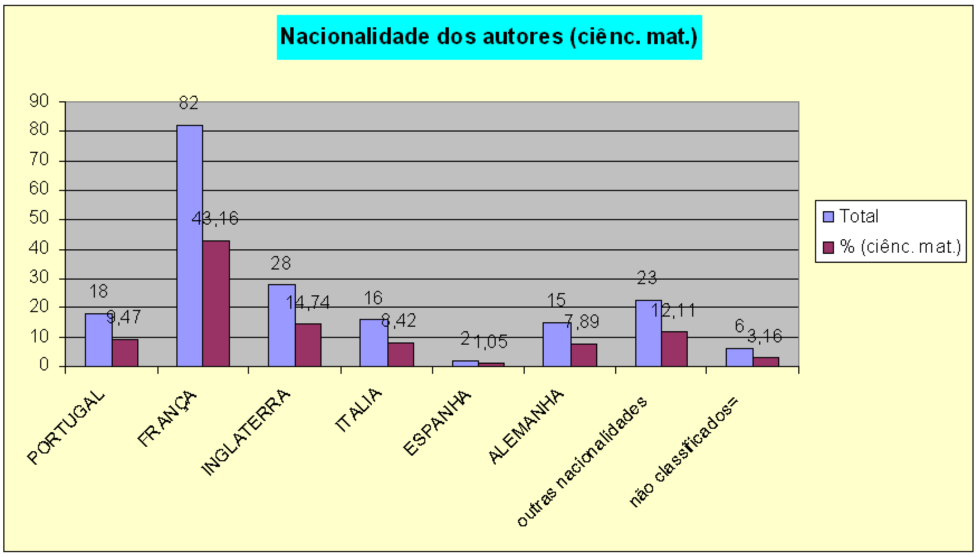
de medicina. No que diz respeito à biblioteca de Clairaut, 48.5% dos seus livros são referentes às ciências exactas e às técnicas. Destes, 42.65%, são de matemática; 23.02% de astronomia e figura da Terra; 26.80% de física; 9.62% de engenharia e arquitectura; 3.44% livros de técnica militar e 4.47% de outros temas.

Vejamos agora em termos quantitativos os autores (mais à frente olharemos para eles numa perspectiva qualitativa). A tabela seguinte diz respeito aos autores que interessam às ciências matemáticas; a outra fornece-nos informação sobre a caracterização dos autores (contemporâneos e não contemporâneos com o período de vida de Monteiro da Rocha):

Total	%(autores científicos)	%(totalidade de autores da biblioteca)
190	71.90	25.00

caracterização do autor	Total	%(ciências matemáticas)
contemporâneo	142	74.74
não contemporâneo	42	22.11
desconhecido	6	3.16

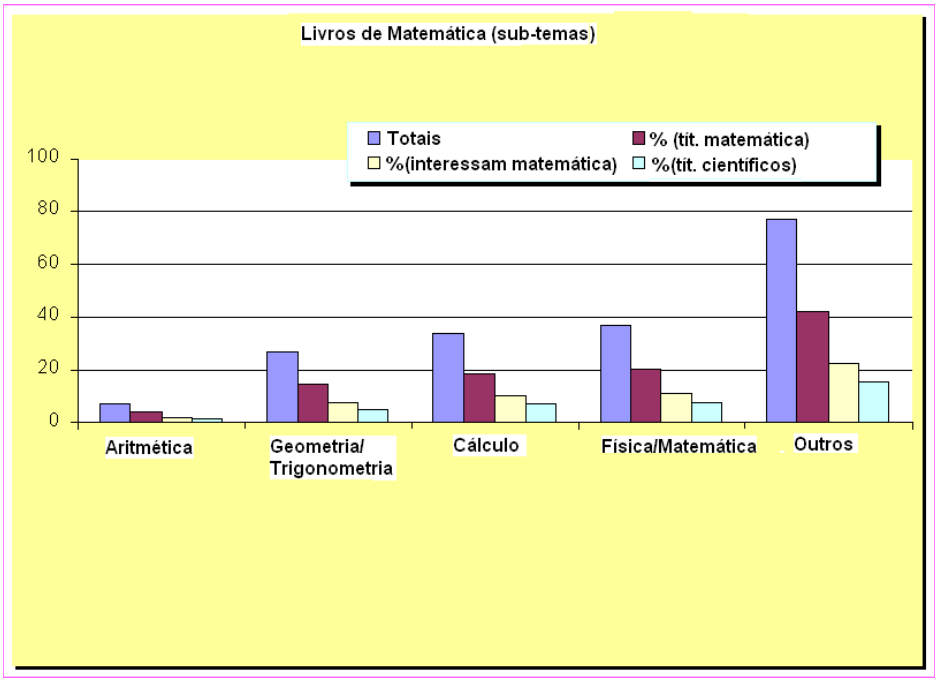
O gráfico seguinte diz respeito à nacionalidade dos autores que interessam às ciências matemáticas:



Títulos de Matemática

Dentro dos títulos que interessam às ciências matemáticas, interessa-nos olhar em separado para os que são de Matemática e de Astronomia (que, como vimos, representam 36.40% dos títulos científicos e 13.73% do total da biblioteca de Monteiro da Rocha). Para tal agrupámos os títulos de matemática em 5 categorias (tabela e gráfico seguintes), que seguem as 3 áreas curriculares das cadeiras dos primeiros 3 anos da Faculdade de Matemática: aritmética, geometria/trigonometria, cálculo (álgebra e cálculo infinitesimal), física-matemática e outros (compêndios, tabelas, memórias, etc.):

	#	%(títulos de matemática)	%(títulos interessam às ciências mat.)	%(títulos científicos)
aritmética	7	3.84	2.03	1.4
geometria	27	14.84	7.85	5.40
cálculo	34	18.68	9.88	6.80
física-matemática	37	20.33	10.76	7.40
outros	77	42.31	22.38	15.40



No caso da biblioteca de Clairaut, os títulos de matemática e astronomia distribuem-se da seguinte maneira: astronomia, 28%; aritmética 4%, geometria e trigonometria, 7%; álgebra e cálculo infinitesimal, 10%; física-matemática, 23%; outros, 28%.

O conhecimento dos livros que Monteiro da Rocha possuía, os autores que estudava, as fontes bibliográficas que usava, a actualidade dessas mesmas fontes e a sua articulação com as linhas orientadoras da sua própria investigação astronómica e matemática ajudar-nos-á a conhecer melhor a sua personalidade, como homem e cientista. Monteiro da Rocha possuía uma actualizada e boa biblioteca[46]. Nas matemáticas não faltam os grandes autores clássicos, como: Euclides, Arquimedes, Proclo, Diofanto e Papus; de autores modernos não faltam: Tacquet, Galileu, Newton ou Leibniz. No que diz respeito a autores do século XVIII encontravam-se lá as obras dos mais representativos, como: os Bernoulli, L'Hopital, La Hire, Camus, Condorcet, D'Alembert, Euler, Clairaut, Bezout, Marie, Bossut, Lagrange, Lacroix, Sauri, Varignon, etc.

Também assim é para a astronomia, onde constam nomes como: Biot, Bion, Borda, Boscovich, Bourguer, Bailly, Cousin, Du Séjour, Lalande, Lacaille, etc. São também várias as colecções de efemérides estrangeiras que possui, como o *Connaissance des Temps*, o *Nautical Almanak*, as Efemérides Náuticas da Academia das Ciências de Lisboa, ou ainda as *Ephemerides des Mouvemens Celestes* (possuí também várias tabelas astronómicas). São vários os tomos existentes de memórias académicas (das Academias de Paris, Berlim, São Petersburgo ou da Royal Society de Londres), bem como diversas enciclopédias (como a *Encyclopedie Methodique*).

No que diz respeito a autores portugueses também não faltam os mais significativos, como por exemplo: Manuel de Azevedo Fortes (1660-1749), Inácio Monteiro (1724-1812), Teodoro de Almeida (1722-1804), Manuel de Campos (1680-?), Eusébio da Veiga (1718-1798), João Jacinto de Magalhães (1722-1790), José Manuel Ribeiro Vieira de Castro, Luís Serrão Pimentel (1613-1679), José Maria Dantas Pereira (1772-1836), Francisco Garção Stockler (1759-1829), José Joaquim Rivara (1772-1826).

[46] Dos autores que interessam às ciências matemáticas da biblioteca de Clairaut, 60 são autores que também constam na biblioteca de Monteiro da Rocha, ou seja 42.86% dos autores da biblioteca de Clairaut também constam na de Monteiro da Rocha.

Parte I

JOSÉ MONTEIRO DA ROCHA E A REFORMA POMBALINA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Capítulo 3

A Reforma Pombalina da Universidade de Coimbra: ideologia e panorama geral

«Les valeurs sur lesquelles la société doit s'appuyer sont la science et le commerce», D'Alembert (1759).

3.1 Antecedentes da Reforma

A Reforma da Universidade de Coimbra é a concretização de um plano intentado por um grupo de homens que, sob a égide e comando do Marquês de Pombal, tinha como finalidade sintonizar Portugal com as ideias 'iluminadas' da Europa e encaminhá-lo na direcção do desenvolvimento e das ciências. Os Estatutos da Universidade de Coimbra de 1772 plasmam bem esse plano e a visão moderna desses homens. As políticas reformistas do ensino do Marquês de Pombal, começadas com a reforma do ensino 'menor' no início da década de 60 (o Alvará de 11 de Janeiro de 1760 aprova as medidas tomadas pelo Director Geral dos Estudos sobre a reforma do estudo das letras [Marquês de Pombal 1982, p.365]), são, efectivamente, uma tentativa para levar Portugal ao encontro da ciência e da cultura iluminista que se vivia na Europa[1]. Em Portugal toda a política de ensino do regime é orientada segundo as ideias iluministas, retirando das mãos da Igreja e do Clero, mais concretamente dos Jesuítas e mais tarde

[1] Quando se fala do Iluminismo europeu do século XVIII, não se pode falar de um movimento único e uniforme que houvesse tomado a Europa. O Iluminismo é sim um movimento plural com idiossincrasias próprias, e não isento de paradoxos, e que se manifestou de diversas formas e maneiras. Todavia essas várias expressões enfatizam um denominador comum: o uso das leis da razão como a via para o conhecimento do mundo e do próprio homem [Gomes & Calafate 1990]. Sobre o Iluminismo em Portugal veja-se [Calafate 1990]; e sobre o Iluminismoa e a ciência, veja-se [T. Hankins 1999, pp.1-16].

dos Oratorianos, o direito de ensinar.

Pombal e os reformadores são fortemente influenciados pelas ideias mais progressistas dos Oratorianos, donde se destacam entre outros António Pereira de Figueiredo (1725-1797), Teodoro de Almeida (1722-1804) e Manuel Monteiro (1667-1758), autor da gramática *'Novo Methodo para se aprender a Grammatica Latina, ordenado para uso das escolas da Congregação do Oratório na casa de N. S. das Necessidades'* (1746) [José Eduardo Franco 2006, pp.353-359]. E por homens como os estrangeirados Luís António Verney (1713-1792) e Ribeiro Sanches (1699-1783), que tinham já há algum tempo alertado para a necessidade da introdução em Portugal do racionalismo científico e do afastamento da filosofia escolástica do ensino. Os estrangeirados são portugueses que, por razões profissionais ou educativas, haviam estabelecido contactos e relações com os círculos intelectuais europeus [Carneiro et al. 1999, p.6]. Para Rui Grácio *«a renovação setecentista da cultura e do ensino vai processar-se, em grande parte, graças à acção dos estrangeiros e dos "estrangeirados" empenhados na difusão das "luzes"»* [Rui Grácio 1988, p.33].

Em 1746, Verney publica, em Nápoles, o seu *Verdadeiro Método de Estudar* (1746) onde, dirigindo-se a um hipotético professor da Universidade de Coimbra, aponta algumas ideias importantes para as reformas que aí se deveriam empreender no ensino de diversas matérias, como no português, no latim, na história, na legislação e, muito em especial, nas ciências naturais e exactas. Ribeiro Sanches escreveu em 1760 as suas *Cartas sobre a Educação da Mocidade* (1760), defendendo a ideia de que é ao Estado que cabe superintender toda a educação do país e sugerindo importantes mudanças a levar a cabo nos estudos superiores, nomeadamente na Filosofia [José Eduardo Franco 2006, pp.371-374]. Em 1734 Martinho de Mendonça de Pina Proença (1693-1743) havia publicado um livro – *Apontamentos para a Educação de um menino nobre para aproveitamento dos meus filhos* (1734) –, advogando que no ensino básico se devia ensinar francês e inglês, a par do português, bem como matérias de geografia, história, física, matemática (aritmética, geometria, álgebra e trigonometria) e direito natural, das gentes e pátria [P. Calafate 1998-2000b].

Outra obra bastante inspiradora é as *Conclusiones de Logicae* (1751), de Frei Manuel do Cenáculo (1724-1814), que mais tarde virá a ser um dos braços direitos de Pombal desempenhando um papel similar ao de um ministro da educação de hoje, onde o autor apela a uma orientação moderna no ensino da filosofia e da lógica – *«A caracterização do pensamento filosófico de Cenáculo pode postular-se num tríplice aspecto, já sublinhado pelos estudiosos da sua obra (Hernâni Cidade, Gama Caeiro), ou seja: o «matematismo»; o «gosto do real»; a crítica moderada da escolástica»* [P. Calafate 1998-2000c].

Com a expulsão dos jesuítas e a sua proibição de ensinar (Alvará Régio de 28 de

Junho de 1759) Pombal inicia logo em 1760 a reforma do ensino 'menor', hoje ensino primário e secundário, nomeando D. Tomás de Almeida como Director Geral dos Estudos do Reino e seus Domínios, uma espécie de Ministério da Educação [Marquês de Pombal 1982, p.275]. Por Carta Régia de 7 de Março 1761 é criado o Real Colégio dos Nobres, do qual faz parte um ambicioso programa de ensino das ciências, para além, obviamente, do ensino das humanidades (português, frances, inglês, latim, grego, retórica, poética e história). A Carta Régia impunha o ensino da Matemática e da Física: aritmética, geometria, trigonometria, *«os teoremas de Arquimedes, alguns Elementos de Geografia; os primeiros seis livros de Euclides; o undécimo, e duodécimo dos sólidos para a Geometria Elementar»*, álgebra, cálculo infinitesimal e ainda mecânica e óptica, bem como *«os princípios da astronomia, a geografia completa; e a náutica»* e ainda arquitectura e desenho (do currículo faziam também parte aulas de cavalaria, esgrima e dança) [A. Silva 1828a, pp.781-783]. Para a implementação deste ensino moderno dotou-se o colégio de edifícios, laboratórios e instrumentos, bem como de um corpo docente especializado em cada uma das matérias, tendo para isso Pombal recorrido a diversos professores estrangeiros (alguns como se verá transitariam em 1772 para a Universidade de Coimbra) [Rómulo de Carvalho 1951] (veja-se também [Busquets de Aguilar 1935]). Porém, só a partir da Reforma da Universidade (1772) com a criação das novas Faculdades de Matemática e Filosofia Natural, e com a reestruturação da de Medicina em moldes completamente novos, é que se verá definitivamente implementado em Portugal o ensino técnico e científico em moldes completamente novos. É, também, a partir desta data que a Matemática passa a ser assumida como uma ciência fundamental e por conseguinte estruturante do pensamento,

> *«iluminam superiormente os entendimentos no estudo de qualquer outras disciplinas: mostrando-lhe praticado o exemplo mais perfeito de tratar uma matéria com ordem, precisão, solidez, e encadeamento fechado, e unido de umas verdades com outras: inspirando-lhes o gosto, e discernimento necessário para distinguir o sólido, do frívolo; o real, do aparente; a demonstração, do paralogismo: e participando-lhe uma exactidão, conforme ao Espírito Geométrico; qualidade rara, e precisa, sem a qual não podem conservar-se, nem fazer progresso algum os conhecimentos naturais do Homem em qualquer objecto que seja.»* [Estatutos 1772, v.3 pp.141-142][2]

Com a Reforma da Universidade, Pombal pretende torná-la não só um centro de

[2] Em 1972, por altura dos 200 anos da Reforma, a Universidade de Coimbra fez a reedição diplomática dos Estatutos da Universidade de Coimbra de 1772. É essa reedição de 1972 que seguimos no nosso trabalho.

ensino mas também um centro de produção de conhecimento, que permita responder às necessidades técnicas e científicas de um país que urgia modernizar. Para tal é montada toda uma propaganda antijesuítica para operar, justificar e explicar essas mesmas reformas, sendo o *Compêndio Histórico do Estado da Universidade de Coimbra no tempo da invasão dos denominados jesuítas* (1771), escrito pela Junta de Providência Literária, um dos textos fulcrais e legitimadores dessa mesma política reformista [José Eduardo Franco 2008, p.21]. O *Compêndio Histórico*, a par dos textos de António Pereira de Figueiredo, *De Suprema Regum* (1765), e do de José Seabra da Silva (1732-1813), *Dedução Cronológica e Analítica* (1767), juntamente com os próprios *Estatutos da Universidade de Coimbra* (1772), constituem o cânone antijesuítico da construção pombalina do mito dos jesuítas [José Eduardo Franco 2006, pp.319-351, 475-517].

3.2 Os *'Novos'* Estatutos da Universidade: a Reforma dos estudos e a criação das Faculdades de *'Sciencias Naturaes'*

Os Novos Estatutos da Universidade de Coimbra de 1772, elaborados pela Junta de Providência a mando de D. José I, vêm substituir os velhos Estatutos de 1598 (reformulados em 1612) considerados *«estéreis e perniciosos [...]; e um agregado de impedimentos dirigidos a impossiblitarem o progresso dos mesmos Estudos, que com inaudito dolo se simulou, que se procuraram promover [Carta de Roboração]»* [Estatutos 1772, v.1 p.vi]. Os Novos Estatutos contemplam duas vertentes:

- uma que diz respeito às regras administrativas que deveriam reger as várias Faculdades e a vida da Universidade: condições de ingresso, matrículas e propinas; horários das aulas e calendarização do ano lectivo; modos e sistemas de avaliação, bem como graus a conceder; admissão de docentes e carreira académica; relações entre Faculdades e entre os seus estabelecimentos científicos; bem como tudo o demais relativo à gerência de negócios e bens próprios da Universidade e da sua relação com o Governo;

- a outra diz respeito às regras e disposições que concernem à estrutura dos diferentes cursos e aos seus programas curriculares, esmiuçando não só os conteúdos das matérias a ensinar mas também as metodologias e as práticas didácticas e pedagógicas a adoptar.

A primeira parte, ou seja, aquela que mais tarde Francisco de Lemos apelidou de *Estatutos Económicos, Políticos, Cerimoniais, e Eclesiásticos* [Francisco de Lemos

1777, p.6] acabaram por ficar incompletos, com consequências negativas enormes na vida futura da Universidade e na sua relação com a tutela[3]. Uma delas, por exemplo, prendia-se com a nomeação dos vice-reitores, que pelos velhos Estatutos teriam que ser obrigatoriamente professores das Faculdades de Teologia e Cânones. Tal só virá a ser alterado com a publicação de um Aviso Régio em 1786 (31-7-1786) que estendia as futuras nomeações a qualquer professor de qualquer Faculdade. É em consequência desta mudança legislativa que Monteiro da Rocha é nomeado Vice-Reitor, em 6 de Agosto de 1786.

No que diz respeito à 2^a vertente, os *Estatutos Literários*, o articulado é extremamente completo e exaustivo, acabando, também, de certa maneira por causar constrangimentos sempre que no futuro se intentou uma qualquer mudança mais ou menos profunda das suas disposições, solucionados invariavelmente por recurso a instâncias superiores.

Das grandes inovações desta reforma universitária destacam-se: a criação dos *«Cursos das Sciencias Naturaes e Filosoficas»*, com a reforma total da Faculdade de Medicina e a criação das novas Faculdades de Matemática e Filosofia[4], e a reforma das antigas Faculdades de Teologia e de Cânones e Leis, assente num novo programa de humanidades, filosofia e ciências pautado por concepções modernas [F. Carvalho 2008, p.63], e onde nenhum dos antigos professores teve lugar.

Na Faculdade de Teologia[5] os argumentos de autoridade do método escolástico são definitivamente banidos do ensino das novas cadeiras (8 distribuídas por 5+1 anos lectivos), este passa a ser pautado pelo uso da crítica e da razão segundo o método demonstrativo, natural ou científico – *«por ser incontestavelmente o mais conforme à admirável ordem da natureza, o mais próprio para dar a conhecer as verdades pelas suas causas»* [Estatutos 1772, v.1 p23]. Em virtude deste novo modelo os alunos teólogos eram obrigados a frequentar, no seu primeiro ano, a cadeira de Geometria leccionada na Faculdade de Matemática (e as cadeiras de Filosofia Racional e Moral, Física Experimental, História Natural e Química na Faculdade de Filosofia):

> *«E porque os Elementos de Geometria, que no Primeiro ano do dito Curso [de matemática] se ensinam, são a Lógica, praticada com a maior perfeição, que é possível ao entendimento do homem; cujo exemplo é mais instrutivo, do que todas as Regras, e Preceitos, que se podem imaginar, para dirigir*

[3] Em 1779 (C.R. 5 de Dezembro) D. Maria I manda que se completem os Estatutos, porém só em 12 de Setembro de 1837 o Conselho de Decanos toma em mãos a sua elaboração.

[4] Os Estatutos dedicam o seu 3^o volume – *Livro III* –, às Faculdades de Medicina (7 títulos e 35 capítulos) [Estatutos 1772, pp.1-140]; de Matemática (8 títulos e 21 capítulos) [Estatutos 1772, pp.141-221] e de Filosofia (7 títulos e 24 capítulos) [Estatutos 1772, pp.222-271].

[5] Sobre a reforma do ensino da teologia veja-se [C. Araújo 2000].

e encaminahr o discurso: Ei por bem, e Sou servido ordenar, que todos os estudantes, destinados aos Cursos, Teológico e Júridico, sejam também obrigados a estudar privativamente o Primeiro Ano do Curso Matemático, como subsídio importante ao aproveitamento, que devem ter no estudo das suas respectivas Faculdades.» [Estatutos 1772, v.3 p.152].

Com a reestruturação do ensino jurídico também também estes alunos se viram obrigados a estudarem algumas cadeiras das *'sciencias naturaes'*; Geometria, Filosofia Racional e Moral e História Natural. A Faculdade de Leis passou a ministrar dois cursos, Direito Canónico e Direito Civil (num total de 8 e 9 cadeiras respectivamente, distribuídas por 5+1 anos lectivos), com um tronco comum de cadeiras propedêuticas, como o Direito Natural, a História do Direito Civil, Romano e Português, a História Eclesiástica e as Instituições Canónicas, até ao 3^o ano[6].

Porém o grande destaque da Reforma é sem dúvida a criação de um curso completo e superior de *'Sciencias Filosóficas'*, dividido em três *'Profissões'*: *«na de Naturalistas: na de Médicos: e na de Matemáticos»* [Estatutos 1772, v.3 p.4], introduzindo assim definitivamente o ensino das ciências e das técnicas, alicerçado numa prática pedagógica empírico-experimental, no seio da Universidade. Para tal os novos Estatutos estabeleceram a criação de vários estabelecimentos científicos dependentes das respectivas Faculdades e destinados às aulas práticas de várias cadeiras. Sob a responsabilidade da Faculdade de Matemática ficava o Observatório Astronómico; a Faculdade de Medicina tutelava o Teatro Anatómico e o Hospital, partilhando com a Faculdade de Filosofia a direcção do Gabinete de História Natural, o Gabinete de Física Experimental, o Laboratório Químico e o Jardim Botânico.

O curso de Medicina, de 5+1 anos lectivos, era constituído por 6 cadeiras próprias desta Faculdade (Matéria Médica e Prática Farmacêutica; Anatomia, Obstetrícia e Cirurgia; Instituições, que compreendia a prática de Medicina e cirurgia no Hospital; Aforismos; e Prática Médica e Prática Cirúrgica), mais as cadeiras obrigatórias de Geometria, Álgebra e Foronomia, ministradas na Matemática, e Física Experimental, na Faculdade de Filosofia[7].

A Faculdade de Filosofia ministrava 4 cadeiras – Filosofia Racional e Moral, História Natural, Física Experimental e Química –, o aluno ordinário desta Faculdade ainda tinha que frequentar na Faculdade de Matemática as cadeiras de Geometria e Álgebra (a duração do curso era de 4+1 anos lectivos)[8].

[6] Sobre a Reforma da faculdade de Leis veja-se [Costa & Marcos 2000].
[7] Sobre a reforma da faculdade de Medicina veja-se [J. Pita 2000].
[8] Sobre a reforma da faculdade de Filosofia e do ensino da física experimental e das ciências naturais, veja-se: [D. Martins 2000] e [A. Costa 2000].

A criação da *Faculdade de Mathematica* foi entendida pelo legislador como um imperativo,

> *«O Estudo desta Ciência, que produziu tantas utilidades a este Reino; e que do Século passado para cá se tem cultivado com tão feliz sucesso em todas as Nações Civilizadas da Europa; se achava inteiramente abandonado na Universidade, sem ter nela Estabelecimento adequado. [...] Sendo manifesto que se a mesma Universidade ficasse destituída das luzes Matemáticas, como infelizmente esteve nos dois séculos próximos precedentes, não seria mais do que um caos, semelhante ao Universo, se fosse privado dos resplendores do Sol.»* [Francisco de Lemos 1777, p.69]

A Matemática não só era considerada uma ciência fundamental, e por isso se encontra a Geometria como disciplina obrigatória em todos os cursos da Universidade, mas também porque se lhe reconhece um papel importante a desempenhar no progresso e bem estar do Estado e da Sociedade,

> *«Tudo isto se considerou na presente Reforma; conhecendo a Junta Literária, que a Matemática, além da excelência privativa, de que goza pelas Luzes da evidência mais pura, e pela exactidão mais rigorosa, com que procede nas suas demonstrações, e com que dirige praticamente o Entendimento, habituando-o a pensar sólida, e metodicamente em quaisquer outras matérias; continha em si mesma um grande Sistema de Doutrinas da maior importância; como era o regularem-se por elas as Épocas, e Medidas dos tempos, as Situações Geográficas dos Lugares; as Demarcações, e Medições dos Terrenos; as Manobras, e Derrotas da Pilotagem; as Operações Práticas da Campanha, e da Marinha; as Construções da Arquitectura Naval, Civil, e Militar; as Máquinas, Fábricas, Artifícios, e Aparelhos, que ajudam a fraqueza do Homem; e uma infinidade de outro subsídios, que promovem, e aperfeiçoam vantajosamente um grande número de Artes úteis, e necessárias ao Estado: Pareceu-lhe, que se devia estabelecer, e criar na Universidade um Curso fixo, e completo de Matemáticas, destinado para a Manutenção, e Ensino Público destas Ciências. Assim se fez; criando-se de novo um Corpo ou Faculdade Matemática»* [Francisco de Lemos 1777, p.81]

O Estatutos previam ainda a criação da Congregação Geral das Ciências, reunindo as 3 Faculdades de Medicina, Matemática e Filosofia Natural, e que teria como objectivo:

«trabalhar no progresso, adiantamento, e perfeição das mesmas Ciências; do modo que felizmente se tem praticado, e pratica nas Academias mais celebres da Europa; melhorando conhecimentos adquiridos; e adquirindo outros de novo, os quais se façam logo passar imediatamente aos Cursos respectivos das ditas profissões» [Estatutos 1772, v.3 p.5].

Esta Congregação, que seria uma espécie de Academia de Ciências, nunca chegou a ser estabelecida nem sobre ela se fixou o articulado estatutário que deveria constituir a *«Quarta Parte»* do *Livro III* dos Estatutos Pombalinos, apesar de no seu relatório Francisco de Lemos afirmar que os tinha elaborado – *«deixei-os já feitos para se entregarem ao Marquês de Pombal para o efeito de se reverem, e imprimirem (...) Parece que se deve efectuar esta obra principiada, para completar-se o Estabelecimentos Geral das Ciências Naturais; que tanta utilidade promete a estes Reinos e seus Senhorios»* [Francisco de Lemos 1777, p.109]. Anos mais tarde, em 1787, já no Reinado de D. Maria I, e depois da criação da própria ACL, intenta-se sem sucesso a criação da Congregação Geral das Ciências [José Maria de Abreu 1851, p.21].

Uma importante conclusão a que se chega com a análise dos Estatutos Pombalinos é que estão em perfeita sintonia com as ideias do Iluminismo Europeu, mais vincadamente com a sua expressão francesa. A influência de D'Alembert (1717-1783), que juntamente com Denis Diderot (1713-1784) foi responsável pela redacção da *Encyclopédie* (1750-1772) um dos projectos editoriais mais significativos e ilustrativos do século das luzes, a sua visão da ciência em geral, e da matemática em particular, está bem presente no 3^o volume dos Estatutos. É bem evidente a influência do seu *Essai sur les Éléments de Philosophie* (1759) [D'Alembert 1759], a par de outros seus textos, quando se refere às ciências naturais e especificamente à matemática e à física[9].

A visão do 'conhecimento' e da 'ciência' que os Estatutos tão bem integram, e que se apresenta tão bem plasmada ao longo do *Livro III*, está em perfeita sintonia com as ideias do Iluminismo europeu do século XVIII:

[9] Jean Le Rond D'Alembert (1717-1783), filósofo e matemático francês, autor de uma extensa e importante obra filosófica e científica (tanto no campo da matemática como na astronomia, fundamentalmente em problemas de mecânica celeste). Em 1741 foi eleito sócio da Academia das Ciências de Paris (chegou a ser Sócio Correspondente da ACL), publicando dois anos depois o seu famoso *Traité de dynamique* (1743). Da sua vasta obra destacam-se: *Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides* (1740), *Réflexions sur la cause générale des vents* (1747), *Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation de l'axe de la Terre* (1749), *Essai d'une nouvelle théorie sur la résistance des fluides* (1752), *Recherches sur différents points importants du système du monde*, 3vols. (1754-56), *Essai sur les Éléments de Philosophie* (1759), *Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* (1750-1772). Os seus trabalhos foram reunidos nos *Opuscules mathématiques*, 8 vols. (1761, 1764, 1767, 1768, 1773 e 1780) [A. Cournot 1844, pp.55-57]. Para mais pormenores sobre a sua vida e obra veja-se: [Condorcet 1847, t.II pp.51-110] e o elogio histórico que lhe fez Stockler na ACL [G. Stockler 1797]. Especialmente sobre a sua obra astronómica veja-se [Chapront-Touzé 2007].

> *«Ordenarei agora o que para bem do Meu Real serviço, progresso, e adiantamento das Letras se há-de guardar nas Ciências da Razão, que formam o Corpo da Filosofia, tomada em toda a sua extensão; [...] Por outra parte é notório, que a mesma Filosofia contém muitas outras Ciências; principalmente as Naturais que são de grande importância, tanto por si mesmas, como pelo influxo, que tem sobre as Artes; [...] Sendo manifesto, que a Filosofia é a Ciência Geral do homem, que abraça, e compreende todos os conhecimentos, que a luz da Razão tem alcançado, e há-de alcançar em Deus, no Homem, e na Natureza»* [Estatutos 1772, v.3 pp.3-4].

O objectivo de *«trabalhar no progresso, adiantamento, e perfeição das mesmas Ciências [...] melhorando os conhecimentos adquiridos; e adquirindo outros de novo»* [Estatutos 1772, v.3 p.5] ambicionado pelos Estatutos com a criação das Faculdades científicas é o mesmo objectivo que norteia todo o espírito iluminado da época,

> *«O nosso século é chamado [...] o século da Filosofia por excelência [...]. A descoberta e a aplicação de um novo método de interrogação filosófica, a espécie de entusiasmo que acompanha as descobertas, uma certa exaltação das ideias que o espectáculo do universo produz em nós – tudo isto provocou uma viva fermentação do pensamento, alastrando pela natureza em todas as direcções como um rio que rompe as suas barragens»*, D'Alembert citado em [T. Hankins 2004, p.1]

O novo método que se refere D'Alembert é o da lógica da Razão. A Razão como via para o conhecimento total e amplo de Deus e do Homem, ou seja de toda a Natureza. Sendo a Razão a chave para o conhecimento e para o progresso, do qual ele está indissociado, só há uma via onde ele se pode mover: a que assenta na Matemática. Ao longo do século XVIII (mais vincadamente na 2^a década do século) a Razão desloca-se dos métodos da lógica formal para os métodos das ciências naturais, tornando-se assim semelhante às leis da natureza [T. Hankins 2004, p.3]. E a Matemática era a sólida fundação onde a construção do conhecimento podia assentar sem temer o seu desabamento, pois o cimento do espírito geométrico garantia-lhe a solidez necessária,

> *«Para mais se facilitar o estudo das Ciências, e nelas se poderem fazer mais vantajosos progressos, não há coisa, que mais possa concorrer, do que é a disposição, e distribuição das mesmas Ciências, e de todas as suas partes, por uma tal ordem, e método, que primeiro se ensinem, e aprendam as que preparam, e dão luz para a inteligência das outras; e nelas se não passe já de umas Proposições para as outras, sem que as precedentes se*

tenham provado, e demonstrado com maior evidência, de que elas forem susceptíveis, conforme a sua natureza e princípios. Estas são as duas Leis substanciais do Método Demonstrativo, que por ser incontestavelmente o mais conforme à admirável ordem da natureza, o mais próprio para dar a conhecer as verdades pelas suas causas. Este método pois será inviolavelmente o que se deve sempre adoptar (...) Nele lograrão os Discípulos as utilidades principais, e mais importantes do Método Geométrico, ou Matemático (...)» [Estatutos 1772, v.1 p.25]

Esta gradação dos princípios mais simples para os mais complexos, que faz parte da própria estrutura da ciência matemática, é o caminho, reforçado nos Estatutos, que todas as ciências, tal como D'Alembert sublinha, devem seguir:

«Il résulte de ces réflexions, que pour traiter suivant la meilleure Méthode possible quelque partie des Mathématiques que ce soit (nous pourrions même dire quelque Science que ce puisse être) il est nécessaire non seulement d'y introduire & d'y appliquer autant qu'il se peut, des connaissances puisées dans des Sciences plus abstraites, & par conséquent plus simples, mais encore d'envisager de la manière la plus abstraite & la plus simple qu'il se puisse, l'objet particulier de cette Science; de ne rien supposer, ne rien admettre dans cet objet, que les propriétés que la Science même qu'on traite y suppose» [D'Alembert 1759]

O método preconizado para investigar e conhecer a natureza deveria então possuir a exactidão do rigor geométrico e todo o entendimento da evidência matemática, já que as *«as Ciências Matemáticas não contêm puras especulações, mas verdades Teóricas, aplicáveis aos diferentes usos da vida»* [Estatutos 1772] – em sintonia absoluta com D'Alembert,

«La certitude des Mathématiques est un avantage que ces Sciences doivent principalement à la simplicité de leur objet. Il faut avouer même, que comme toutes les parties des Mathématiques n'ont pas un objet également simple, aussi la certitude proprement dite, celle qui est fondée sur des principes nécessairement vrais & évidents par eux-mêmes, n'appartient ni également, ni de la même manière à toutes ces parties.» [D'Alembert 1758]

Frei Manuel do Cenáculo esclarece bem a importância do método geométrico e consequentemente a importância das ciências exactas,

«Das matérias Geométricas traz-se provisão de ordem e método para discorrer com acerto em outros quaisquer objectos. As vozes são umas mesmas

> *na Geometria da extensão, mas diversas e muito outras segundo as Faculdades a que se aplica o espírito Geométrico. Este espírito consiste em tomar por princípios e axiomas coisas universalmente verdadeiras, coisas sem questão, e admitidas por certas, e daí trazer suas proposições intentadas, e descobrir incógnitas»*, citado em [C. Araújo 2000, p.76]

O cientista, ou mais precisamente o filósofo natural na linguagem do século XVIII, que não possuísse conhecimentos e estudos desta disciplina contentava-se em raciocinar vagamente sobre os fenómenos – *«faltando-lhes a Ciência de calcular exactamente os ditos efeitos, pare ver se correspondem às causas supostas; ficam sempre vagando no país das conjecturas.»*

Como mais à frente veremos todo o articulado estatutário que estrutura o curriculum do *'Curso Mathematico'* concretiza de uma forma bem vincada o corpus científico iluminista de matriz francesa do século XVIII, reflexo das ideias de D'Alembert, bem como de outros autores franceses seus condiscípulos e paradigmáticos desse Iluminismo do qual os Estatutos são herdeiros. Como mostraremos esta influência foi tanto directa, como indirecta. Directa por via, evidentemente, dos próprios escritos de D'Alembert, especialmente o já citado *Essai sur les Éléments de Philosophie*, bem como o *Discourse Preliminaire* da *Encyclopedie* [D'Alembert 1751]. E indirecta por via dos próprios autores dos manuais que viriam a ser escolhidos para o ensino das várias matérias do curso matemático. Autores esses extremamente influenciados pela obra filosófica e matemática de D'Alembert.

Capítulo 4

A nova *Faculdade de Mathematica*: sua organização administrativa

Os Estatutos ao criarem nova *Faculdade de Mathematica* conferem-lhe os mesmos privilégios e deveres que as outras Faculdades, bem como as mesmas honras aquando de ocasiões solenes da vida universitária onde fosse indispensável a presença da Congregação da Faculdade. Esta Congregação teria como objectivo a administração e observância dos Estatutos – *«zelar a fiel observância, e execução dos presentes Estatutos, pelo que toca à sua Profissão; e evitar todos, e quaisquer abusos, e relaxações, que na praxe deles se pretendam insinuar [...] para isso terá uma vigilância contínua sobre as lições, exercícios, e Exames [...]. Em particular, cuidará muito em que os descobrimentos, que se fizerem, e aprovarem na Congregação Geral das Ciências, passem logo a transfundir-se nas Lições [...]. Também cuidará, em que os Livros, por onde se hão-de fazer as Lições, sejam os mais próprios para se conseguir o maior aproveitamento dos Estudantes»* [Estatutos 1777, v.3 p.219-220] –, uma espécie de Conselho Científico e Pedagógico, portanto. Nela teriam assento todos os professores da Faculdade, de entre os quais seria eleito um Director, um Fiscal, três Censores e um Secretário, que seria o interlocutor com a administração da Universidade, isto é com o Reitor[1].

A criação da Faculdade não podia ficar só no papel, era preciso concretizá-la, criar-lhe espaços para aulas, e, mais do que isso: era necessário dotá-la de um corpo docente capaz e de alunos. O corpo docente seria constituído por Lentes, Substitutos e Oposi-

[1]Estes cargos electivos teriam um mandato de 3 anos, mas na prática isto nunca sucedeu (pelo menos para alguns cargos). No que diz respeito ao seu primeiro director, José Monteiro da Rocha foi-o perpetuamente.

tores, sendo a todos exigido o grau de Doutor[2] – a insígnias doutorais teriam a *«Borla de azul claro, e Capelo da mesma cor com alamares brancos, e uma esfera Armilar de bordadura branca na parte esquerda do mesmo Capelo sobre o peito»* [Estatutos 1772, v.3 p.147]. Para incentivar as matrículas e a frequência de alunos na Faculdade os Estatutos estabeleciam-lhe à priori uma série de profissões e lugares no funcionalismo público,

> *«Todos os outros Estudantes, que tendo feito o Curso Matemático da Universidade, [...] quiserem entrar no meu serviço, serão admitidos a servir na Marinha, sem preceder outro algum Exame; e na Engenharia, sem preceder Exame de matemática, mas tão somente do Ataque, e Defesa das Praças. E havendo concurso dos Postos de Engenharia dos Matemáticos da Universidade com os Aulistas das Escolas Militares, que Eu for servido criar: Ordeno, que de uns, e outros se Me consultem sempre em igual número de sujeitos; e que se despachem com a mesma igualdade. Porque assim é Minha vontade; e assim convém ao Meu serviço, por ser de grande vantagem, que entre os Engenheiros Práticos haja sempre um grande número, que possua fundamentalmente as Ciências Matemáticas, que são a base de todas as Operações Militares. Da mesma sorte Ordeno, que os Ofícios de Arquitecto da Cidade de Lisboa, e das outras Cidades do Reino; e que os Ofícios de Medidores dos Conselhos em todos os Meus Reinos, e Domínios, não possam ser daqui por diante providos em sujeitos curiosos, e meros práticos; havendo Matemáticos, que tenham cursado na Universidade, e os queiram servir. E concorrendo eles a requerer os ditos Ofícios, será o Provimento, que em qualquer outra pessoa se fizer, nulo, e de nenhum efeito.»* [Estatutos 1772, v.3 p.150]

Pretendia-se assim privilegiar a nova profissão de matemático e assegurar a todo o estudante perspectivas profissionais. Este era um dos principais objectivos da Reforma, a formação – em termos científicos, técnicos e administrativos – de quadros dos vários sectores do funcionalismo público que dessem sustentação aos interesses económico-administrativos e técnicos do país. No seu relatório de 1777 Francisco de Lemos reforça a necessidade de se fazer cumprir essa promessa, apelando inclusivamente à Rainha para legislar nesse sentido,

---

[2] Cada uma das quatro cadeiras principais da Faculdade seria provida de um professor, o Lente Proprietário, havendo dois Lentes Substitutos (um para as cadeiras do 1º e 3º anos e o outro para as cadeiras do 2º e 4º anos), providenciando-se assim a continuidade do processo educativo na falta dos primeiros. Os Opositores seriam Doutores, obrigados a residirem na Universidade e que substituiriam em caso de ausência simultânea dos anteriores.

> *«Estas admiráveis Instituições [as disposições dos Estatutos acerca dos empregos para os matemáticos] não se chegaram a executar, mas as Ordens para elas se fazerem, passaram-se; e delas há-de constar do Registo Geral da Fundação da Universidade. Se a Rainha Nossa Senhora for servida confirma-las, e mandar efectuá-las, floresceão os Estudos Matemáticos; e a Nação entrará a receber muito grandes vantagens destes Estudos, ver-se-á logo, que eles não servem somente de ornato; mas que efectivamente conduzem para a felicidade, e bom governo do Estado»* [Francisco de Lemos 1777, p.89]

Como mais à frente veremos (capítulo 7) a falta de alunos foi crónica, sendo o principal motivo a ausência de saídas profissionais.

Os alunos que viessem a frequentar a Faculdade seriam distribuídos pelas seguintes classes: Ordinários, Obrigados e Voluntários. Os Ordinários seriam todos aqueles que se matriculariam com objectivo de nela se formarem, fazendo mais tarde desta disciplina a sua profissão. Os Obrigados seriam aqueles que por obrigação dos seus cursos teriam que frequentar algumas disciplinas de matemática. Os Voluntários aqueles que pretendessem assistir às aulas de matemática para valorização pessoal, *«para ornamento do seu espírito, como muito convém a todas as Classes de Pessoas, e principalmente à Nobreza»* (bem como os *«Doutores das outras Faculdades [que] poderão também instruir-se do mesmo modo»*). Estes alunos estariam dispensados de qualquer avaliação futura, a menos que depois quisessem ingressar no curso matemático, i. e. mudar para a classe de Obrigados.

É interessante notar a criação desta classe de alunos (criado apenas nesta Faculdade) pois ela reflete bem o interesse e o incentivo que se quis dar desde logo a esta disciplina, mesmo que fosse sob a forma de diletantismo e de valorização pessoal. A importância e a valorização que se pretendia dar à matemática foi tal que qualquer professor das outras Faculdades que denegrisse ou desvalorizasse o seu estudo era considerado inimigo do progresso das ciências, caindo em desagrado Real: *«incorrerão no meu Real desagrado, como inimigos do progressos das ciências e fautores das mesmas nocivas preocupações que arruinaram os estudos públicos destes Reinos nos dois séculos precedentes»*.

Quanto aos pré-requisitos para a matrícula no *'Curso Mathematico'* era apenas exigido aos futuros alunos a frequência prévia da disciplina de Filosofia Racional, e Moral[3],

[3] Cadeira do 1^o ano da faculdade de Filosofia, mas que depois passou a ser ministrada nos colégios pré-universitários.

> *«Uma das maiores vantagens, e excelências da matemática é a sua independência de todas as outras Ciências. Ela tem em si mesma o seu Método, e Princípios, a sua Lógica, e Metafísica; de sorte, que ajudando o entendimento do homem com as suas luzes no estudo de todas as mais Artes, e Faculdades; não carece de alheio subsídio para se estabelecer com a mais segura firmeza nas suas Doutrinas; e para fazer os imensos progressos, de que é susceptível a fecundíssima simplicidade do seu objecto. Porém, ainda que a particular indepêndencia das Matemáticas não requer necessariamente Estudo algum preparatório, que lhe haja de servir de base, ou fundamento; para haver com tudo a uniformidade, que convém, nos Estudos da Universidade; e para que os Matemáticos dela sejam ornados da Instrução conveniente [...] serão os Estudantes Ordinários de Matemática a provar antes da Matrícula [...] os estudos seguintes.»* [Estatutos 1772, v.3 p.155]

sendo também exigido, como a qualquer aluno que pretendesse ingressar na Universidade, o conhecimento da língua latina (o grego só era obrigatório para o estudante que mais tarde se pós-graduasse). O conhecimento do francês e do inglês era somente aconselhado – *«Também lhes será muito conveniente a inteligência das Línguas vivas da Europa; principalmente da Inglesa, e Francesa, nas quais estão escritas, e se escrevem cada dia muitas Obras importantes de Matemática»* [Estatutos 1772, v.3 p.156]. A única exigência especifica na área da matemática, e que se estendia a toda a classe de alunos, era o do domínio das quatro operações fundamentais da aritmética,

> *«deverão entrar no Curso Matemático previamente exercitados, e expeditos na prática das quatro Regras Fundamentais da Aritmética, que se aprendem na Escola. Porque o Lente somente lhe há-de explicar a razão científica delas; e não será obrigado a demorar-se com eles o tempo, que sería necessário para adquirirem o hábito das ditas Primeiro quatro Operações vulgares, em prejuízo dos Conhecimentos superiores, que há-de ensinar no mesmo Ano»* [Estatutos 1772, v.3 p.157].

A idade mínima de ingresso que se impunha era 16 anos, pela necessidade de uma certa maturidade intelectual indispensável ao estudo da complexidade das várias matérias a serem estudadas,

> *«Sendo as Ciências Matemáticas de tal natureza, que requerem mais força no Discurso, do que felicidade na Memória; e não sendo por esta razão possível, que, dominando na primeira idade a força da Memória, e faltando a*

> *do raciocínio, se faça progresso algum em Ciências de tão alta especulação; é indispensável nesta parte o fixar a idade, em que a Razão se acha suficientemente desembaraçada, para seguir, e alcançar os raciocínios complicados, e difíceis, que nelas se encontram; para que nem se frustre o trabalho dos Estudantes, nem se lhes inspire o horror do estudo, apresentando-lhes as Doutrinas Matemáticas antes de serem capazes de as entenderem. [...] Ninguém seja admitido às Lições Publicas de Matemática, em qualquer das Classes acima referidas, antes de ter quinze anos completos de idade.»* [Estatutos 1772, v.3 p.154]

À semelhança das outras Faculdades os estudantes de Matemática só podiam ser admitidos por despacho do Reitor, estando reservado apenas o mês de Outubro para as matrículas. O Secretário da Faculdade estaria encarregue de fazer uma lista dos estudantes matriculados, sendo posteriormente feito o registo biográfico de cada um deles. Apesar da vastidão das matérias que comporta um Curso de Matemática serem *«tantas, e cada uma delas de tão grande vastidão e inexaurível fecundidade de doutrinas, que é pouco o estudo de toda a vida para adquirir um conhecimento perfeito e consumado de todas elas»* [Estatutos 1772, v.3 p.160], ficou definido que a sua duração seria de quatro anos lectivos. O ano lectivo de 9 meses começava em Outubro e acabava em Junho, Agosto e Setembro seriam as férias, sendo Julho dedicado aos exames, actos e graus.

Uma novidade introduzida na Reforma é a responsabilização do aluno face ao seu percurso académico, o aluno tem que ir efectivamente às aulas, aplicar-se e estudar. A transição de ano está dependente dos resultados de uma avaliação que se quer contínua (à terceira reprovação consecutiva seriam excluídos da Faculdade[4]). Acabava a situação que se vivia antes da Reforma da mais ou menos consentida relaxação estudantil e exames de aparente formalidade. A avaliação era feita ao longo do ano através dos chamados *'exercícios literários'* – *«necessários em todas as Faculdades, para obrigar os estudantes a darem a atenção, que convém às Lições, e Explicações dos professores; e para tirarem delas o maior fruto, que for possível»* [Estatutos 1772, v.3 p.197] e *«para que os Estudantes se obriguem eficazmente a cuidar do seu aproveitamento [...] distribuirão [os professores], com medida, e discrição, os louvores, e as increpações; conforme a diligência, ou negligência dos mesmos estudantes»* [Estatutos 1772, v.3 pp.73-74] –, e através de um exame no final do ano lectivo.

[4] Os alunos Ordinários deveriam ter aprovação acima de medíocre para a transição de ano, para os Obrigados a aprovação às disciplinas de matemática poderia ser concedida mesmo com avaliação medíocre, mas dependente da aprovação na sua Faculdade.

Havia três tipos de exercícios: os vocais, os práticos e os escritos. Os exercícios vocais eram destinados ao exercitar da memória, ao consolidar da matéria e ao esclarecimento das dúvidas (dividiam-se em diários, semanais e mensais). A exposição da matéria devia ser feita com simplicidade e com a maior clareza possível, preocupando-se o professor em que os alunos a entendessem e em instigar-lhes o sentido crítico – *«distinguindo primeiro bem o sentido das Proposições: Mostrando depois os meios pelos quais se demonstram: Encadeando o raciocínio por degraus, com a pausa necessária para serem seguidos pelos entendimentos ainda não habituados a alcançar com prontidão o fio das Demonstrações matemáticas: e tornando a repetir segunda, e terceira vez o mesmo raciocínio, segundo julgarem que assim pede a dificuldade das matérias»* [Estatutos 1772, v.3 p.201]. Assim os excercícios diários tinham como objectivo as matérias leccionadas naquela aula, os semanais as matérias dadas ao longo da semana e os mensais os conteúdos do mês precedente. Os exercícios práticos eram destinados à aplicação prática dos conceitos teóricos (por exemplo, no caso da cadeira de Geometria previam-se aulas de campo onde os alunos deveriam fazer alguns levantamentos topográficos e geodésicos, e nas aulas de Astronomia observações astronómicas). Os exercícios por escrito seriam complementares dos anteriores e resolvidos pelos alunos em regime de competição para estimular o estudo e a aplicação, os alunos que os resolvessem em menor tempo veriam o seu nome afixado numa espécie de quadro de honra.

As avaliações de final de ano eram feitas por uma comissão de três professores, presidida pelo professor do respectivo ano. O aluno que fosse aprovado no exame final do quarto ano ficaria habilitado com o grau de Bacharel. Depois de concedido o grau de Bacharel o aluno seria ainda sujeito a um *'Exame Geral das Disciplinas Matemáticas'* (tirando sortes uma por cada ano) sob a presença de quatro examinadores, cujo presidente era escolhido por si. Aprovado no *Exame Geral* era-lhe conferido o grau de Bacharel Formado, que habilitava para a leccionação em qualquer grau de ensino excepto na Universidade, onde para dar aulas era necessário o grau de Doutor. Antes deste havia o grau de Licenciado. Para a sua obtenção o aluno tinha ainda à sua frente um ano lectivo extra, o ano de graduação, onde repetiria as matérias do terceiro e quarto anos. Ficando aprovado seria ainda sujeito a um exame, o *'Acto de Repetição'*, sob a presença de um júri de oito professores e que duraria um dia inteiro. Mas o processo avaliativo ainda não estava concluído, o aluno seria ainda sujeito a um exame privado que incidiria especificamente nas matérias dos dois últimos anos. A obtenção do grau de Doutor ficava sujeito a uma *«petição ao Reitor, para lhe assinar dia, em que haja de o receber»*[5].

[5] As solenidades exigidas para o doutoramento vêm descritas no Livro I [Estatutos 1772, v.1 pp.221-226], para onde os Estatutos da Matemática remetem [Estatutos 1772, v.3 p.211]. Várias vezes os

No que diz respeito ao plano de estudos do curso matemático, este era constituído por 8 cadeiras (5 da Faculdade de Matemática e 3 da Faculdade de Filosofia) com a seguinte distribuição por ano lectivo:

- 1^o ano: Geometria + História Natural + Filosofia Racional e Moral[6] (ambas na Faculdade de Filosofia);
- 2^o ano: Álgebra + Física Experimental (Fac. de Filosofia);
- 3^o ano: Foronomia (Física-Matemática);
- 4^o ano: Astronomia;
- cadeira extraordinária: Desenho e Arquitectura[7].

Quanto à distribuição dos tempos lectivos ficou regulamentado dois períodos de aulas: um de manhã dividido em dois tempos, o 1^o destinado à aula de Geometria e o 2^o à aula de Álgebra; e outro de tarde também dividido em 2 tempos, o 1^o tempo destinado à aula de Foronomia e o 2^o à aula de Astronomia. Cada aula teria a duração de hora e meia.

Os Estatutos previam também a criação de um Observatório Astronómico não só para as aulas práticas dos alunos, mas também destinado ao trabalho e à investigação dos professores.

Estatutos da Faculdade de Matemática (o mesmo se verifica para outras Faculdades) remetem para disposições estatutárias de outras Faculdades, nomeadamente a de Teologia e de Medicina.

[6] Em 1791 (Provisão Régia de 24 de Janeiro de 1791) ocorreu uma reforma curricular na Faculdade de Filosofia, passando a cadeira de Filosofia Racional e Moral a ser leccionada no Colégio das Artes.

[7] *«Haverá mais extraordinariamente uma Cadeira de Desenho, e Arquitectura, tanto Civil, como Militar. Esta não pertencerá à ordem das outras Cadeiras; por não haver nestas Artes aquela exactidão matemática, que tem as Ciências [disciplinas] acima referidas [...]. O professor dela nem será necessariamente Doutor, nem terá lugar de Examinador em Acto algum de matemática; mas será considerado, como qualquer considerado, como qualquer outro Professor das Artes Liberais; e será subordinado à Congregação de Matemática, a qual proverá nesta Cadeira, como em tudo o mais, que pertence à sua Profissão»* [Estatutos 1772, v.3 p.167].

Capítulo 5

Monteiro da Rocha e o programa curricular do *Curso Mathematico* e os compêndios adoptados na *Faculdade de Mathematica*

5.1 Introdução

Neste capítulo iremos estudar a organização e os conteúdos do programa curricular delineado nos Estatutos, bem como os livros que foram adoptados.

Se estatutariamente o plano curricular de cada cadeira foi bem delineado e exaustivamente expresso, permitindo-nos assim conhecer com suficiente pormenor o que se estabeleceu ensinar ao longo do curso. A verdade é que há diferenças mais ou menos significativas entre o que se estabelece e o que depois realmente se ensina. Assim a necessidade de investigar outras fontes que pudessem fornecer pistas sobre este assunto é indispensável. Os livros de texto e os compêndios adoptados para as aulas, a par dos cadernos e notas de aulas tanto de professores como de alunos são certamente fontes preciosas para obtermos um conhecimento mais preciso do processo ensino/aprendizagem desenvolvido na Faculdade[1]. Em relação aos livros sabemos quais

[1] *«[...] pensar os saberes escolares como elementos da cultura escolar, ou mais especificamente, realizar o estudo histórico da matemática escolar, da matemática praticada no interior das escolas, exige que se deva considerar os produtos dessa cultura do ensino de matemática, os elementos que foram elaborados ao longo do tempo, que deixaram traços que permitem o seu estudo. Livros didácticos de matemática, documentos contidos nos arquivos escolares, provas e exames, materiais de professores e alunos dentre outros, são exemplos desses produtos. Tais ingredientes para elaboração da história da matemática escolar precisam ser vistos como elementos produzidos pela cultura escolar em sua relação com outras esferas, outras culturas. Tomemos, por exemplo, o caso dos livros didácticos. Material complexo, produzido pela concorrência de diferentes instâncias, cujo destino e uso é escolar.*

os que foram adoptados, a maior parte foi inclusive traduzida para português, mas infelizmente no que diz respeito a cadernos e notas de aulas nada conhecemos (em vão procurámos nos arquivos este tipo de documentação).

Analisar o conteúdo, a organização interna das matérias e a qualidade da matemática ensinada nos livros permitir-nos-á conhecer mais particularmente o tipo de ensino que foi efectivamente ministrado. Esses primeiros compêndios adoptados são todos eles, com excepção dos Elementos de Euclides, de autores franceses, e foram traduzidos por Monteiro da Rocha. São livros que se inserem na tradição francesa da época de livros elementares – *'livres elementaires'* –, livros destinados a ensinar os fundamentos das ciências [G. Schubring 1997].

O estudo dos programas curriculares definidos nos Estatutos e dos trabalhados nos compêndios adoptados revelou que existe uma relação muito estreita entre ambos. A nosso ver os compêndios que posteriormente foram adoptados nas diferentes disciplinas da Faculdade foram os mesmos que estiverem subjacentes à elaboração dos próprios Estatutos. Ou seja o programa curricular das cadeiras de matemática leccionadas nos 1^o, 2^o e 3^os anos é fortemente inspirado nos livros de texto que Bezout escreveu para os alunos da marinha francesa – *Cours de Mathématiques à l'usage des Gardes du Pavillon et de la Marine* (1764-1769) [Bezout 1764-69] –, e no compêndio de Lacaille ([Lacaille 1750]). Apesar do *Cours* de Bezout não ter sido adoptado para o ensino das matérias de física-matemática, a verdade é que também para esta cadeira os Estatutos nele se influenciaram (para esta cadeira foram adoptados as seguintes obras [Lacaille 1750], [Bossut 1771] e [Marie 1774]). Para a cadeira de Astronomia (4^o ano) foi adoptado o *Leçons Elémentaires d'Astronomie Géometrique et Physique* (Paris, 1746), de Lacaille, cuja organização e conteúdos programáticos os Estatutos seguem de perto.

5.2 O programa curricular do *Curso Mathematico*

No *Título III, Capítulo III* [Estatutos 1772, v.3 pp.166-167] os Estatutos referem-se pela primeira vez, embora de um modo sucinto, ao conteúdo curricular e à articulação das várias disciplinas do curso. Só no título seguinte [Estatutos 1772, v.3 pp.169-197] este conteúdo é pormenorizadamente exposto[2].

Os Estatutos começam por definir o objecto da Matemática: o estudo da quantidade,

Sua constituição como produto da cultura escolar enseja a síntese de influências de várias outras ambiências diferentes da escolar.» [W. Valente 2004].

[2] *Título III – do Tempo, Disciplinas, Cadeiras, e Férias do Curso Matemático. Título IV - Da distribuição das Lições pelos Anos do Curso Matemático, e do modo que nelas há-de haver; que se distribui nos seguintes capítulos: Capítulo I - Das Lições do Primeiro Ano; Capítulo II - Das Lições do Segundo Ano; Capítulo III - Das Lições do Terceiro Ano; Capítulo IV - Das Lições do Quarto Ano; Capítulo V - Das Lições do Desenho e Arquitectura.*

> *«Tendo a Matemática por objecto as relações, e propriedades da Quantidade, ou a Grandeza, tanto em geral, como em particular: E não havendo no Mundo algum objecto sensível, que não seja o Quanto, e não tenha certas propriedades de grandeza relativas a outros objectos do mesmo género [...]. É manifesto, que não tem esta vasta ciência outros limites, que não sejam; na especulação, os do entendimento humano; e na aplicação, os do Universo [...]. Pois que todas as partes do mesmo Mundo foram constituídas pelo Eterno Geómetra em número, peso, e medida»* [Estatutos 1772, v.3 p.162][3]

No discurso preliminar da *Encyclopédie* escreve D'Alembert,

> *«Une autre propriété plus générale des corps, & que supposent toutes les autres, savoir, la quantité a formé l'objet des Mathématiques. On appelle quantité ou grandeur tout ce qui peut être augmenté & diminué (...) La quantité, objet des Mathématiques, pouvoit être considérée, ou seule & indépendamment des individus réels, & des individus abstraits dont on en tenoit la connaissance, ou dans ces individus réels & abstraits; ou dans leurs effets recherchés d'après des causes réelles ou supposées; & cette seconde vue de la réflexion a distribué les Mathématiques en Mathématiques pures, Mathématiques mixtes, Physico-Mathématiques.»* [D'Alembert 1751, p.xlix]

Esta divisão em matemáticas puras e mistas também é afirmada nos Estatutos,

> *«Depois da Álgebra, Aritmética, e Geometria, que pelo seu objecto mais geral, e abstracto, se chamam Matemáticas Puras, seguem-se muitas outras Disciplinas, que tem o nome de matemáticas Mistas, ou Ciências Físico-matemáticas; porque consideram a Quantidade nas suas divisões, e subdivisões mais particulares, nas quais se compreendem muitos efeitos, e Fenómenos da natureza. Todas estas Ciências se reduzem a Foronomia, que é a Ciência geral do movimento dos corpos, em que se contém a melhor parte da Física, por ser o movimento o agente principal de todos os Fenómenos, como a alma da mesma Natureza.»* [Estatutos 1772, v.3 p.163]

Esta divisão da matemática foi proposta pela primeira vez por Bacon, no seu livro *Of the Proficience and Advancement of Lernings* (1605) [G. Brown 1991] – *«The Mathematics are either pure or mixed [...]. And as for the mixed mathematics, I may only make this prediction, that there cannot fail to be more kinds of them as nature*

[3] *«L'objet des Sciences Mathématiques étant purement intellectuel, il ne faut pas s'étonner de l'exactitude de ses divisions.»* [D'Alembert 1759b, p.i].

grows further disclosed.» [Francis Bacon 1605, p.99]. No século XVIII é precisamente D'Alembert quem irá reavivar esta terminologia de Bacon (veja-se no discurso preliminar da *Encyclopédie* a seccção intitulada *'Observations sur la Division des Sciences du Chancelier Bacon'* [D'Alembert 1751, p.lj]). Se para Bacon a matemática mista era constituída por 6 ramos, ou 6 diferentes disciplinas: perspectiva, música, astronomia, cosmografia, arquitectura e engenharia [Francis Bacon 1605, p.99-100]; a verdade é que desde o seu tempo haviam ocorrido imensos progressos nas ciências, particularmente na astronomia, na óptica e na mecânica. Para D'Alembert a matemática pura era constituída pela álgebra, aritmética e geometria e as matemáticas mistas pela mecânica, astronomia, óptica, acústica, pneumática e *'arte da conjectura'* (probabilidades) [D'Alembert 1759b, p.xlvij]. Esta divisão é a que os Estatutos seguem

> *«Depois da Álgebra, Aritmética, e Geometria, que pelo seu objecto mais geral, e abstracto, se chamam Matemáticas Puras, seguem-se muitas outras disciplinas, que tem o nome de Matemáticas Mistas, ou ciências Físico-Matemáticas; porque consideram a quantidade nas suas divisões, e subdivisões mais particulares [...] as quais [. . .] pedem uma Doutrina própria, e particular [...] Estática, Mecânica, Dinâmica, Balística, Hidráulica, Óptica, Acústica»* [Estatutos 1772, v.3 p.163, 166]

De todas as disciplinas matemáticas a Álgebra é a mais importante,

> *«A primeira Ciência na Matemática (ainda que pela sua maior dificuldade, e abstração não seja trata em primeiro lugar pela maior parte dos Autores) é a Algebra [...]. Uma parte mais abstracta; e consequentemente mais difícil aos Principiantes; e sendo por outra parte conveniente que eles se habituem primeiro com a Síntese das verdades Elementares, antes de passarem à Analise, que serve de as promover, e adiantar»* [Estatutos 1772, v.3 p.162]

Todavia devido à sua maior dificuldade e abstracção que exigia seria apenas leccionada após o estudo no primeiro ano da aritmética e da geometria. Este argumento é defendido por D'Alembert no seu *Essai* [D'Alembert 1759a, pp.105-108].

5.2.1 1^o ano – *Geometria*

Os Estatutos começam por fixar que,

> *«O Lente de Geometria, a quem pertencem as Disciplinas do Primeiro Ano, antes de entrar nas Lições próprias da sua Cadeira, lerá os Prolegómenos Gerais das Ciências Matemáticas»* [Estatutos 1772, v.3 p.169]

Ou seja, o professor deveria antes de entrar na matéria propriamente dita fazer um resumo da história da matemática, com o propósito de mostrar aos alunos o objectivo, o método e a utilidade de uma ciência que lhe ocuparia os próximos 4 anos de estudo[4]. Esta abordagem pela história não era exclusiva para a matemática, mas extensível a todos os ramos do saber – a História deixa no século XVIII de *«conduzir ao conhecimento da vontade de Deus, para passar a conduzir ao conhecimento da natureza humana. Esta revolução crucial no campo das letras encontrou um sólido apoio por parte da nova filosofia natural, então em rápida expansão»* [T. Hankins 2004, p.8].

O progresso da ciência é construído degrau a degrau aproveitando os progressos passados e a História revela essa edificação feita, tijolo a tijolo, pelos cientistas e pensadores ao longo dos séculos. Neste sentido a História é importante como didáctica do ensino não só das ciências matemáticas e naturais, mas também das ciências positivas. Verney defendia uma relação íntima entre o ensino da História e do Direito, tanto Civil como Eclesiástico [Costa & Marcos 2000]. A História era encarada como uma propedêutica ao estudo de qualquer matéria [Pedro Calafate 2001, v.3 pp.23-44] – *«em toda e qualquer Faculdade principiarão os alunos pela parte histórica»*, escrevia Frei Manuel do Cenáculo (citado em [Pedro Calafate 2001, v.3 p.32]).

No que diz respeito à história da matemática esta não se restringia apenas à cadeira do primeiro ano. Todos os professores deveriam nas suas primeiras aulas introduzir os fundamentos da sua disciplina, a par de uma resenha histórica focada nos períodos mais relevantes, de modo a, *«facilitar melhor a entrada nela e segurar o fruto das Lições: Principiará o Professor pelos Prolegômenos respectivos: Dando uma ideia circunstanciada do seu objecto e dos meios que aplica para conseguir o fim que se propõe: Mostrando a sua origem e progressos»* [Estatutos 1772, v.3 p.176], sempre com o cuidado em fazê-lo de acordo com a capacidade dos alunos, estimulando-os mas não os assustando,

> *«Mostrando-lhes, que a primeira coisa, que deve fazer quem se dedica a entender o progresso das Matemáticas, é instruir-se nos descobrimentos antecedentemente feitos; para não perder tempo em descobrir segunda vez as mesmas coisas; nem trabalhar em tarefas, e empresas já executadas»* [Estatutos 1772, v.3 p.170]

[4] Este tipo de introdução com considerandos sobre a importância e o papel da matemática é herdeira de uma longa tradição jesuítica (veja-se o capítulo 8).

Depois desta parte introdutória[5] começar-se-ia então o estudo pela aritmética, clarificando-se o conceito de número e de unidade (onde seriam abordados os vários tipos de números – simples, complexos, inteiros e quebrados[6]). Seguia-se o estudo aprofundado das 4 operações aritméticas e dos seus algoritmos, preocupando-se o professor em que os alunos adquirissem a destreza e facilidade da sua aplicação e compreendessem *«a razão científica, em que todas elas se fundam.»* Em seguida estudavam-se os números quadrados e cúbicos bem como a extracção das suas raízes e depois o estudo das proporções, das progressões aritméticas e geométricas e as *«regras de mais uso, e importância, que delas dependem»*, tais como: *«A Regra de Três Simples, e Composta; Directa, e Inversa; e as Regras de Falsa posição, de Sociedade, de Liga, etc.»* A aritmética terminava com o estudo dos logaritmos, *«e o uso vantajoso deles nas Operações Numéricas: Convertendo-se por este engenhoso artificio as Multiplicações em Adições; as Divisões em Subtracções: E extraindo-se com suma facilidade todas, e quaisquer Raízes Numéricas, que pelo métodos ordinários, e nos graus superiores envolvem Operações de imenso trabalho»* [Estatutos 1772, v.3 p.172][7].

Terminado que estava o ensino e o estudo da aritmética passava-se à geometria elementar. Também aqui o professor devia começar pela história da geometria mas com a preocupação de instilar nos alunos a noção exacta da sua articulação lógica,

> *«Para se tirar todo este fruto das Lições, terá o Professor grande cuidado no princípio, de que depende tudo. Para isso não somente fará os Prolegômenos necessários; e resumirá a História da Geometria [...], mas também cuidará muito em que os Discípulos tenham uma ideia luminosa, e exacta das noções, definições, e princípios fundamentais desta ciência»* [Estatutos 1772, v.3 p.173].

Para o ensino desta matéria, ao contrário de todas as outras onde não havia livro pré-estabelecido, os Estatutos impõem a adopção dos *Elementos de Euclides*,

> *«Por esta razão é de grande consequência a escolha do Autor, por onde se há-de ensinar a Geometria Elementar. Nele se requer não somente que*

[5] *«fazendo um Resumo dos sucessos principais da sua História pelas Épocas mais notáveis dela. Tais são: Desde a origem da Matemática, até ao século de Tales, e Pitágoras: Deste até à fundação da Escola de Alexandria: Dela até a Era Cristã: Desta até a destruição do Império Grego: Dela até Cartésio: e de Cartésio até ao presente tempo»* [Estatutos 1772, v.3 p.169].

[6] Números simples são os números naturais (também chamados de números abstractos); número inteiro, se a quantidade se compõe somente de unidades; número quebrado, são os números fraccionários; número concreto é aquele em que se especifíca a unidade (p. ex. 3 m); os números complexos são aqueles em que entra na sua composição unidades e subunidades (p. ex. 3 h23 min34 s).

[7] Dizem os Estatutos que o ensino de todas estas matérias será feito *'pela ordem dos Elementos, que lhe servirem de texto: ajuntando as reflexões, e observações necessárias, para que os seus discípulos as entendam, e possuam completamente'*. Como veremos Bezout estuda os logaritmos como aplicação das propriedades das progressões aritméticas e geométricas.

> *cada uma das verdades Geométricas seja demonstrada nervosa, e rigorosamente, mas também, que todas juntas formem uma cadeia firme, seguida, e contínua da Doutrina; [...] e como estas vantagens se não acham em Autor algum até ao presente com tanta perfeição, como nos Elementos de Euclides, por eles fará o Lente as suas Lições»* [Estatutos 1772, v.3 pp.172-173].

E porque a geometria, *«requer todas as atenções possíveis: Porque serve de base às Lições dos Anos seguintes: E porque nela se deve costumar o entendimento a sentir a evidência dos raciocínios Matemáticos; e a procurar a exactidão, e rigor Geométrico das Demonstrações; e pensar metodicamente em qualquer matéria»*, ninguém melhor que o paradigma do método dedutivo: Euclides – excluindo-se todos os autores *«que a fim de buscarem melhor ordem, e mais facilidade, afrouxarem alguma coisa no rigor das Demonstrações»*.

Justificava-se assim também a obrigatoriedade da Geometria para todos os alunos da Universidade, pois organizava o pensamento segundo uma estrutura lógica e racional,

> *«terá o Lente grande atenção em procurar que os Ouvintes não somente entendam perfeitamente cada uma das verdades Elementares de Euclides; e penetrem toda a força, e eficácia da sua Demonstração; mas também advirtam no encadeamento firme, e nunca interrompido, que elas vão fazendo umas com as outras; para se habituarem, e familiarizarem bem com o exemplo mais perfeito, que temos, de tratar uma Ciência com exactidão.»* [Estatutos 1772, v.3 p.173]

No que diz respeito aos *Elementos de Euclides* só se adoptariam os livros sobre a geometria elementar, não sendo estudados os livros não geométricos – *«Não se explicará de Euclides mais, do que os Livros pertencentes à Geometria; ajuntando-lhes os Teoremas de Arquimedes; e tudo o mais que parecer necessário para se instruírem solidamente os Discípulos nos conhecimentos Elementares»*, socorrendo-se também o professor dos Comentários de Proclo, *«nos quais se acham reflexões originais de grande importância»*[8].

A trigonometria encerrava o estudo da Geometria,

> *«Depois disto mostrará os teoremas, em que se funda a Analise dos Triângulos Rectilíneos, assim Rectângulos, como Obliquângulos; praticando a sua*

[8] Os *Elementos de Euclides* são compostos de 13 *livros*, ou capítulos. Os *livros* I a VI tratam da geometria plana, os *livros* VII a X a teoria dos números e os restantes tratam da geometria dos sólidos. Proclo Diádoco (411-485) filósofo e matemático escreveu os *Comentários* ao primeiro Livro de Euclides. O livro de Euclides adoptado para as aulas foi a tradução de Giovanni Ângelo Brunelli (1722-1793), de 1768, feita para o ensino no Colégio dos Nobres.

> *resolução em todos os casos em geral; e exercitando os Discípulos em alguns Problemas escolhidos, nos quais vejam sensivelmente a utilidade real do Cálculo Trigonométrico. Finalmente tratará com particular cuidado da relação que entre si tem as pequenas variações das partes dos Triângulos Rectilíneos: Mostrando em todos os casos as quantidades, que podem influir na parte, que se busca, os erros cometidos nas partes dadas.»* [Estatutos 1772, v.3 p.174]

A aplicação prática dos conhecimentos adquiridos era uma exigência, à parte dos exercícios teórico-práticos do cálculo aritmético e das construções geométricas, os Estatutos ordenavam que o professor saísse da sala de aula para o campo fazer medições com os alunos,

> *«terá o cuidado [o professor] de lhes mostrar o uso prático da Geometria, e Trigonometria Plana. Para o que lhes assinará alguns dias feriados, em que Eles se devam achar em algum lugar do Campo nas vizinhanças da Cidade. Tendo feito conduzir a ele Grafómetros, Pranchetas; e outros Instrumentos da Geodesia; lhes mostrará a praxe das Operações sobre o terreno [...] para eles conhecerem o uso real da Geometria, e as cautelas práticas, que deve haver nas Operações dela. Do mesmo modo praticará com eles as Operações da Estereometria, Livelamento, etc.»* [Estatutos 1772, v.3 pp.202-203]

5.2.2 2º ano – *Álgebra*

A cadeira de Álgebra compreendia o estudo do cálculo algébrico e do cálculo infinitesimal, com as suas aplicações à geometria e à aritmética.

Recomendava-se desde logo ao professor todo o cuidado e empenho no ensino destas matérias por se considerarem fundamentais e estruturantes para o estudo das disciplinas dos anos seguintes,

> *«merecem toda a atenção do Professor, pelo grande uso, que tem nas questões mais sublimes, e importantes de todas as Ciências Matemáticas.»* [Estatutos 1772, v.3 p.174]

Depois da breve introdução histórica à disciplina, mostrando que a álgebra *«é a Arte de representar por símbolos gerais todas ideias, que se podem formar no nosso espírito, relativamente às Quantidades»*, o professor começaria pelo estudo das operações fundamentais do cálculo literal, i.e. o tratamento das expressões algébricas (polinómios) *«nas grandezas simples, complexas, e fraccionárias, tanto racionais,* *como irracionais; na formação das suas Potencias; e extracção das suas Raízes: Explicando com distinção os diferentes modos de exprimir, reduzir, e transformar as mesmas grandezas.»* [Estatutos 1772, v.3 p.177]. Seguiam-se as propriedades e resoluções de equações e de problemas.

A matéria seguinte compreendia o estudo de séries e das *«propriedades das Progressões Aritméticas, e Geométricas, dos Números figurados, Séries recorrentes»* e com tudo o mais que *«constitui um Curso de Álgebra Elementar perfeito, e completo»*. Antes de se entrar na última parte da álgebra, o estudo das secções cónicas, abordavam-se as suas aplicações à geometria e à aritmética.

Finalizada a álgebra inicializava-se o estudo do cálculo infinitesimal, *«um dos quais se chama Cálculo Diferencial; e o outro Integral»* – *«Le calcul différentiel ets la première branche du calcul infinitésimal, la seconde s'appele le calcul intégral»* [D'Alembert 1759a, p.345].

Os Estatutos não deixam passar em claro o problema dos fundamentos do cálculo infinitesimal (conhecido como problema da *'metafísica do cálculo'*). Desde a sua invenção em finais do século XVII, por Newton e Leibniz, o cálculo infinitésimal via-se confrontado com vários problemas acerca da natureza dos conceitos de fluxões e de quantidades infinitesimais, que levavam a situações algo paradoxais com as quantidades infinitesimais, por exemplo, a dividiram expressões e mais tarde a serem consideradas nulas[9]. Sobre esta problemática os Estatutos são prudentes, exigindo ao professor que tenha,

> *«grande cuidado em ensinar os Princípios fundamentais do cálculo diferencial, do modo mais fácil, e inteligível: mostrando com toda a distição, e clareza o que se entende por Fluxões, ou Elementos Infinitésimos: E fazendo por tirar do espírito dos seus discípulos as equivocações, que tem havido na explicação deles, procedidas das ideias vacilantes de ums metafísica escura, que fizeram a muitos Autores tomar este Cálculo de um ponto de vista pouco vantajoso»* [Estatutos 1772, v.3 pp.178-179].

À semelhança de D'Alembert comparam estes conceitos com os conceitos geométricos de ponto, linha e superfície – *«o Ponto sem grandeza; a Linha sem largura; a Superfície sem profundidade; não são entidades reais, e absolutas; mas sim ideias hipotéticas [...] do mesmo modo [que] as Variações, e Elementos Infinitésimos [...] Sendo manifesto, que supor uma Linha sem largura, ou com largura infinitamente pequena, não tem diversidade alguma, senão no modo de representar a mesma ideia.»*

[9] Sobre o problema dos fundamentos do cálculo infinitésimal veja-se [Carl Boyer 1949], em especial os capítulos VI e VII; bem como [Paolo Mancou 1989]. Sobre a abordagem do problema da metafísica do cálculo em Portugal nos finais do século XVIII veja-se: [Franco Oliveira 1990] e [Caramalho Domingues 2004].

[Estatutos 1772, v.3 p.179] –, tentando assim contornar uma questão díficil que só se veria resolvida com os trabalhos de Cauchy no século XIX que clarificam os conceitos de limite e de infinitésimo[10].

Após estas reflexões e advertências, eram estudadas as regras de diferenciação e as suas aplicações *«em toda a sorte de Expressões, e Funções, Algébricas, Exponenciais, Logarítmicas; nos Senos, Cosenos, etc.»*; ao que se seguia o estudo das funções – *«Teórica Geral das Curvas»*[11]. Depois iniciava-se o estudo do cálculo integral e das regras de integração: aproximação por séries e quadraturas, *«sem omitir os métodos, e artifícios mais delicados, que nesta parte forem descobertos, ou conhecidos»*.

A cadeira terminava com o estudo das aplicações do cálculo integral à, *«Rectificação, e Quadratura das Curvas; na Cubatura dos Sólidos; e determinação das Superfícies dos corpos de revolução»*.

5.2.3 3^o ano – *Foronomia*

Depois de bem instruídos em aritmética, geometria, álgebra e cálculo os alunos passariam a estudar no terceiro ano a disciplina de Foronomia[12], onde se estudaria,

> *«a Ciência completa do Movimento, tanto dos Sólidos como dos Fluidos [e] todos os Ramos subalternos das ciências Físico-Matemáticas, como são: a Estática, a Hidrostática, a Mecânica e Hidráulica, a Dióptrica, Catóptrica; e todas as mais Ciências em que se trata dos Fenómenos [...] do Movimento dos corpos e se podem determinar por Cálculo e Geometria.»* [Estatutos 1772, v.3 p.182].

[10] Na definição de *'Calcul différentiel'* escreve D'Alembert na Encyclopedie: *«Cette métaphysique dont on a tant écrit, est encore plus importante, & peut – être plus difficile à développer que les regles mêmes de ce calcul: plusieurs géometres, entr'autres M. Rolle, ne pouvant admettre la supposition que l'on y fait de grandeurs infiniment petites, l'ont rejettée entierement, & ont prétendu que le principe étoit fautif & capable d'induire en erreur. Mais quand on fait attention que toutes les vérités que l'on découvre par le secours de la Géométrie ordinaire, se découvrent de même & avec beaucoup plus de facilité par le secours du calcul différentiel, on ne peut s'empêcher de conclure que ce calcul fournissant des méthodes sûres, simples & exactes, les principes dont il dépend doivent aussi être simples & certains.»* [Encyclopédie 1751-1772, pp.985-988]. Veja-se também o que D'Alembert escreve no seu Essai: *sur les principes métaphysiques du calcul infinitésimal* (cap.XIV); *sur l'usage eu sur l'abus de la métaphysique en Géometrie, et en général dans les Sciences Mathématiques* (cap.XV) [D'Alembert 1759a, pp.339-354].

[11] Os Estatutos usam geralmente o termo quantidade para designar função – *«e não somente tratará da Integração das quantidades Algébricas; mas também das Transcendentes; como são as que envolvem Senos, Co-senos, Logarítmicos, etc.»* [Estatutos 1772, v.3 p.181]. Sobre o conceito de função no século XVIII veja-se [Teixeira Correia 1999].

[12] Foronomia, *«ciência das leis do equilíbrio e do movimento dos corpos, é sinónimo de mecânica.»* [Morais 1994, v.3 p.73], deriva da junção da palavra grega *phorós, «que traz, produz, gera» + nómos, «lei, norma»* [Dicionário Porto Editora 2005, p.788]. Actualmente esta palavra caiu em desuso.

Confronte-se com o que escreve D'Alembert no discurso preliminar do seu *Traité de Dynamique*,

> *«Le Mouvement & ses propriétés générales, sont le premier & le principal objet de la Mécanique; cette Science suppose l'existence du Mouvement, & nous la supposerons aussi comme avouée & reconnue de tous les Physiciens.»* [D'Alembert 1743, p.v].

O motivo porque estas matérias eram estudadas na Faculdade de matemática é logo esclarecido: *«Por esta razão é manifesto, que a Física da quantidade, ou as Ciências Físico-Matemáticas, não devem ter lugar, senão no Curso Matemático, depois das Ciências Exactas, que servem de Instrumento para as conduzir até mais sublimes, e importantes consequências.»* Esta ideia de que a matemática é a base de toda a física e por conseguinte só ela poderá providenciar as ferramentas para investigar as propriedades e estabelecer as relações que se observam na natureza é uma ideia defendida por D'Alembert (e partilhada por Monteiro da Rocha)[13],

> *«c'est par l' étude réfléchie des phénomènes, par la comparaison que nous ferons des uns avec les autres, par l'art de réduire, autant qu' il sera possible, un grand nombre de phénomènes à un seul qui puisse en être regardé comme le principe. En effet, plus on diminue le nombre des principes d'une science, plus on leur donne d'étendue ; puisque l' objet d' une science étant nécessairement déterminé, les principes appliqués [...]. Tel est le plan que nous devons suivre dans cette vaste partie de la physique, appellée physique générale et expérimentale. Elle differe des sciences physico-mathématiques, en ce qu' elle n' est proprement qu' un recueil raisonné d' expériences et d' observations ; au lieu que celles-ci par l' application des calculs mathématiques à l' expérience, déduisent quelquefois d' une seule et unique observation un grand nombre de conséquences qui tiennent de bien près par leur certitude aux vérités géométriques.»* [D'Alembert 1759b, pp.vi-vii].
>
> *«Deve porém advertir-se, que a Matemática faz tudo nestas Ciências; exceptuando sempre os Princípios fundamentais, que devem tirar-se da experiência»* [Estatutos 1772, v.3 p.183]

Seria na cadeira de Física Experimental, que os alunos de matemática eram obrigados a frequentar na Faculdade de Filosofia, que estes princípios gerais dos fenómenos eram investigados, deixando à matemática as indagações mais profundas e consequentes,

[13] Para um aprofundamento da evolução da física-matemática e das contribuições dos matemáticos franceses no século XVIII, veja-se [John Greenberg 1986].

> *«deverá a Física continuar as suas indagações até os achar; sendo sempre o seu objecto procurar o como, e porque dos Fenómenos naturais; e da obrigação da Matemática averiguar o quanto deles.»* [Estatutos 1772, v.3 p.247]

> *«et concluons, que la seule vraie maniere de philosopher en physique, consiste, ou dans l' application de l' analyse mathématique aux expériences, ou dans l' observation seule, éclairée par l' esprit de méthode, aidée quelquefois par des conjectures lorsqu' elles peuvent fournir des vûes, mais séverement dégagée de toute hypothèse arbitraire.»* [D'Alembert 1759b, p.viii].

Principiava-se então o estudo pela estática seguindo-se depois a dinâmica[14],

> *«Com estes Princípios entrará pois a mostrar as Leis do Equilíbrio de qualquer Potências Mecânicas, aplicadas em qualquer número, e de qualquer modo, por meio de corpos flexíveis, ou inflexíveis»*

Estes *'Princípios'* a que se referem os Estatutos são os princípios fundamentais expurgados de todas as considerações metafísicas acerca da natureza das forças, *«que não servem de mais, que introduzir nublados, e confusões na Foronomia, que é, e deve ser uma Ciência clara, e evidente»*. Em sintonia perfeita com o defendido por D'Alembert,

> *«néanmoins comme nous n'avons d'idée précise & distincte du mot de force, qu'en restreignant ce terme à exprimer un effet, je crois qu'on doit laisser chacun le maître de se décider comme il voudra là-dessus; & toute la question ne peut plus consister, que dans une discussion Métaphysique très futile, ou dans une dispute de mots plus indigne encore d'occuper des Philosophes.»* [D'Alembert 1743, preface]

Tanto para Monteiro da Rocha como para D'Alembert bastava considerar os efeitos das forças, sendo dispensáveis considerações inúteis acerca da sua natureza.

São três os *'princípios fundamentais'*:

> *«I° A inércia dos corpos: II° A composição, e decomposição do movimento: III° O Equilíbrio de dois corpos iguais em distâncias iguais do eixo do movimento»* [Estatutos 1772, v.3 p.184]

[14] *«La Méchanique a deux branches, la Statique & la Dynamique. La Statique a pour objet la quantité considérée dans les corps en équilibre, & tendans seulement à se mouvoir. La Dynamique a pour objet la quantité considérée dans les corps actuellement mus. La Statique & la Dynamique ont chacune deux parties. La Statique se distribue en Statique proprement dite, qui a pour objet la quantité considérée dans les corps solides en équilibre, & tendans seulement à se mouvoir; [...] La Dynamique se distribue en Dynamique proprement dite, qui a pour objet la quantité considérée dans les corps solides actuellement mus [...]»* [D'Alembert 1743].

Tal como D'Alembert defende no *Traité de Dynamique*,

> *«Le Principe de l'équilibre joint à ceux de la force d'inertie & du Mouvement composé, nous conduit donc à la solution de tous les Problèmes où l'on considère le Mouvement d'un Corps, en tant qu'il peut être altéré par un obstacle impénétrable & mobile, c'est-à-dire en général par un autre Corps à qui il doit nécessairement communiquer du Mouvement pour conserver au moins une partie du sien. De ces Principes combinés on peut donc aisément déduire les loi du Mouvement des Corps qui se choquent d'une manière quelconque, ou qui se tirent par le moyen de quelque Corps interposé entre eux, & auquel ils sont attachés. Si les Principes de la force d'inertie, du Mouvement composé & de l'équilibre, sont essentiellement différents l'un de l'autre, comme on ne peut s'empêcher d'en convenir; & si d'un autre côté, ces trois Principes suffisent à la Mécanique, c'est avoir réduit cette Science au plus petit nombre de Principes possible, que d'avoir établi sur ces trois Principes toutes les loi du Mouvement des Corps dans des circonstances quelconques, comme j'ai tâché de le faire dans ce Traité.»* [D'Alembert 1743, preface].

Finda a estática entrava-se então no estudo das leis do movimento, primeiro a cinemática e depois a dinâmica,

> *«Mostrará [o professor] as propriedades gerais do movimento, tanto uniforme, como variado, de qualquer forma que seja. Dali procederá a todas as consequências, que delas resultam [...]. Mostrando a Teórica do centro de gravidade, e do centro das forças, ou potências, com as Fórmulas das suas velocidades; dos espaços, que correm; do tempo, em que os correm»* [Estatutos 1772, v.3 p.185]

A cinemática compreendia ainda o estudo da rotação, *«considerando em consequência destes princípios o movimento angular das alavancas»*. Seguindo-se imediatamente o estudo dos choques tanto elásticos como inelásticos, a chamada *«teórica da percussão dos corpos moles, duros, e elásticos»*.

No capítulo da dinâmica – *«a Teórica do movimento dos corpos solicitados por quaisquer forças; tanto sendo eles livres; como sendo sujeitos a mover-se; ou por planos inclinados; ou por quaisquer linhas curvas»* –, estudava-se, o movimento dos projécteis; o movimento dos pêndulos simples e compostos, *«ajuntando tudo o mais, que lhe parecer, de alguma importância em todos estes objectos»*, como por exemplo o movimento de corpos ao longo de curvas. Eram também estudadas as forças centrais, preâmbulo para a cadeira de Astronomia a ser estudada no ano seguinte,

> *«Com muito particular cuidado se tratará do movimento por linhas curvas em virtude as Forças centrais: Para que os Discípulos, ajudados da Explicação Elementar desta Doutrina, possam no seguinte Ano entrar com facilidade na inteligência das aplicações, que dela felizmente se tem feito, ao movimento dos corpos Planetários»* [Estatutos 1772, v.3 p.185]

A astronomia embora fosse considerada um ramo da física-matemática, i.e. uma parte da foronomia, *«aplicada ao movimento dos Astros»*, era estudada à parte como disciplina autónoma. O que se justificava pela vastidão do seu objecto e pela sua própria importância dentro do ramo das ciências que a obrigava a *«ocupar separada, e constituir inteiramente o objecto do trabalho, e cuidado de um Professor.»*

Antes de se iniciar o estudo dos fluidos ainda se estudavam as máquinas simples, *«procurando-se as circunstancias mais vantajosas na construção, e uso das mesmas»*.

O estudo *«de tudo o mais, que pertence à Teórica completa de todos os ramos das Ciências, que se reduzem à Foronomia dos fluidos»* contemplava a hidrostática e hidrodinâmica, onde se estudaria a,

> *«gravitação dos licores sobre o fundo, e paredes dos vasos, em que se contém, determinando-se a força, que devem ter os mesmos vasos para os conterem sem perigo de rebentarem; do equilíbrio dos fluidos entre si; e com os sólidos, que neles se lançam; do movimento das águas por diferentes canais, e por quaisquer orifícios de vasos cheios até qualquer altura; dos efeitos da resistência dos fluidos ao movimento dos corpos de qualquer sorte, que sejam figurados; da Oscilação dos corpos flutuantes»* [Estatutos 1772, v.3 p.186]

O termo hidrodinâmica é um termo mais moderno que o termo hidráulica, aparece apenas no século XVIII e surge da interligação entre teoria e a prática, estando o uso do termo hidráulica mais associado à prática. A hidráulica, uma ciência que nascera na Antiguidade, estava intimamente ligada aos artesãos, e assim continuou até aos séculos XVII e XVIII, prendendo-se a problemas de optimização de condutas e canais para o transporte de água. Com o aparecimento do termo hidrodinâmica dissipou-se alguma confusão, mas o termo hidráulica continuou a ser muito usado nos meios da engenharia. O termo hidrodinâmica, criado pelos matemáticos, aparece pela primeira vez no livro de Daniel Bernoulli, *Hydrodynamica, sive de Viribus et Motibus Fluidorum commentarii* (1738), designando a ciência que lida com o movimento e as leis dos fluidos em geral (Bernoulli restringiu o termo hidráulica ao estudo em que o fluido é especificamente a água e a assuntos práticos de engenharia relacionados com esta). D'Alembert tenta clarificar os dois termos, afirmando que a hidráulica era a ciência que lidava com o movimento das águas em canais e tubos e com as máquinas usadas para esses fins. Quanto ao termo hidrostática designava-o a parte da mecânica que considerava o equilíbrio dos fluidos, bem como o equilíbrio de corpos neles imergidos. Para Bossut, um dos autores escolhidos para o ensino destas matérias na Faculdade de Matemática, a hidrodinâmica era a ciência que tinha por objecto as leis do equilíbrio e do movimento dos fluidos, dividindo-se em hidrostática, a parte dela que considera o equilíbrio e em hidráulica a que tratava do movimento.

Segundo fazem notar os Estatutos os princípios da mecânica dos fluidos são os mesmos dos da mecânica dos sólidos combinados com um novo princípio – *«um princípio particular, que pela experiência se tem descoberto em toda a sorte de fluidos, e é: A pressão igual, que eles fazem para todas as partes»*. Esta ideia está em perfeita sintonia com o defendido por D'Alembert,

> *«Les particules dès fluides étant dès corps, il n'est pas douteux que le principe da la force d'inertie, et celui du mouvement composé, ne conviennent à chacune de ces parties. Il en seroit de même du principe de l'équilibre, si on pourvoit comparer séparément les particules fluides entre elles»* [D'Alembert 1759a, p.167].

Porém o desconhecimento da verdadeira natureza das partículas constituintes dos fluidos impedia progressos mais rápidos e seguros e a aplicação dos princípios gerais da mecânica dependiam da acção combinada de diferentes partes ainda desconhecidas. Para D'Alembert a propriedade geral dos fluidos reduzia-se à *«pressão igual, que eles fazem para todas as partes»* [Estatutos 1772, v.3 p.186] – *«Cette propriété générale, l'égalité de pression en tous sens, constatée par une expérience très simple, est le fondement de tout ce qu'on peut démontrer sur l'équilibre des fluides»* [D'Alembert 1759a, p.168].

Depois de concluído o estudo teórico da mecânica dos fluidos examinava-se com especial detalhe e preocupação a aplicação prática dos *«princípios da Arquitectura Hidráulica; e das Máquinas»*, o movimento das águas dos rios e dos canais.

Mais uma vez os Estatutos expressam a necessidade da aplicabilidade dos conhecimentos teóricos ao uso e ganho do homem comum, pois a questão do encanamento das águas era muito importante para a agricultura e desenvolvimento do comércio[15].

[15] Como veremos mais à frente em 1801 é criada uma cadeira específica de Hidráulica – *«onde se ensine com toda a extensão não somente a teórica sublime da hidrostática, hidrodinâmica, resistência de fluidos, construção e teórica das máquinas que servem para elevar e construir as águas para diversos usos da vida; mas em que além disso se ensine muito por miúdo descendo até aos menores detalhes práticos a arquitectura hidráulica, a fim de se criarem entre nós pessoas hábeis, para entender e dirigir quaisquer trabalhos hidráulicos, como encanamentos de Rios, Aberturas de Barras, Aquedutos, Canais de Rega, ou de Navegação; aproveitar ou dirigir correntes para mover os diversos engenhos de Pisões,*

Outra matéria a ser também estudada era a óptica, a ciência *«que tem a luz por objecto»*[16]. O texto dos Estatutos começa por enunciar os princípios fundamentais que sustentam esta disciplina, renunciando às questões metafísicas sobre a natureza da luz,

> *«I^o Que a luz se propaga por uma linha recta: II^o Que se reflecte por um ângulo igual ao ângulo de incidência: III^o Que ao entrar, e sair por meio diáfanos de diferente densidade se refrange por certas leis, que pela experiência se determinam»* [Estatutos 1772, v.3p.187].

Seguindo bem de perto as mesmas considerações que D'Alembert,

> *«la lumière se répand en ligne droite; qu'elle se réfléchit par un angle égal à l'angle d'incidence; et qu'enfin elle se rompt en passant d'un milieu dans un autre, suivant certaines lois que l'experience puet aisément découvrir»* [D'Alembert 1759a, pp.161-163].

Na óptica abordavam-se tanto a catóptrica (reflexão da luz) como a dióptrica (refracção da luz): *«assim se explicarão, e mostrarão as circunstâncias do movimento da luz, seja qual for a superfície, em que se reflectir; e a diversidade dos meios, em que se refrangir»*[17]; sendo também estudados alguns assuntos específicos do olho humano relacionados com o fenómeno da visão, matéria importante para os estudantes de Medicina que eram obrigados nos seus 3^o anos a frequentar esta cadeira.

Estudavam-se também os instrumentos ópticos, como os microscópios e os telescópios – *«E se mostrará o uso real de todas estas Doutrinas na construção dos instrumentos Ópticos, que são para o homem um novo órgão da vista; sem esquecer, nem a Teórica sublime dos Objectivos Acromáticos, que pela Analisis se tem criado de novo nestes últimos tempos; nem tudo o mais, que para o futuro se descobrir em qualquer ramo das Ciências Físico-Matemáticas.»* [Estatutos 1772, v.3 p.187].

A cadeira ainda contemplava o estudo da acústica – *«nela se mostrará o pequeno número dos objectos, que são susceptíveis de Cálculo»* (como por exemplo o problema das cordas vibrantes) –, ficando de fora a harmonia e a melodia, *«por não haver princípios até ao presente para isso, e serem absolutamente insuficientes as explicações, que se costumam dar»*,

---

Fiação, Moedura, como para satisfazer completamente a outros fins» [AUC Processo do Professor Manuel Pedro de Mello cx.164].

[16] *«La quantité considérée dans la lumière, donne l'Optique. Et la quantité considérée dans le mouvement de la lumière, les différentes branches d'Optique.»* [D'Alembert 1759b, p.xlvij].

[17] *«Lumière mue en ligne directe, Optique proprement dite; lumière réfléchie dans un seul & même milieu, Catoptrique; lumière rompue en passant d'un milieu dans un autre, Dioptrique. C'est à l'Optique qu'il faut rapporter la Perspective.»* [D'Alembert 1759b, p.xlvij].

> *«L'Acoustique ou de la Théorie dès sons. Les Mathématiques nous fournissent dès méthodes pous calculer les vibrations dès cordes sonores, eu égard à leur degré de tension, à leur grosseur et à leur longueur ; mais quelle est la cause du plaisir que certains accords produisent en nous, et des sensations désagréables que d'autres nous sont éprouver ? Voilà sur quoi nous ne sommes pas plus instruits qu'on ne l'étroit du temps de Pythagore.»* [D'Alembert 1759a, p.163].

Por fim Monteiro da Rocha tece algumas reflexões sobre as possíveis e necessárias contribuições da matemática em áreas que hoje denominaríamos de *'engenharias'*,

> *«Ainda que as Arquitecturas, Civil, Naval, e Militar, não pertençam à Classe das Ciências Físico-Matemáticas, pelo que respeita às Regras arbitrárias, [...] não se deixarão contudo de indicar, e resolver nos lugares competentes da Foronomia os Problemas Mecânicos, relativos às ditas Artes, como são: a determinação do equilíbrio das abobadas com os pés direitos; do sólido da menor resistência; e outros semelhantes já resolvidos, ou que para o futuro se resolverem.»* [Estatutos 1772, v.3 p.188].

A preocupação de Monteiro da Rocha em reforçar verdadeira natureza da nova Faculdade, um estabelecimento de ensino não só teórico mas com uma forte componente prática onde o cariz técnico da aprendizagem era a grande aposta,

> *«As Regras, que resultarem das ditas resoluções, deverão passar logo das mãos dos matemáticos para a dos Arquitectos, e Construtores: Fazendo-lhes cessar as Regras arbitrárias, que por falta das exactas se tinham seguido: Pois que as referidas Artes não poderão chegar ao estado de Ciências, enquanto não forem dirigidas pela Matemática em todas as suas Operações»* [Estatutos 1772, v.3 p.188].

No texto recomenda-se expressamente ao Professor as aulas práticas e experimentais, *«para verificar os resultados da Teórica; e tudo o mais que Espero do seu zelo para o bom aproveitamento dos mesmos discípulos»* [Estatutos 1772, v.3 p.203].

Pela importância e extensão das matérias aqui estudadas – *«a Ciência Geral do movimento com a sua aplicação a todos os Ramos da mesma Foronomia, que constituem o Corpo das Ciências Físico-Matemáticas; como são a Mecânica, Estática, Dinâmica, Hidráulica, Hidrostática, Óptica, Dióptrica, etc.»* [Estatutos 1772, v.3 p.166] –, a Foronomia era uma cadeira muitíssimo importante, considerada por isso uma das cadeiras maiores da Faculdade.

5.2.4 4^o ano – *Astronomia*

> *«Tendo os Estudantes Matemáticos ouvido no Ano precedente as Lições Foronomicas, aplicadas aos diferentes objectos da Física Sublunar, que se pode sujeitar ao Cálculo, e Geometria; passarão neste Quarto, e ultimo Ano a ouvir as Lições da Astronomia Física-Matemática»* [Estatutos 1772, v.3 p.189].

À semelhança das outras cadeiras, também se exigia que nesta se começassem as aulas pelos prolegómenos da Astronomia. O papel da história da ciência como intróito às aulas, *«para conduzir os mesmos Discípulos com mais gosto, e melhor preparo a ouvir as Lições»* sai ainda mais reforçado nesta cadeira. Pois, para além desse papel introdutório e motivador, poderia desempenhar uma função pedagógica relevante no processo de aprendizagem através do chamado: *'método dos inventores'*,

> *«Dois métodos diversos se podem seguir nestas Lições. O Primeiro consiste em dispor os conhecimentos já descobertos, e averiguados, pela ordem Doutrinal, e Sintética, de sorte que façam um encadeamento natural; e se apresentem ao entendimento do modo mais fácil, e vantajoso. O Segundo consiste em seguir os passos dos mesmos Inventores; ajuntado primeiro as Observações de todos os Fenómenos; e entrando depois na indagação das causas deles, pela mesma cadeia de tentativas, e raciocínios, por onde se chegou, ou podia chegar aos verdadeiros conhecimentos, que hoje possuímos.»* [Estatutos 1772, v.3 p.191]

Pela maravilha, espectacularidade e grandeza dos fenómenos que estudava a astronomia era considerada, dentro do vasto campo das ciências físico-matemáticas, como a mais importante – *«l'Astronomie est une dês science qui font le plus d'honneur à l'esprit humain»*. É nesta medida que o *'método dos inventores'*, como D'Alembert lhe chama[18], desempenha um papel importante no seu estudo pois tem a vantagem de expôr ao aluno às dificuldades e aos problemas das investigações passadas e de como os cientistas anteriores os enfrentaram e resolveram, podendo assim ajudá-lo a ultrapassar situações semelhantes,

> *«Cette méthode, outre les advantages qu'elle a par elle-même, peut fournir encore des observations très philosophiques sur les développements de l'esprit*

[18] *«Si quelque science mérite à tous égards d'être traitée selon la méthode des inventeurs, ou du mois selon celle qu'ils ont pu suivre, c'est sans doute l'Astronomie. Rien n'est peut-être plus satisfaisant pour l'esprit humain, que de voir par quelle suite d'observations, de recherches, de combinaisons et de calculs les hommes sont parvenus à connoitre le mouvement de ce globe qu'ils habitent, et celui des autres corps de notre système planétaire.»* [D'Alembert 1759a, p.145].

> *humain, et sur la manière dont il procède dans ses recherches»* [D'Alembert 1759a, p.146]

Contudo, o autor dos Estatutos tal como o matemático e filósofo francês preterem-no,

> *«Sem embargo porém de que resultariam grandes vantagens de conduzir os Estudantes pelo método os Inventores, como se eles mesmos houvessem de criar a Astronomia; contudo sendo este método mais longo, e dilatado; e tirando-se da lição da História desta Ciência as vantagens que dele podiam resultar: O Lente seguirá o Primeiro dos referidos métodos nas suas Lições; apresentando os conhecimentos Astronómicos de modo, que os Discípulos, ajudados das luzes adquiridas nos Anos precedentes, possam com a maior brevidade fazer uma descrição exacta de todos os Astros; e estabelecer metodicamente pela razão, e observação as Leis, e Regras dos seus movimentos»* [Estatutos 1772, v.3 p.191].

A lentidão inerente ao método acabava em vez de ajudar por prejudicar o ensino de uma ciência cujos avanços são rápidos e constantes,

> *«Mais si l'Astronomie est une des sciences qui font Ie plus d'honneur a l'esprit humain, l'Astronomie physique est une de celles qui en font Ie plus a la Philosophie moderne. La recherche des causes des phénomènes célestes, dans laquelle on fait aujourd'hui tant de progrès, n'est pas d'ailleurs une spéculation stérile, et dont le mérite se borne a la grandeur de son objet et a la difficulté de le saisir. Cette recherche doit contribuer encore très efficacement à l'avancement rapide de l'Astronomie proprement dite. Car on ne pourra se flatter d'avoir trouvé les véritables causes des mouvements des planètes, que lorsqu'on pourra assigner par le calcul les effets que peuvent produire ces causes, et faire voir que ces effets s'accordent avec ceux que l'observation nous a dévoiles. Or la combinaison de ces effets est assez considérable, pour qu'il en reste encore beaucoup à découvrir ; par conséquence des qu'une fois on en connaîtra bien le principes, les conclusions géométriques que 1'on en déduira feront en peu de temps apercevoir et prédire même des phénomènes cachés et fugitifs, qui auront peut-être eu besoin d'un long travail pour être connus, démêles et fixés par l'observation seule.»* [D'Alembert 1759a, p.147]

O astrónomo Nicolas Louis de Lacaille (1713-1762)[19], cujo livro *Leçons Elémentaires d'Astronomie* (1746) foi adoptado para o ensino desta disciplina na Faculdade de Matemática, não considera a história da astronomia como uma mais valia, todo o enfoque histórico está excluído do seu livro: *«Nous n'avons parlé ni des différents systèmes du monde connus sous les noms de Ptolémée, de Tycho, etc... parce qu'ils ne méritent plus aujourd'hui de trouver place ailleurs que dans un Traité de l'Histoire des différentes opinions des hommes.»* [Lacaille 1743, p.345][20].

Depois das aulas introdutórias da história da astronomia – *«pelas Épocas mais notáveis; isto é: Desde a sua origem até Hiparco: De Hiparco até Ptolomeu: De Ptolomeu até Albategnio: de Albategnio até Kepler: de Kepler até Newton: E de Newton até o presente»* –, estudavam-se as noções fundamentais da trigonometria esférica e da resolução dos triângulos esféricos, terminando com *«o uso das Analogias Diferenciais, em que se mostra a relação, que entre si tem as pequenas variações dos mesmos Triângulos, com grande vantagem para as Operações Astronómicas»*. Embora fosse como a trigonometria plana, estudada no 1^o ano, um ramo da geometria, a trigonometria esférica só era estudada no 4^a ano por ser considerada uma propedêutica da astronomia propriamente dita, não sendo necessária para matérias leccionadas nos anos anteriores.

Depois da trigonometria esférica iniciava-se então o estudo propriamente dito da Astronomia, que se dividia em *'astronomia geométrica'* e *'astronomia física'*. Esta divisão também feita por D'Alembert é a usual da época, a primeira dizia respeito ao conhecimento descritivo dos fenómenos e a segunda ao estudo e explicação física desses mesmos fenómenos. Assim, segundo os Estatutos o ensino da astronomia devia ser focado em três pontos,

«I^o Adquirir o conhecimento dos Fenómenos, deduzido da observação: II^o

[19]Nicholas Louis de Lacaille (1713-1762), um dos principais astrónomos franceses do século XVIII, onde para além de uma intensa actividade científica, inciada no Observatório de Paris com Jacques Cassini (Cassini II) e Jean-Dominique Maraldi (Maraldi II), desenvolveu uma outra igualmente importante enquanto professor do Colégio de Mazarin (1740), para o qual redigiu uma série de compêndios – *Leçons Élémentaires* –, de matemática (1741), astronomia (1746), mecânica (1743) e óptica (1750). Foi eleito para a Academia das Ciências de Paris em 1741. Aquando do início da sua actividade astronómica esteve envolvido no levantamento geodésico de França (1739), tendo mais tarde participado na medição do meridiano de Paris (1743). Entre 1750 e 1754 esteve envolvido na expedição astronómica ao Cabo da Boa Esperança, onde procedeu à catalogação de cerca de 9766 estrelas do hemisfério sul (em 1756 a Academia Real das Ciências de Paris publicaria estas suas observações). Também fez inúmeras observações das posições da Lua, Vénus e Marte fundamentais para as tabelas astronómicas, em 1758 publica as suas famosas 'tabelas solares'. A par desta actividade observacional também se dedicou ao problema das longitudes. Foi também responsável pela elaboração das efemérides astronómicas – *Etat du Ciel*. Foi ainda membro de importantes academias científicas, tais como a de S. Petersburgo, Berlim, Estocolmo e da Royal Society de Londres, entre outras.

[20]Sobres este e outros livros adoptados para o ensino da astronomia na faculdade veja-se mais à frente neste capítulo a secção 5.3, bem como o capítulo 12.

> *Mostrar a razão física deles: III° Estabelecer em consequência da mesma razão as regras de Cálculo necessárias para determinar os mesmos Fenómenos para qualquer instante dado.»* [Estatutos 1772, v.3 p.192][21].

Estes 3 pontos deviam articular-se de tal maneira que os fenómenos que dependessem de uma mesma causa comum deveriam ser ensinados juntamente,

> *«para dar a razão deles ao mesmo tempo; porque assim haverá mais clareza no exame das coisas, que estão unidas pelo vínculo de uma razão comum; e se verá com mais facilidade, como de um mesmo princípio resultam tantas, e tão diversas aparências, e irregularidades no movimento dos Astros; as quais se não poderiam entender facilmente de outra maneira»* [Estatutos 1772, v.3 p.192].

Esta abordagem como veremos é precisamente a que Lacaille segue no seu compêndio.

Começava-se o estudo pela Astronomia Solar, que considerava o observador no centro dos movimentos planetários, o Sol, estudando-se o movimento dos planetas, as suas órbitas e anomalias e depois os cometas. Em seguida estudavam-se os fenómenos astronómicos mas considerados vistos da Terra – *«complicados com as diversas aparências, que resultam; do movimento diurno da mesma Terra; do seu movimento anual; da combinação de ambos; da posição do Observador em diferentes partes do Globo; e da refracção da luz na Atmosfera terrestre»* –, e depois a conversão dos dois sistemas de referência, *«com as Regras do Calculo necessárias para determinar as suas Longitudes, e Latitudes; tanto Heliocêntricas, como Geocêntricas, para qualquer instante dado»* [Estatutos 1772, v.3 pp.193-194]. Seguia-se o estudo do movimento dos satélites em relação aos seus planetas principais, com especial enfoque no sistema Terra-Lua.

O problema do movimento da Lua era um dos maiores problemas teóricos que a astronomia à época enfrentava pois estava intimamente ligado ao problema dos três corpos (veja-se o capítulo 13). Monteiro da Rocha bem ciente desse facto sublinha-o – *«a Teórica da Lua é a mais difícil, e a mais importante»* –, recomendando algum cuidado por parte do professor no ensino desta matéria,

> *«explicando do modo mais elementar, que for possível, os métodos de aproximação, de que se tem servido os Geómetras da primeira ordem, para aplicarem a dita resolução à Teórica da Lua; e para deduzirem do único*

[21] Confronte-se com o que escreve D'Alembert no capítulo *"Astronomie"* no Essai [D'Alembert, 1759a, pp.145-160].

princípio da Gravitação Universal, não somente os Argumentos, de que dependem todas as suas Equações, mas também a quantidade das mesmas Equações, que pela sua mútua complicação se não podiam deduzir das observações» [Estatutos 1772, v.3 p.194].

Por último eram estudados os eclipses do Sol e da Lua, fenómenos intimamente relacionados com os métodos de determinação de longitudes (veja-se o capítulo 14), bem como as ocultações de estrelas e os trânsitos de Vénus e Mercúrio, estes últimos importantes para o cálculo da paralaxe solar fundamental para a precisão das tabelas e efemérides astronómicas.

Por fim os Estatutos tratam e articulam uma parte importantíssima desta cadeira, o ensino da prática astronómica a realizar no Observatório. Pretendia-se que os alunos adquirissem conhecimentos no uso dos instrumentos para as observações e destreza nos cálculos astronómicos,

«Em todo este curso se ajuntará sempre a Teórica com a Prática: Fazendo-se adquirir aos Ouvintes o habito e prontidão necessária nos Cálculos Astronómicos, e na Pratica das Observações.»

É realmente um ponto inovador na Reforma Pombalina da Universidade a importância dada à observação, à experimentação e à aplicabilidade dos conhecimentos teóricos e que tão bem se expressa nesta cadeira. A preocupação com as aulas no Observatório é tal que se estipula uma multa ao estudante que a elas faltar sem justificação justa, *«perderá 10 cruzados para a arca da Faculdade.»*

5.2.5 A cadeira extraordinária de *Desenho e Arquitectura*

Na Faculdade havia ainda uma cadeira extraordinária de *Desenho e Arquitectura*, com o propósito de dar aos alunos do *'curso mathematico'* noções fundamentais de desenho, bem como de arquitectura civil e militar[22]. Na verdade qualquer aluno da Universidade

[22] Esta cadeira devia ser frequentada no 3^o ou 4^o ano do curso. O provimento do professor para a cadeira revelou-se bastante difícil, durante muitos não chegou mesmo a ser leccionada. Em 5 de Outubro de 1773 é pedida a indicação de um professor para provir a cadeira de Desenho e Arquitectura: *«Para a Cadeira extraordinária de Desenho, e Arquitectura, ordenada pelos estatutos Novíssimos dessa Universidade, e que V. Exa. Julga ser já indispensável, será necessário que V. Exa. com a sua costumada circunspecção procure saber se há por essas partes alguns Sujeitos, entre os quais se possa fazer escolha de um que seja hábil, e capaz para ser Professor dela. (...) E quando V. Exa. não o descubra, ou tenha nisto maior dificuldade; será preciso que por cá se procure; e com aviso de V. Exa. se entrará na diligência de o descobrir com a brevidade, que for possível.»* [DRP 1937-1979, v.1 p.107]; em 15 de Dezembro de 1773 o Marquês não aceita a sugestão, entretanto aventada por Francisco de Lemos, do italiano Stopani e manda suspender o provimento da cadeira: *«O Romano Stopani, que V. Exa. apontou para interinamente ensinar o Desenho e Arquitectura na Universidade, em quanto não volta a este Reino o nosso Português, que em Bolonha está aprendendo com muito*

a podia frequentar, contudo só os alunos das ciências eram especialmente incentivados à sua frequência (por exemplo, no caso dos futuros médicos, *«por lhes ser o Desenho muito útil, para poderem, quando necessário, executar por si mesmos as Estampas Botânicas, e Anatómicas»* [Estatutos 1772, v.3 p.167]). O seu carácter extraordinário justificava-se *«por não haver nestas Artes aquela exactidão Matemática, que têm as ciências acima referidas [as outras disciplinas matemáticas] governando-se mais pelo gosto, do que pela demonstração»* [Estatutos 1772, v.3 p.167].

O seu estudo compreendia as noções fundamentais de perspectiva, bem como noções para o desenho de seres vivos e da Natureza, *«ajuntando o modo de preparar as tintas, de dar aguadas, etc.»* Na parte do desenho arquitectónico, tanto o civil como o militar, o objectivo era fornecer aos alunos os rudimentos do desenho e leituras de plantas e alçados, bem como dos diferentes tipos de edificações de fortificação militar. Por fim ainda se davam ensinamentos sobre a *«praxe do risco das Cartas Geográficas, e Topográficas»*[23].

No que toca à avaliação da cadeira o professor remeteria para o Reitor informação sobre o progresso e aprovação dos alunos que a tinham frequentado, sendo depois passada uma carta de frequência. Depois de avaliados os seus desenhos por quatro Lentes de Matemática os alunos poderiam requerer uma carta de aprovação.

5.2.6 As cadeiras de *Filosofia Racional e Moral, História Natural e Física Experimental*

Do curso de matemática constava mais três cadeiras obrigatórias ministradas na Faculdade de filosofia: *Filosofia Racional e Moral*, *História Natural* e *Física Experimental*[24].

A cadeira de Filosofia Racional, e Moral, cadeira do 1^o ano do *Curso Philosofico*,

adiantamento; não é capaz para dar úteis lições destas artes, e seria dar-lhe princípio na Universidade com um mau Mestre. E não havendo nesta Corte nenhum outro, que possa aproveitar-se; devem os suspender o Provimento desta cadeira, em que quanto o nosso Português não se recolhe a este Reino, acabado que seja o Curso dos seus Estudos, ao qual só resta o tempo de ano e meio. Pouco sensível será esta demora pela utilidade de ganharmos um Professor, que é óptimo, e já entre os italianos causa admiração» [DRP 1937-1979, v.1 p.116]. Segundo Castro Freire só a partir de 1836 é que se começou a dar mais atenção ao problema da falta de professores que a cadeira sempre apresentou, sendo em 1840 instituído um concurso para seu provimento. Mas, só em 3 de Novembro de 1856 é que passou a ter um professor próprio (Luís Augusto Pereira Bastos) e se regularizou o seu ensino [Castro Freire 1872, p.90]. Humberto Gabriel Mendes contudo afirma: *«A cadeira de Desenho, que na Universidade não chegou a ser provida em tempo de Pombal, não deixou de ter, quanto aos cartógrafos, quem a desse, pois Miguel Ciera, óptimo desenhador, se encarregou de ministrar os conhecimentos e prática suficiente aos seus alunos.»* [H. Mendes 1965].

[23] Machado de Castro no seu *'Discurso sobre a utilidade do desenho'*, dedicado à Rainha, proferido em 24 de Dezembro de 1787, enuncia as áreas de intervenção do desenho: da matemática à física, anatomia, botânica, geografia, cartografia, topografia, belas artes e manufactura, religião, história natural, artes e ciências militares, arquitectura naval [Miguel Faria 2001, p.53].

[24] Estas cadeiras são tratadas em [Estatutos 1772, v.3 pp.233-239], [Estatutos 1772, v.3 pp.239-244] e [Estatutos 1772, v.3 pp.245-250], respectivamente.

era pré-requisito para os alunos de matemática,

> *«Sendo a Filosofia dividida em três grandes Partes, que são a Racional, Moral, e Natural: E tendo Eu determinado para bem dos Estudos Gerais da Nação, que na Universidade haja um Curso Filosófico completo, que corresponda perfeitamente aos Estabelecimentos das outras Faculdades, de sorte que nele se possam instruir mais plenamente»* [Estatutos 1772, v.3 p. 231]

Compreendia o estudo da lógica – *«A primeira parte da Filosofia Racional [...] mostrando que as proposições não ficam já demonstradas, por se dizer que o estão, e que de nada vale a forma acessória, e o exterior Geométrico de definições, teoremas, corolários, etc. quando se aplica a princípios vagos, faltos da exactidão escrupulosa das Verdades Matemáticas»* [Estatutos 1772, v.3 p.234] –, metafísica, ontologia, direito natural e ética.

A História Natural, até finais do século XVIII, é vista como a ciência de análise e investigação da natureza, abrangendo todo um espectro de fenómenos que vão desde a mineralogia, passando pelas plantas e animais, até ao próprio Homem. Esta ideia vasta de natureza no século XVIII que Calafate sintetiza da seguinte maneira: *«A relação do homem com a natureza supõe a sua relação com a matéria e com o ser físico dos objectos, mas supõe, pelo que acabámos de dizer, também uma relação com Deus: uma presença/ausência de deus nas criaturas, que determinará que Deus esteja no mundo, mas que o mundo não se possa identificar com Ele. Não há distância nenhuma entre Deus e as criaturas, mas há uma distância entre as criaturas e Deus. [...] O Deus de que se fala em nada se opõe ao progresso da civilização e da história, nem tão pouco à dignificação da existência material do homem. O «finalismo utilitário» das criaturas, elemento fundamental da física teológica, determina bem essa «obrigação» do homem em tomar posse da natureza física, pondo-a ao seu serviço e percorrendo as etapas da civilização e história. Assim, o desrespeito pela natureza (física) será também um desrespeito pela vida humana.»* [Pedro Calafate 1994, p.22]; está no cerne da obrigatoriedade da cadeira de História Natural ser, também, cadeira obrigatória para os estudantes de teologia.

O objectivo da cadeira de História Natural era fornecer aos estudantes, *«uma ideia da natureza e constituição do Mundo em geral e do Globo terrestre em particular»*, compreendendo para isso o estudo de toda a natureza, exceptuam-se as partes correspondentes à *'Física do Corpo Humano'* (Medicina) e à *'Filosofia da Quantidade'* (matemática) cujo estudo era feito nas respectivas Faculdades,

> *«E ainda que a História Natural compreende todo o Universo; limitando-se contudo aos objectos mais vizinhos ao Homem, e mais necessários ao uso da vida; dividirá as suas Lições em três Partes, segundo a divisão dos três Reinos da Natureza, que são o Animal, o Vegetal, e o Mineral»* [Estatutos 1772, v.3 p.240][25].

O seu estudo principiava-se pela zoologia, com a análise e sistematização das várias classes e ordens do reino animal; à qual se seguia o estudo do reino vegetal (botânica) e finalizava-se com a mineralogia, que tinha por objecto *«o conhecimento, e propriedades observadas, das diferentes espécies de terras; pedras; sais; substancias inflamáveis; e em geral de todos os corpos inanimados, e destituídos de órgãos sensíveis, que se acham na superfície, e nas entranhas da Terra»* [Estatutos 1772, v.3 p.243]. Como este estudo deveria ser feito alicerçado numa grande componente observacional e prática, os Estatutos previam a criação do *'Gabinete de História Natural'*, do *'Jardim Botânico'*, do *'Gabinete de Fysica Experimental'* e do *'Laboratório Chimico'* [Estatutos 1772, v.3 pp.264-270].

Na cadeira de Física Experimental a componente experimental, *«que é uma observação mais subtil, procurada por artifício para descobrir o véu da Natureza»*, é reforçada[26]. Esta noção de experiência como uma observação mais subtil do real, que se aprofundará na quantificação e na aplicação das ferramentas de cálculo postas à disposição pela matemática, está bem patente em toda a articulação do programa desta cadeira com o programa da cadeira de Foronomia, da Faculdade de Matemática,

> *«Mostrará [o professor] as qualidades, e requisitos necessários para se estudarem frutuosamente as Lições desta Ciência; e dará uma ideia geral da sagacidade, e atenções, que se devem aplicar na Arte de fazer as Experiências; como se hão-de repetir, e combinar; como se hão-de distinguir os factos acessórios, dos principais; como se hão-de distinguir os efeitos complicados de uma Experiência, por meio de outras experiências parciais, que excluam sucessivamente as circunstâncias da primeira; e como se deve fazer uso da Razão; para se conjecturar o efeito antes de o experimentar; e para se escolherem as circunstancias, em que se devem fazer experiências decisivas, e isentas de toda a equivocação.»* [Estatutos 1772, v.3 p.245].

Esta mesma articulação é afirmada por D'Alembert, na *Encyclopédie para o verbete 'expérimentale'*,

[25] *«l'histoire naturelle à la description détaillée des végétaux, des animaux, et des minéraux»*, [D'Alembert 1759b, p.xxxii].

[26] Sobre o ensino da física experimental na Universidade ede Coimbra, vejam-se: [Rómulo de Carvalho 1978] e [Rómulo de Carvalho 1982].

«On appelle Philosophie expérimentale, celle qui se sert de la voie des expériences pour découvrir les lois de la Nature [...] Le premier objet réel de la physique expérimentale sont les propriétés générales des corps, que l'observation nous fait connoître, pour ainsi dire, en gros, mais dont l'expérience seule peut mesurer & déterminer les effets ; tels, sont, par exemple, les phénomenes de la pesanteur. Aucune théorie n'auroit pû nous faire trouver la loi que les corps pesans suivent dans leur chûte verticale, mais cette loi une fois connue par l'expérience, tout ce qui appartient au mouvement des corps pesans, soit rectiligne soit curviligne, soit incliné soit vertical, n'est plus que du ressort de la théorie; & si l'expérience s'y joint, ce ne doit être que dans la même vûe & de la même manière que pour les lois primitives de l'impulsion.» [Encyclopédie 1751-1772, v.6 p.298].

Embora Rómulo de Carvalho tenha alguma razão ao afirmar que,

> *«A Física Experimental estudada na Faculdade de Filosofia correspondia, pela sua elementaridade, àquele saber a que os franceses na época chamavam "La Physique des Enfants". Havia, porém, a outra Física, mais elaborada, que recorria à Álgebra e ao Cálculo Integral e Diferencial, e que já não era ilustrada pelas experiências. Era "La Physique des Savants". A Reforma Pombalina atendeu a essa Física que necessitava de tratamento matemático, mas incluiu-a na Faculdade de Matemática, no 3.º ano do respectivo curso»* [Rómulo de Carvalho 1985b]

A verdade é que o papel da experiência requerido pelos Estatutos ia mais além do que a simples recriação e simulação dos fenómenos, parecendo-nos que de certa maneira a vertente quantitativa já se encontrava presente,

> *«Para que as Lições de Física, [...] se façam com o aproveitamento necessário dos Estudantes; os quais não somente devem executar as Experiências, com que se demonstram as verdades até o presente conhecidas na mesma Física; mas também adquirir o hábito de as fazer com a sagacidade, e destreza, que se requer nos Exploradores da Natureza; haverá também na Universidade uma Colecção das Máquinas, Aparelhos, e Instrumentos necessários para esse fim»* [Estatutos 1772, v.3 p.267].

O estudo da física experimental compreendia o estudo das propriedades gerais dos corpos e dos efeitos da acção que eles exercem uns sobre os outros, *«mostrando as Leis do equilíbrio, e do movimento simples, e composto: explicando os Fenómenos da gravidade; da aceleração dos graves»* (movimento em planos inclinados e sobre diversas curvas), e o estudo dos projécteis e dos pêndulos simples e compostos. Seguia-se o estudo dos centros de gravidade e da rotação dos corpos, bem como os choques dos corpos moles, duros e elásticos.

> *«Le mouvement est donc un des principaux objets de la Physique»* [Encyclopédie 1751-1772, v.12 p.539] (veja–se também [D'Alembert 1759a, pp.179-186].

Na parte da dinâmica eram estudadas as máquinas simples, a fricção e as forças centrais. No estudo dos fluidos estudava-se a gravidade específica, a oscilação dos corpos flutuantes, máquinas e arquitectura hidráulicas. Seguia-se o estudo da luz e do som. O estudo da física experimental terminava com exemplos e experiências sobre problemas de arquitectura civil, naval e militar.

Os Estatutos estipulavam aulas teóricas intercaladas com aulas práticas. Contudo, segundo Rómulo de Carvalho, não era isto que se passava, o professor acompanhava as aulas teóricas com as experiências elucidativas para a matéria em causa [Rómulo de Carvalho 1978, p.19].

A importância desta cadeira no curso de matemática era muito reforçada, pois como vimos os Estatutos afirmavam que a experiência servia para induzir as leis fundamentais que depois se generalizariam com o cálculo, sistematizando-as em leis seguras e verdadeiras das quais se deduzirão depois todas e quaisquer particularidades,

> *«o principal fruto das experiências, em que se deve empenhar o Professor, é descobrir as Leis gerais, que segue a Natureza nas suas operações; e preparar os princípios das Ciências Físico-Matemáticas [...]. Pelo que será da competência da física mostrar os Princípios susceptíveis da aplicação da Geometria: Deixando a esta Ciência acabar o resto, e deduzir deles as consequências complicadas com as chaves do Cálculo. E como em poucas matérias da Física se tem achado, e generalizado até o presente Princípios simples, e luminosos, que admitam a Geometria, deverá a Física continuar as suas indagações até os achar»* [Estatutos 1772, v.3 p.247].

A este propósito escreve D'Alembert,

> *«Tel est le plan que nous devons suivre dans cette vaste partie de la physique appelée physique générale et expérimentale. Elle diffère des sciences physico-mathématiques, en ce qu'elle n'est proprement qu'un recueil raisonné d'expériences et d'observations; au lieu que celles-ci, par l'application des calculs mathématiques à l'expérience, déduisent quelquefois en une seule et unique observation un grand nombre de conséquences qui tiennent de bien près, par leur certitude, aux vérités géométriques.»* [D'Alembert 1751, p.vii].

Um exemplo muito elucidativo desta interligação da experiência com a teoria é o estudo e investigação dos fenómenos hidrodinâmicos, pois como D'Alembert reflecte, *«Lorsque les effets de la nature sont trop compliqués et trop peu connus pour pouvoir être soumis à nos calculs, l'expérience est le seul guide qui nous reste; nous ne pouvons nous appuyer que sur des inductions déduits d'un grand nombre de faits.»* [D'Alembert 1759a, p.172].

5.3 Os compêndios adoptados na *Faculdade de Mathematica*

Vejamos agora os compêndios que foram adoptados na Faculdade de Matemática, inicialmente adoptaram-se 10, todos de autores franceses, sendo que 7 foram traduzidos para português.

Para os dois primeiros anos do curso adoptaram-se os volumes referentes à aritmética, à trigonometria plana, à álgebra e ao cálculo do *Cours de Mathématiques à l'usage des Gardes du Pavillon et de la Marine* (Paris, 1764-69), de Étienne Bezout (1730-1783) [Bezout 1764-69] e ainda os *Elementos de Euclides*, para o ensino da geometria.

Bezout fora nomeado, em 1 de Outubro de 1764, professor e examinador da Academia da Marinha Francesa (Gardes du Pavillon et de la Marine), pelo ministro competente, o Duque de Choiseul. Aquando dessa nomeação é-lhe também confiada a missão de redigir um curso completo de matemática para os alunos dessa escola, escrevendo nos 5 anos que se seguem o seu famoso *Cours de Mathématiques*[27]. Este *Cours* é composto por 6 volumes:

1. *Eléments d'Arithmétique* (1764);

2. *Élémens de Géométrie, la Trigonométrie rectiligne, & la Trigonométrie sphérique* (1765);

3. *Algèbre & l'application de cette Science à l'Arithmétique & à la Géométrie* (1766);

4. *Les Principes généraux de la Mécanique, précèdes des Principes de Calcul qui servent d'introductions aux Sciences Physico-Mathématiques* (1767);

[27] No prefácio ao 1^{o} volume Bezout escreve: *«Le Cours de Mathématiques dont nous donnons aujourd'hui la première partie, doit rassembler les connaissances élémentaires que M. de Duc de Choiseul a jugé nécessaire d'exiger des Gardes du Pavillon e de la Marine, avant de les admettre au rang d'Officiers de Vaisseaux.»* [Bezout 1764-69, v.1 p.v]. Sobre a vida e obra de Bezout veja-se [Liliane Alfonsi 2005].

5. *Contenant l'application des Principes généraux de la Mécanique, à différents cas de Mouvement & d'Equilibre* (1767);

6. *Le Traite de Navigation* (1769).

Mais tarde, entre 1770 e 1772, escreverá um outro curso especialmente destinado ao ensino da escola de artilharia – *Cours de Mathématiques à l'usage du Corps Royal de l'Artillerie* (4 volumes) [Bezout 1770-72] –, fortemente baseado no anterior. Sendo os 2 primeiros volumes na prática os 3 primeiros volumes do curso da marinha (a trigonometria esférica matéria ensinada para a marinha não fazia parte do currículo dos artilheiros). A maior diferença está nos 3^o e 4^o volumes dedicados à mecânica, neles desenvolve com mais profundidade outros temas que aborda superficialmente (ou não aborda de todo) no curso da marinha (por exemplo, o movimento dos projécteis). O 6^o volume, o *Traité de Navigation*, foi suprimido por nele seram abordadas matérias específicas à marinha e que não faziam sentido num curso de artilharia.

Os 4 volumes do curso dos artilheiros são:

1. *Arithmétique, Géométrie et Trigonométrie rectiligne* (1770);

2. *Algèbre et applications de l'Algèbre à la Géométrie* (1770);

3. *Principes généraux de la Mécanique et de l'Hydrostatique précédés des principes de calcul qui servent d'introduction aux Sciences Physico-Mathématiques* (1772);

4. *Application des principes généraux de la Mécanique à différents cas de Mouvement et d'Équilibre* (1772).

Com estes dois *'Cours'* Bezout pretendia renovar e unificar o programa de ensino das ciências matemáticas, o seu sucesso foi tal que se tornou, não só em França mas também no estrangeiro, durante todo o século XVIII e parte do seguinte, um dos mais famosos cursos de matemática destinados ao ensino [R. Hahn 1964]. Em Portugal os livros de Bezout foram adoptados não só na nova Faculdade de matemática, bem como nas academias militares que entretanto seriam criadas [H. Henriques 2004].

Apesar de Bezout dedicar dois volumes aos *'Principes generaux de la Mechanique'* nenhum deles foi adoptado para a cadeira de Foronomia, apesar de ser evidente a sua influência no programa desta cadeira.

Para a cadeira de Foronomia e Astronomia (3^o e 4^os anos) foram escolhidos 4 outros autores: Joseph François Marie (1738-1801) para o estudo da mecânica dos corpos rígidos, com a tradução para português do seu *Traité de Mechanique* (Paris, 1774); Charles Bossut (1730-1814) para o estudo da mecânica dos fluidos, com a tradução para português do seu *Traité ÉLémentaire d'Hydrodynamique* (2 vols.) (Paris, 1771); e Lacaille, com 2 obras: uma para o estudo da óptica – *Leçons Elementaires d'Optique* (Paris, 1750) –, e outra para o ensino da Astronomia – *Leçons Elémentaires d'Astronomie Géometrique et Physique* (Paris, 1746). Para esta última cadeira também seria adoptado o livro de astronomia, de Jérôme Lalande (1732-1807) – *Astronomie*, cuja 1ª edição data de 1764.

Embora a escolha destes primeiros manuais tivesse um carácter provisório[28] para suprir as necessidades imediatas de uma Faculdade que se criava de raiz, a verdade é que o provisório se tornou mais ou menos definitivo e durante cerca de 50 anos foram estes os compêndios que serviram ano após ano para as aulas, apesar de ter havido, entretanto, na década de 1780, algumas tentativas de mudança.

As primeiras disposições estatutárias acerca dos compêndios requeridos para as aulas na nova Universidade aparecem logo no primeiro Livro, do *Curso Theologico*. São disposições sobre os compêndios para a Teologia, mas que se tornam em muitos pontos extensivas aos outros cursos e Faculdades[29]. Dispunham os Estatutos que cada um dos professores deveria escrever para as suas aulas um compêndio em latim, *«Será o mesmo Compendio escrito na Língua Latina, por ser esta a Língua comum dos Sábios, e das Ciências (...)»*. Deveria ser um compêndio claro e breve, escolhido com o critério de excelência, por onde as matérias pudessem ser efectivamente ensinadas no decurso do ano lectivo a que correspondiam. Não sendo permitido o seu ditado nas aulas de modo a não incentivar o velho hábito das postilas e comentários em sebentas. Consideravam os Estatutos que em virtude da reforma curricular que se instituía, não havia compêndio antigo que pudesse servir para as aulas e como não era exequível a sua escrita a tempo do começo das aulas, mandavam que se escolhessem os que deveriam ser adoptados. Em relação à Faculdade de Matemática os Estatutos prosseguiam no sentido do que já haviam disposto para as outras Faculdades, alertando para que se evitasse considerá-los como escolhas inabaláveis. A escrita e a escolha dos manuais é uma grande preocupação dos reformadores, pois era um assunto considerado vital para um ensino que se queria de excelência, baseado num programa curricular moderno, assente em bons autores e complementado com um corpo docente rigoroso

[28] *«principiarão os Lentes a fazer as Lições pelos Autores, que eu for servido ordenar provisionalmente. E para o futuro se tomará a deliberação na Congregação da Matemática sobre a mudança, que nisso possa haver.»* [Estatutos 1772, v.3 p.164].

[29] Como já expusemos os Estatutos entrelaçam ao longo dos 3 volumes vários assuntos e disposições legais, revogando uns e aumentando outros. Sendo frequente ler-se *«Disposição, que em geral se entenderá a respeito de todas as outras Faculdades»*. Embora este 1º volume seja dedicado ao curso Teológico a verdade é que há muitos assuntos aí tratados que se tornam extensivos aos demais cursos e Faculdades. Assim, em relação aos compêndios e livros adoptados para as cadeiras da Faculdade de Matemática, devem-se consultar os Estatutos dos cursos Teológico e Médico, para além, evidentemente, dos Estatutos do curso Matemático: Liv. I. Tit. III. Cap. II. §§.73-84; Liv. I. Tit. VI. Cap. I. §§.8-18; Liv. III. Part. I. Tit. II. Cap. II. §§. 12 e 14 e Liv. III. Part. II. Tit. III. Cap. II. §§.9-11.

e capaz tanto em termos científicos, como pedagógicos,

> *«Procurando-se sempre que os Tratados, que se houverem de explicar, sejam feitos de um modo conciso, e elementar; e contenham os Métodos mais eficazes, e sublimes, que forem conhecidos; de sorte, que quem por eles fizer o seu Curso, fique habilitado para entender sem obstáculo os Escritos mais profundos, que houver nestas Ciências. (...) O Lente, que achar não haver Tratado impresso, no qual se contenham as Ciências relativas à sua Cadeira, de uum modo conforme ao espírito destes Estatutos, poderá compô-lo. E fendo aprovado na Congregação, por ele fará as suas Lições. E a mesma Congregação, vendo que assim é conveniente, poderá encarregar a algum, ou alguns dos seus Deputados a competição dos referidos Tratados, e a sua reformação para o futuro: Formalizando por miúdo o Plano, ordem, método, e mais circunstancias, e condições, que neles se há-de guardar, para facilitarem o Estudo, e produzirem Matemáticos profundos, e úteis ao progresso, adiantamento, e perfeição das Ciências, e das Artes, que delas dependem.»* [Estatutos 1772, v.1]

Caberia à Congregação da Faculdade a aprovação, ou não, dos livros para uso nas aulas, bem como posteriores deliberações relativas a aditamentos, ou a eventuais substituições.

Quanto à escrita dos manuais foi o latim a língua instituída, facto que não deixa de criar alguma admiração, pois os Estatutos reconhecem que na Matemática tanto a língua francesa, como a inglesa se começavam a afirmar.

A preocupação com a escolha dos compêndios para as aulas, como posteriores questões com eles relacionados, mereceu por parte do legislador, como se vê, uma especial atenção. Mas apesar da adopção dos primeiros manuais tivesse um carácter provisório, para suprir as necessidades imediatas de uma Faculdade que se criava de raiz, a verdade é que o provisório se tornou mais ou menos definitivo e durante cerca de quase 50 anos foram os compêndios de Bezout, Lacaille e Lalande usados nas lições. Na verdade, em 1786, a Rainha exige o cumprimento dos Estatutos, exigindo aos professores que escrevam os compêndios para as suas cadeiras,

> *«Sua Majestade (...) tendo visto que no espaço de catorze anos, com admiração das Universidades Estrangeiras, não tenha a de Coimbra produzido à Luz escrito algum, que faça ver os Progressos dela; e se esteja servindo de Livros adoptados, quando já os podia ter próprios: Manda resolutiva, e definitivamente, que V. Exa. declare às Congregações das Faculdades Académicas que em cada uma delas se trate sem perda de tempo da Composição do Seu Compendio próprio para servir ao uso do Ensino Publico*

> *das Suas Aulas (...) E é outro Sim Sua Majestade Servida, que em cada mês, sem irrupção (sic) alguma, os encarregados dos Compêndios levem as Suas Composições às Congregações das Suas Faculdades, e com elas dêem conta dos Seus progressos, para V. Exa. a dar a Sua Majestade (...) V. Exa. fará presente nas Congregações das Faculdades Académicas, para que assim se execute, e cuja execução a mesma Senhora há a V. Exa. por muito recomendada.»*, C. R. de 26-9-1786 [DRP 1937-1979, v.2 p.98].

A Faculdade de Matemática, reunida em Congregação (27-11-1786), considera que cumpre os Estatutos com os manuais que havia adoptado cerca de 14 anos antes,

> *«Nesta Congregação, depois de se lerem duas Cartas Régias, se determinou que a Faculdade havia de representar a S. Majestade, que tudo aquilo que está determinado nos Estatutos a respeito dos compêndios da faculdade de matemática, se tem até ao dia de hoje rigorosamente observado, e nunca houve da parte dela nenhuma omissão a esse respeito (...) no desprezar com que S. M. olhava para a Universidade não se compreendia a Faculdade de Matemática, por quanto ela nunca mostrou a esse respeito omissão alguma (...)»* [ACFM 1982-83, v.1 p.43][30]

Não foi esse o entendimento superior,

> *«Está na certeza [a Rainha] de que sendo os Livros pelos quais actualmente se ensina na dita Faculdade meramente provisionais; e recomendando-se nos mesmos Estatutos, que não haja livro fixo para as Lições Elementares; que na Congregação se delibere sobre a mudança que nisto possa haver; e que o Lente, que não há Tratado Impresso, que corresponda às ciências relativas a sua cadeira, de um modo que seja conforme ao Espírito dos referidos Estatutos, o possa compor; alem das outras sábias ponderações, que a respeito dos novos descobrimentos que cada dia se fazem, inventam, e aperfeiçoam, se estão lendo nos mesmos Estatutos; está vivamente persuadida que esta Faculdade se acha na justa necessidade de compor Tratados que encham os Objectos dos seus Estatutos; e sirvam para o Ensino Público debaixo das Regras, que os mesmos Estatutos recomendam.»* Aviso Régio de 12-1-1787 [ACFM 1982-83, v.1 pp.47-9]

Assim, a Congregação de Matemática, reunida a 7 de Fevereiro de 1787, delibera que Monteiro da Rocha escreveria todos compêndios, começando desde logo pelo de

[30] Acta da Congregação de 27 de Novembro de 1786, assinada pelo Reitor, Principal Castro, e pelos professores Monteiro da Rocha, Coelho da Maia e Manuel José Pereira da Silva.

Astronomia, com excepção de um compêndio de Geometria, alternativo aos *Elementos de Euclides*, destinado especificamente aos alunos Obrigados dos outros cursos. A sua a redacção ficaria a cargo de Coelho da Maia [ACFM 1982-83, v.1 p.53].

Na Congregação, de 31 de Março de 1787, Monteiro da Rocha e Coelho da Maia dão conta do seu trabalho,

> *«O Doutor José Monteiro da Rocha, disse o seguinte: que ele não tinha escrito coisa alguma, mas que tinha todo o material da obra, e que cuidava em ajuntar; e não o tinha ainda feito por querer que a Congregação elegesse um dos três métodos, que expunha, e lhe parecia acertado a fim de principiar a sua composição; E a Congregação escolheu um deles, e conforme este escolhido se obrigou ele de tratar a matéria que devia entrar na sua composição; Ele também deu conta de outras miudezas relativas ao mesmo objecto; como são as figuras, e estampas que lhe haviam servir; e isto tudo foi determinado pela Congregação. O Doutor Manuel Joaquim da Maia disse o seguinte: Que o trabalho da regência da cadeira que substituía; o cuidado que ponha para cumprir bem as suas obrigações, respectivas a regência dela, lhe deixava pouco tempo para dar cumprimento as outras obrigações relativas a sua Composição; e que sobre isso apenas tinha algumas linhas e estas mesmas não determinadas, e escolhidas, como parte do que havia de servir para a composição; e não disse mais nada.»* [ACFM 1782-83, v.1 p.54].

Os referidos compêndios nunca seriam escritos. O Aviso Régio, de 26 de Setembro de 1786, no que diz respeito aos compêndios para as disciplinas da Faculdade de Matemática não foi cumprido[31]! Todas as traduções portuguesas dos livros inicialemente adoptados (os livros de Lacaille e de Lalande não foram traduzidos) seriam impressas entre os anos de 1773 e 1775 com a chancela da Imprensa da Universidade, que desde 1773 detinha o privilégio exclusivo da impressão dos livros de Euclides e de Arquimedes, bem como de outros das ciências matemáticas[32].

[31] Na Congregação de 5 de Abril de 1787, os referidos professores expuseram algumas dúvidas *«sobre o método que deviam seguir. A Congregação determinou decisivamente o que eles deviam não só praticar sobre este ponto, mas também sobre outros que se propuseram»*. Três anos depois, em 1790 (a 26 de Julho) os trabalhos pouco haviam avançado: *«Os Lentes encarregados dos Compêndios expuseram o adiantamento deles; quanto é possível visto terem a seu cargo a regência das Cadeiras, Exames, Actos, e as demais obrigações.»* Nos dois anos lectivos seguintes, 1790-91 e 1791-92, nada consta sobre este assunto nas Actas das 8 Congregações que entretanto se fizeram! A questão dos compêndios foi assunto também algo complicado as outras Faculdades, na verdade antes de 1790 não havia nenhum compêndio escrito em consequência do Aviso de 26 de Setembro de 1786. Para informações sobre os compêndios das outras Faculdades, veja-se [Rómulo de Carvalho 1963].

[32] O plano da Reforma da Universidade contemplava também uma nova Imprensa Académica por reestruturação da antiga *Real Officina da Universidade*, criada por D. João III em 1548. A Real

5.3.1 Os compêndios para a cadeira de Geometria

ELEMENTOS DE ARITHMETICA, de Bezout

A primeira matéria a ser estudada na cadeira de Geometria era, como vimos, a aritmética e para o seu ensino foi adoptado e traduzido o *Eléments d'Arithmétique* (1764), de Bezout [Bezout 1769-69, v.1] do qual se publicaram, em 1773, duas edições, uma em latim e outra em português,

> *– ELEMENTA // ARITHMETICÆ // AUCTORE // D. BEZOUT // REGIÆ SCIENTIARUM // Academiæ Parisinæ Sócio, etc etc. // Nune primum Latinè Reddita // [selo] // CONIMBRICÆ // TYPIS ACADEMICIS // [linha horizontal] // MDCCLXXIII // Jussu Regis. // CUM PRIVILEGIO*
>
> *– ELEMENTOS // DE // ARITHMETICA // POR // M. BEZOUT // DA ACADEMIA REAL // das Sciencias de Paris etc. etc. // Traduzidos do Francez. // QUARTA EDIÇÃO // [selo Real] // COIMBRA: // NA REAL OFFICINA DA UNIVERSIDADE. // MDCCLXXIII. // Por Ordem de Sua Magestade*[33]

Oficina funcionou até 1772 tendo sido suspensa por se tornar, segundo os reformadores, necessário criar uma *«nova e grandiosa imprensa»*. Por Provisão de 15 de Outubro de 1772 são destinados os claustros da Sé Velha para a instalação da nova Imprensa, em Julho de 1773 as novas instalações já estavam concluídas. Contudo, em Outubro de 1773 apesar de vários esforços a Imprensa ainda não estava capaz de imprimir os manuais destinados a esse ano lectivo, tendo por isso sido impressos em Lisboa na Tipografia Régia e depois enviados para a Universidade via porto da Figueira da Foz. Com a abolição dos estudos científicos e matemáticos no Colégio dos Nobres, em 10 de Novembro de 1772, dá-se a transferência do privilégio exclusivo, antes pertença do Colégio (C.R. 12-10-1765), da impressão dos *'Livros de Matemática e das Ordenações do Reino'* para a Universidade de Coimbra – *«Por quanto pela sobredita Abolição [. . .] Hei por bem transferir para a sobredita Universidade de Coimbra o mesmo Privilégio exclusivo para a impressão dos Livros de Euclides, Arquimedes, e outros Clássicos das Ciências Matemáticas»*, (C.R. 15-12-1773) [DRP 1937-1979, v.1 p.128]. Este *'privilégio régio'* passa a ser impresso em todos os livros de matemática impressos pela Universidade (o *Curso Completo de Mathematicas Puras,* de Francoeur, traduzido e publicado em 1838 ainda o inclui). Apesar desta lei a Universidade dá conta da existência em circulação de exemplares de Euclides impressos na Oficina Régia com data de 1790, apresentando por isso queixa ao Governo – *«Acto ilegal contrário às observadas disposições, e ofensivo do direito da Universidade, merece toda a consideração, é a conferencia obrigada a socorrer a esta Junta para que por ela se consulte a S. Majestade a fim de que a mesma Senhora dê sobre ele a merecida providência da Sua indefectível justiça para cessar não só os prejuízos da Universidade mas também o pernicioso escândalo da pública transgressão das leis. Em Conferência de 22 de Dezembro de 1792. Assinado João António Bezerra de Lima, Director; António Barneoud, Administrador.»* [AUC IV-1^{a}E-1-4-8]. Os primeiros livros impressos na tipografia universitária foram: *«dois volumes de Bezout, um de Lógica e Metafísica de Genuense, e o quarto de Van Espen»*, que o reitor enviou ao Marquês em 6 de Abril de 1774 [Silvestre Ribeiro 1871-1914, v.1 p.402] (veja-se também [Teófilo Braga 1898-1902, v.3 p.521]). Só em 9 de Janeiro de 1790 foi publicado o Alvará Régio com o primeiro Regimento da Imprensa da Universidade. No período que estudamos foram Directores da Imprensa da UC: António de Azevedo Morato (1773-1790), João António Bezerra de Lima (1790-1806) e o professor da Faculdade de Matemática José Joaquim de Faria (1807-1822) [Taveira da Fonseca 2001].

[33] Tiveram as seguintes edições, pela Imprensa da UC: 1773, 1784, 1795, 1801, 1805, 1816, 1826 e

A análise destas traduções será feita no próximo capítulo, neste debruçar-nos-emos sobre a estrutura e as matérias do original francês.

Os *Eléments d'Arithmétique* começam com uma clarificação e revisão das noções gerais sobre os números e a numeração, os únicos requisitos iniciais que o autor, tal como os Estatutos, pede aos alunos:

> *«Je ne suppose d'autre connaissance à mon Lecteur, que celle des noms des nombres & quelques autres idées aussi familières sur lesquelles j'établis les principes de la numérations, tant des nombres entiers que des décimales»* [Bezout 1769-69, v.1 p.x]

Segue-se o estudo das 4 operações aritméticas. Sendo depois estudados os números fraccionários (ou quebrados) e as operações aritméticas a eles relativas. Em seguida estudam-se os números quadrados e cúbicos e as regras da extracção das suas raízes. Logo depois Bezout aborda as proporções aritméticas e geométricas, que antecedem o estudo das propriedades das regras de três – regra de três directa e simples; regra de três inversa e simples; regra de três composta; regra de companhia; regra de falsa posição; regra de liga e outras regras relativas às proporções. Segue-se o estudo das progressões aritméticas e geométricas, parte que antecede o capítulo final sobre os logaritmos e as suas aplicações ao cálculo numérico.

A composição do compêndio reflecte bem as preocupações de Bezout com questões do foro pedagógico. Organizado de uma maneira simples e clara para que passo a passo o aluno possa acompanhar os conteúdos com clareza, Bezout recorre sempre a exemplos concretos para elucidar passos teóricos – *«On a donc fait en sorte de ne donner aux raisonnements que l'étendue nécessaire pour être bien entendus, et d'en éloigner ces attentions scrupuleuses qui vont jusqu'à démontrer des axiomes, et qui à force de supposer le lecteur inepte, conduisent enfin à le rendre tel.»* Esta preocupação com a clareza e explanação dos conceitos é bem do agrado de D'Alembert,

> *«Ainsi les axiomes, bien loin de tenir en Philosophie le premier rang, n'ont pas même besoin d'être énoncés. Que devons-nous donc penser des Auteurs qui en ont donné des démonstrations en forme? Un Mathématicien moderne, célébré de son vivant en Allemagne comme Philosophe, commence ses Elément de Géométrie par ce théorème, que la partie est plus petite que le tout, et le prouve par un raisonnement si obscur, qu'il ne tien droit qu'au Lecteur d'en doute.»* [D'Alembert 1759, p.26]

1842 [H. Henriques 2004, p.187].

No relatório que escreve como censor da obra D'Alembert destaca-o[34],

> *«Mr. Bezout nous a paru avoir bien rempli ces deux objets dans ce 1er volume qui ne contient encore que le Cours d'Arithmétique; il y expose toutes les règles de cette science avec beaucoup de clarté, quoique dans un assez petit espace; il les traite même souvent d'une manière qui lui est propre, et qui les rend très simples [...]. Nous ne devons pas oublier d'ajouter qu'en faveur de ceux qui désireront de s'instruire plus à fond, l'auteur joint aux propositions qu'il est nécessaire de savoir pour l'usage de la marine, d'autres vérités dont la connaissance, sans être indispensable pour cet objet, est très utile en elle même; mais ces vérités sont distinguées des autres par une marque particulière afin qu'on puisse les passer, si on juge a propos de s'en tenir au nécessaire absolu.»* [Liliane Alfonsi 2005, p.444]

No que diz respeito à estrutura das diferentes matérias e aos seus conteúdos, o livro e o articulado dos Estatutos estão em perfeita harmonia.

ELEMENTOS DE EUCLIDES

A seguir à aritmética estudava-se a geometria, à qual se seguia a trigonometria plana. Ambas as matérias fazem parte do *Cours* de Bezout – *'Seconde Partie Contenant les Élémens de Géométrie, la Trigonométrie rectiligne, & la Trigonométrie sphérique'* [Bezout 1764-69, v.2] –, porém para o estudo da geometria não foi adoptado mas sim os *Elementos de Euclides* (1768), que João Ângelo Brunelli havia traduzido para as aulas do Colégio dos Nobres[35],

[34] D'Alembert foi nomeado pela Academia de Paris para integrar as várias comissões de análise do *Cours* de Bezout. No caso deste 1^o volume D'Alembert foi censor juntamente com Clairaut, como se pode ler no *'Extrait des Registres de l'Académie Royale des Sciences du 21 Novembre 1764'* impresso no final do livro [Bezout 1764-69, v.1 pp.254-256]. Os relatórios deste e dos outros volumes foram transcritos por Liliane Alfonsi [Liliane Alfonsi 2005, pp.442-455].

[35] João Brunelli (Giovanni Ângelo Brunelli) (1722-1793), italiano nascido em Bolonha, foi recrutado pelo rei D. João V para proceder às demarcações da fronteira do Brasil, em virtude do Tratado de Madrid (1750) estabelecido com Espanha (sobre a actividade brasileira de Brunelli veja-se [Carlos Moura 2008]). Ao regressar à metrópole portuguesa é contratado (17-9-1765) para professor de Matemática (aritmética, geometria e trigonometria) no Real Colégio dos Nobres [Busquets de Aguilar 1935, p.68], para o qual traduzirá para português os *Elementos de Euclides*, que Simson havia publicado em 1756, em Londres – *«A tradução dos Elementos, ordenada pelo Conde de Oeiras, foi efectuada pelo professor de Geometria, Brunelli. Disso nos informa a Dedicatória do livro, dirigida ao ministro de D. José, e assinada "o mais humilde criado João Angelo Brunelli". No texto da mesma lê-se: "que de V. Excellencia recebi a ordem de os traduzir [os Elementos]"»* [Rómulo de Carvalho 1959, p.152]. Mais tarde Brunelli viria a ser professor da Academia Real da Marinha [Inocêncio da Silva 1858-1923, v.III p.284].

> *ELEMENTOS // DE // EUCLIDES // DOS SEUS PRIMEIROS LIVROS // DO UNDEICIMO, E DUODECIMO // DA versão LATINA // DE // FEDERICO COMMANDINO // ADICIONADOS, E ILLUSTRADOS // POR // ROBERTO SIMSON // Professor de Mathematica na Academia // de Glasgow, // E traduzidos em Portuguez para uso // DO REAL COLEGIO // DE NOBRES. // [vinheta] // LISBOA, // Na officina de MIGUEL MANESCAL DA COSTA // Impressor do Santo Officio. // — // Anno de MDCCLXVIII. // COM PRIVILEGIO REAL*[36]

A adopção dos *Elementos de Euclides*, tal como os Estatutos expressamente o impõem, está intimamente ligada a uma longa tradição de ensino, pois reúnem em si o que durante séculos foi considerado um arquétipo do que deveria ser um bom texto de geometria, onde os resultados se encadeiam e demonstram uns dos outros partindo de premissas simples[37]. Esta concepção está bem expressa no Alvará da sua publicação, que os considera inigualáveis para o estudo da geometria – *«de que havendo tantos métodos dela [de ensino da geometria], segundo os diferentes, fins a que os seus Autores se propuseram, nenhum chega ao que escreveu Euclides»*[38].

Esta tradição está de tal maneira enraizada – o próprio nome Euclides era sinónimo de geometria –, que aquando da Reforma Pombalina é o livro escolhido e estatutariamente definido como obrigatório. Esta identificação da geometria com Euclides perdurou inclusive até ao século XX [Bulmer-Thomas 1991, p.689].

Os *Elementos de Euclides* são constituídos por 13 livros, onde partindo de definições simples, de axiomas e proposições constrói sobre uma estrutura axiomática-dedutiva

[36] Foram várias as suas reedições: Lisboa: Miguel Manescal da Costa, 1768. Lisboa: Regia Officina Typographica, 1790. Coimbra: Imprensa da Universidade, 1792, 1824, 1835, 1839, 1852, 1855 e 1862 [H. Henriques 2004, p.187]. Terá havido ainda uma outra em 1769 [Leal Duarte 2006, p.254].

[37] *«it served for almost 2.000 years [proximately], as the standard text of the core of basics mathematics [...] it includes an amazing variety of redactions, emendations, abbreviations, commentaries, scholia, and special versions for special purposes»* [John Murdoch 1991, p.712]; – *«l'histoire du texte euclidien se caractérise par un phénoméne d'amplification: ce qui étaite au départ des «éléments», c'est-à-dire un traité donc les caractéristiques sont la complétude et la systématicité»* [Sabine Rommevaux 2005, p.29].

[38] *«Eu El-Rei Faço saber aos que este Alvará virem: Que atendendo ao que tenho estabelecido nos Títulos Nono, e Décimo, e Décimo Primeiro dos Estatutos do Real Colégio dos Nobres, sobre os Estudos das Matemáticas, e da Física, de que é a base fundamental a Geometria, de que havendo tantos métodos dela, segundo os diferentes, fins a que os seus Autores se propuseram, nenhum chega ao que escreveu Euclides, que também se acha desfigurado pelas mudanças, que nele fizeram os seus Tradutores, e Intérpretes, apartando-se do genuíno sentido do Texto Grego, e daquela exactidão admirável de que o mesmo Euclides sempre usou, e que é indispensavelmente necessária em Elementos tais, como os da Geometria: E querendo promover as aplicações Literárias dos Meus Vassalos, e que haja na língua Portuguesa, uma fiel, e verdadeira tradução deste famoso Geómetra. Fui Servido Mandar traduzir nela, os Elementos de Euclides, que Roberto Simson fez imprimir em Glasgow no ano de mil setecentos cinquenta e seis para por eles se estudar no dito Real Colégio, e nas Aulas de Geometria destes Reinos, e seus Domínios, pois nesta versão se não encontrão os inconvenientes referidos. [Alv. Rég. 11-6-1768]»* [Brunelli 1768].

uma série de teoremas e conclusões sobre geometria do plano e do espaço, aritmética, teoria de números e álgebra geométrica. Os primeiros 6 livros dizem respeito à geometria plana (livros planimétricos), os 3 seguintes à aritmética, o *Livro X* é dedicado às grandezas irracionais e os três últimos livros são dedicados à geometria no espaço e aos corpos geométricos[39]. Devido à sua estrutura axiomática-dedutiva tornaram-se um paradigma do pensamento lógico e científico[40].

As diferenças entre como Bezout aborda o ensino da geometria e como o fazem os *Elementos* confrontam duas visões radicalmente diferentes do ensino da matemática. A geometria de Bezout está dividida em três partes: estudo das linhas, das superfícies e dos sólidos. A primeira parte compreende o estudo das paralelas e o estudo e propriedades das linhas concorrentes (oblíquas e perpendiculares) e dos ângulos que estas fazem entre si. Na segunda parte estudam-se as figuras geométricas no plano, começando pelos triângulos e polígonos (relações entre as áreas de figuras semelhantes e não semelhantes) e depois as figuras curvas (com exemplos na medição das superfícies dos cascos dos navios), segue-se o estudo das relações e propriedades das linhas e planos e dos planos entre si. A terceira parte é dedicada ao estudo dos sólidos simples e compostos (medidas e relações), com vários exemplos ao cálculo de volumes.

No ensino da geometria, Bezout põe de lado a abordagem clássica dos termos axiomas, teoremas, lemas, corolários, escólios, etc., de que os livros de Euclides são paradigmáticos, por entender que tais termos não ajudam à clareza do discurso e só trazem confusão aos alunos. Esta nova maneira de abordar o ensino da geometria é uma característica que se começa a manifestar nos livros de texto escritos durante o século XIII, o livro de Clairaut *Elements de Geometrie* (1741) já havia posto de lado a maneira clássica de ensinar a geometria por considerar que a dificuldade da disciplina não estava tanto na sua abstração intrinseca mas no método como era ensinada [Clairaut 1741, p.i, viii-x][41]. Clairaut e Bezout partinham portanto essa visão com D'Alembert,

[39] Para uma descrição e abordagem extensa da obra de Euclides vejam-se por exemplo: [Bulmer-Thomas 1991] e [Ian Mueller 1981].

[40] *«Regard geometry as a set of propositions proceeding in an orderly fashion that characterized the Euclid, that is, by the laws of logic, from a set of axioms. The survival of Euclid's geometry rests primarily on the assumption that it is the only subject available and suitable for initiating young minds into the nature of a mathematical axiomatic structure. In rebuttal of this notion, for well over a half century we have had developments in arithmetic and in algebra which exhibit in an elementary manner the nature of axiomatic structure, yet at both the secondary and the college level, until quite recently we have avoided teaching these subjects in any other than their classical form. It is now evident that, if we care to do so, we can use branches of mathematics other than geometry to develop the notions of axiomatic structure and thus permit a treatment of school geometry from what may be called a contemporary viewpoint. Despite all the knowledge at our command, the present reformed treatments of geometry are aimed essentially at preserving Euclid by introducing the real numbers.»* [Howard Fehr 1963].

[41] Sobre o ensino da geometria elementar no século XVIII, ainda bastante influenciada pelos *Elementos de Euclides*, veja-se [F. Kokomoor 1928].

> *«Les termes scientifiques n'étant inventés que pour la nécessité, il est clair que l'on ne doit pas au hasard charger une science de termes particuliers. Il seroit donc à souhaiter qu'on abolit ces termes scientifiques & pour ainsi dire barbares, qui ne servent qu'à en imposer; qu'en Géométrie, par exemple, on dît simplement proposition au lieu de théorème, conséquence au lieu de corollaire, remarque au lieu de scholie, & ainsi des autres.»* [Encyclopédie 1751-1772, v.5 p.494][42].

Note-se que os Estatutos quando se referem ao método pedagógico mais conveniente para as aulas partilham esta mesma visão, porém a escolha para o ensino da geometria recai sobre os *Elementos de Euclides* e não sobre Bezout,

> *«[...] sem que se vejam precisados [os alunos] a se ocuparem, e deterem com as escrupulosas noções dos Lemas, Teoremas, Problemas, Escólios, e de outros semelhantes nomes, com que os autores do dito Método Geométrico, ou Matemático qualifica, e caracterizam as suas proposições. Porque ainda que esta qualificação contenha em si a singularidade de dar a conhecer os preceitos [...] e dedução das primeiras verdades, e princípios já estabelecidos, de que elas se derivam, [...] envolve tanto artifício, que, posto que seja útil para entendimentos mais adiantados, pode contudo causar confusão, e embaraço aos tenros, e débeis juízos da Mocidade Académica, e deter-lhes os progressos que estes supérfluos estorvos poderiam fazer no estudo das Ciências»* [Estatutos 1772, v.3 pp.23-24].

É curioso que no mesmo ano em que começam as aulas na Universidade de Coimbra, Joaquim Carneiro da Silva (1727-1818), professor de Desenho e Gravura, traduz os *Elemens de Geometrie* (1741), de Clairaut – *Elementos de Geometria, por M. Clairaut, traduzidos em Portuguez* (Lisboa: Regia Officina typographia, 1772) [Inocêncio da Silva 1858-1923, v.IV p.72][43].

ELEMENTOS DE TRIGONOMETRIA PLANA, de Bezout

Para o ensino da trigonometria plana (a trigonometria esférica era matéria do 4^o ano) foi adoptado a *Trigonométrie rectiligne*, de Bezout. Porém, como adverte Monteiro

[42] *«On ne sauroit rendre la langue de la raison trop simple et trop populaire: non seulement c'est un moyen de répandre la lumière sur un plus grand espace, c'est ôter encore aux ignorants un prétexte de décrier le savoir. Plusieurs s'imaginent que toute la science d'un Mathématicien consiste à dire corollaire au lieu de conséquence, scholie au lieu de remarque, théorème au lieu de proposition. Ils croient que la langue particulière de chaque science en fait tout le mérite, que c'est une espèce de rempart inventé pour en défendre les approches; ne pouvant forcer la place, ils se vengent en insultant les dehors.»* (D'Alembert, *'Élémens des sciences'*) [Encyclopédie 1751-1772, v.5 p.495].

[43] Joaquim Carneiro da Silva

da Rocha no prefácio, a tradução não é literal pois introduz algumas modificações que advêm de se basear na trigonometria do curso da marinha (1765) e na do curso dos artilheiros (1770) – *«M. Bezout escreveu a Trigonometria Plana duas vezes, uma no seu Curso de Matemática para o uso da Marinha, e a outra no Curso ordenado para uso dos Oficiais de Artilharia. De uma e outra se tomaram e traduziram as coisas, que pareceram convenientes ao fim que nos foi proposto…»* [Elementos de Trigonometria 1774, p.i],

> *ELEMENTOS // DE // TRIGONOMETRIA // PLANA // POR // M. BEZOUT // Da Academia Real // das Sciencias de Paris etc. // Traduzidos do Francez. // [selo Real] // COIMBRA: // NA REAL OFFICINA DA UNIVERSIDADE. // ANNO MDCCLXXIV. // Por Ordem de Sua Magestade, e com Privilegio // Com Privilégio Real*[44]

A versão portuguesa adoptada da trigonometria compreende então 12 capítulos que englobam as seguintes matérias: elementos de trigonometria plana, ou rectilínea; *'quantidades trigonométricas'*: senos, co-senos, tangentes, co-tangentes, secantes e de uma série de fórmulas trigonométricas (75 em numeração romana), bem como uma tabela de senos, tangentes e secantes; depois tem 2 capítulos sobre a resolução de triângulos rectângulos e obliquângulos e *«das variações, ou diferenças dos triângulos rectilíneos»*. A estes capítulos teóricos seguem-se 6 capítulos eminentemente práticos relacionados instrumentos de medição de ângulos e o uso da trigonometria no risco de plantas e cartas topográficas.

Na tradução ainda foram adicionadas algumas matérias que Bezout não tratara,

> *«Julga-se conveniente ajuntar não somente os Teoremas de Cotes sobre as variações dos triângulos rectilíneos, mas ampliar a doutrina do Autor sobre as propriedades dos Senos, Tangentes, etc., e dar uma Tábua de fórmulas relativas a este ponto mais completa do que as publicadas até ao presente. Porém, para se evitar todo o embaraço, poderão os principiantes na primeira lição omitir, sem prejuízo, tudo o que vai desde o nº 31 até ao nº 133, exceptuando somente os nºs. 33, 34, 47, 48 e 52 os quais são necessários para a inteligência das proposições essenciais da Trigonometria Plana, que adiante se hão-de demonstrar.»* [Elementos de Trigonometria 1774, pp.iii-iv]

Como se vê o programa curricular das trigonometria do *Gardes du Pavillon et de la Marinee* e do *Corps Royal de l'Artillerie,* que a tradução portuguesa sintetizou

[44] Teve as seguintes reedições: 1774, 1778, 1800 e 1817, todas pela Imprensa da Universidade de Coimbra [H. Henriques 2004, p.188].

numa obra única, é precisamente aquele que os Estatutos determinam. A componente prática desta matéria no tratamento de problemas geodésicos é uma exigência para Bezout que se manifesta claramente nos Estatutos.

5.3.2 Os compêndios para a cadeira de Álgebra

Para esta cadeira Monteiro da Rocha traduziu os,

> *ELEMENTOS // DE // ANALISI // MATHEMATICA // POR // M. BEZOUT // DA ACADEMIA REAL // Das Sciencias de Paris etc. etc. // TRADUZIDOS DO FRANCEZ. // [selo Real] // COIMBRA: // NA REAL OFFICINA DA UNIVERSIDADE, // [linha divisória duplicada na horizontal] // Anno de MDCCLXXIV. // Por Ordem de Sua Magestade. // Com Privilegio Real*

Estes *Elementos de Analisi* são compostos por dois volumes: o 1^o dedicado à álgebra e o 2^o ao cálculo diferencial e integral[45],

O compêndio para o estudo da álgebra.

É no 3^o volume do *Cours* da marinha, já depois de estudadas matérias mais elementares, que Bezout inicia o estudo das matérias mais avançadas – *«l'Algebre & l'application de cette Science à l'Arithmétique & à la Géométrie»*.

Bezout considera a álgebra das disciplinas mais importantes, pois só ela permite tratar toda uma série de problemas matemáticos (e científicos),

> *«quelques différents que soient les objets des recherches mathématiques, les raisonnements & les opérations qu'ils exigent, ont des parties communes qu'on peut ramener à des règles générales, à l'aide desquelles on peut soulager l'esprit d'une grande partie des efforts que chaque nouvelle question semblerait exiger. La méthode qu'on appelle Analyse, est celle qui enseigne à trouver ces règles; & l'instrument qu'elle emploie pour y parvenir, s'appelle l'Algèbre. »* [Bezout 1764-69, v.3 p.iii]

A álgebra facilita não só a compreensão dos problemas através de uma linguagem própria como efectivamente os soluciona,

> *«Laquelle nous traduisons d'abord certaines idées connues; puis par des règles constantes, nous combinons ces idées à l'aide des caractères de cette*

[45] O volume da álgebra menciona ser o *Tomo I*; o volume do cálculo infinitesimal não tem impresso a designação de ser o *Tomo II.*

> *langue; & enfin, interprétant les résultats de ces combinaisons, nous en concluons des vérités que toute autre manière de procéder aurait rendues d'un accès très difficile, & auxquelles même il serait souvent impossible d'atteindre par une autre voie»* [Bezout 1764-69, v.3 p.iv]

É o método analítico onde ela se apoia que permite, ao contrário da aritmética e da geometria disciplinas elementares, indagar e descobrir a verdadeira essência dos fenómenos – *«de se faciliter l'intelligence & la découverte des vérités mathématiques, & de se procurer des moyens faciles & des règles générales pour résoudre toutes les questions qu'on peut proposer sur les quantités.»* [Bezout 1764-69, v.3 p.iv][46]

Leia-se o que dizem os Estatutos acerca da natureza desta disciplina,

> *«[...] importante Ciência, da qual dependem os avultados progressos, que podem, e devem fazer em todo o Curso Matemático; Porque ela é a oficina, em que se forma o espírito da invenção, tão necessário nestas Ciências; e é o instrumento de tudo o que se pode descobrir acerca da quantidade. [...], a Álgebra, ou a Arte de representar por Símbolos gerais todas as ideias, que se podem formar no nosso espírito, relativamente às Quantidades. Destes símbolos dependia a facilidade de combinar as mesmas ideias; e de alcançar o resultado de conhecimentos tão distantes das verdades Elementares, que não seria possível chegar a descobri-los por outro algum caminho.»* [Estatutos 1772, v.3 pp.175-76].

Já antes os mesmos Estatutos reflectiam que muitas das ideias e reflexões dos antigos (pré-algébricos), *«nas questões particulares, e abstrusas da Aritmética»* deixavam de ter sentido, pois *«semelhantes questões [se resolvem] por meio da Álgebra com suma prontidão e facilidade»* [Estatutos 1772, v.3 p.172][47].

Estas concepções acerca da natureza e importância da álgebra, defendidas por Bezout e seguidas nos Estatutos, não podiam estar mais de acordo com as próprias concepções de D'Alembert,

[46] Bezout define no prefácio o que é o método analítico: *«Quelques différents que soient les objets des recherches mathématiques, les raisonnements & les opérations qu'ils exigent, ont des parties communes qu'on peut ramener à des règles générales, à l'aide desquelles on peut soulager l'esprit d'une grande partie des efforts que chaque nouvelle question semblerait exiger. La méthode qu'on appelle Analyse, est celle qui enseigne à trouver ces règles; & l'instrument qu'elle emploie pour y parvenir, s'appelle l'Algèbre.»* [Bezout 1764-69, v.3].

[47] Esta visão moderna já havia sido manifestada por Pedro Nunes no seu *Libro de Algebra en Arithmetica y Geometria* (Antuérpia, 1567): *«De maneira que quem sabe por Álgebra, sabe cientificamente. Principalmente que vemos algumas vezes, não poder um grande Matemático resolver uma questão por meios geométricos e resolvê-la por Álgebra, sendo a mesma Álgebra tirada da Geometria o que é coisa de admiração.»*, citado em [João Queiró 2000, p.594].

> *«L'Algèbre, ou l'art de représenter par des signes généraux toutes les idées qu'on peut former relativement aux quantités, est à proprement parler, une langue en laquelle nous traduisons d'abord certaines idées connues; puis par des règles constantes, nous combinons ces idées à l'aide des caractères de cette langue; & enfin, interprétant les résultats de ces combinaisons, nous en concluons des vérités que toute autre manière de procéder aurait rendues d'un accès très difficile, & auxquelles même il serait souvent impossible d'atteindre par une autre voie. Les avantages principaux qu'on peut retirer de cette science, sont donc de se faciliter l'intelligence & la découverte des vérités mathématiques, & de se procurer des moyens faciles & des règles générales pour résoudre toutes les questions qu'on peut proposer sur les quantités.»* [Encyclopédie 1751-1772]; – *«L'Analyse est proprement la méthode de résoudre les problèmes mathématiques, en les réduisant à des équations. L'Analyse pour résoudre les problèmes, employe le secours de l'Algèbre, ou calcul des grandeurs en général.»* [Encyclopédie 1751-1772, v.1 p.401]

Também a estrutura do *Cours* faz suceder o estudo da álgebra (v.3) ao estudo da geometria (v.2), escolha que Bezout justifica assim,

> *«Nous avons préféré de faire succéder l'Algèbre à la Géométrie plutôt qu'à l'Arithmétique; parce qu'outre que l'Algèbre nous eût été d'une utilité très médiocre dans la Géométrie élémentaire, les Commençants ne sont d'ailleurs pas encore assez exercés dans les raisonnements mathématiques, pour sentir la force des démonstrations algébriques, quoique celles-ci soient souvent plus simples, que les démonstrations synthétiques; au lieu que dans la disposition que nous avons choisie, on a lieu de croire que les commençants déjà fortifiés par l'étude des deux premières parties, en auront d'autant plus de facilité à généraliser leurs idées, et saisiront mieux les usages nombreux qu'on peut faire de cette science ; d'ailleurs ayant déjà plus de connaissance acquises, ils seront plus à portée de se familiariser avec cette science, par un plus grand nombre d'objets auxquels ils pourront l'appliquer.»* [Bezout 1764-69, v.3 p.iv]

O que está de acordo com o defendido por D'Alembert – *«Il seroit peut-être à propos de ne faire précéder la Géométrie élémentaire que par la partie de l'Algèbre qui est absolument nécessaire à cette Géométrie, c'est-à-dire, par la théorie des proportions.»* [D'Alembert 1759, p.107][48] –, e que os Estatutos reflectem na perfeição,

[48] Será talvez interessante ler o artigo completo sobre a álgebra no *Essai sur les Éléments de Philosophie* (*chapitre XIV*) [D'Alembert 1759, pp.105-108].

> *«Ainda que a Álgebra é uma ciência mais geral, do que a Aritmética, e a Geometria; e que por essa razão deveria ter a precedência na ordem do Curso Mathematico; com tudo, sendo por uma parte mais abstracta; e consequentemente mais difícil aos Principiantes; e sendo por outra parte conveniente que eles se habituem primeiro com a Síntese das verdades Elementares, antes de passarem à Analise, que serve de as promover, e adiantar; entrarão nestes segundo ano a ouvir as Lições do Cálculo Algébrico, tanto Elementar, como Infinitesimal; com sua aplicação à Geometria Sublime, e Transcendente»* [Estatutos 1772, v.3 p.175].

Debrucemo-nos agora sobre a organização e o conteúdo das matérias deste 3^o volume, que se divide em 2 partes: *«Principes du calcul des quantités algébriques»* e *«Application de l'algèbre à l'arithmétique et à la géométrie»*. Por uma questão de facilidade citaremos da tradução portuguesa [Elementos de Analisi 1774], que como veremos no próximo capítulo é bastante fiel ao original [Bezout 1764-69, v.3].

Bezout começa pela definição clara e precisa das quatro operações com polinómios (adição, subtração, multiplicação, divisão) e do modo de *«achar o maior divisor comum de duas quantidades literais»* (i.e funções racionais), ao que se segue o estudo das equações. Primeiro as equações do 1^o grau, explicadas com pormenor e com alguns exemplos elucidativos, *«ainda que reservemos os usos da Álgebra para uma segunda secção, contudo, afim de fazermos a tempo algumas abstracções úteis, aplicaremos os primeiros precedentes a alguns problemas muito fáceis»* [*Elementos de Analyse* 1793-94, v.1 p.41]; esclarecendo ainda a natureza das quantidades negativas,

> *«Tem pois as quantidades negativas uma existência tão real como as positivas; a única diferença, que há entre elas, é a tomarem-se no cálculo em sentido contrário [por exemplo:] «achar o número que adicionado a 15 dê 10.* $x + 15 = 10 \Leftrightarrow x = -5$ *quer isto dizer que não há nenhum n^o que adicionado dê 10, deve-se sim é retirá-lo»,* acrescentando que *«As soluções negativas indicam também um género de impossibilidade na questão; porém esta impossibilidade não é absoluta, ela é relativa ao sentido, no qual foram tomadas as quantidades; de sorte que aí há um sentido, no qual estas soluções são naturais, e admissíveis; veja-se o que dissemos (§. 70)»* [Elementos de Analisi 1774, v.1 §.69-70, 91][49].

[49] D'Alembert na *Encyclopédie* escreve no verbete 'Négatif': *«Quand on considere l'exactitude & la simplicité des opérations algébriques sur les quantités négatives, on est bien tenté de croire que l'idée précise que l'on doit attacher aux quantités négatives doit être une idée simple, & n'être point déduite d'une métaphysique alambiquée. [...] De-là il est assez naturel de conclure que les quantités négatives que l'on rencontre dans le calcul, sont en effet des quantités réelles; mais des quantités réelles auxquelles il faut attacher une idée autre que celle qu'on avoit supposée. Imaginons, par exemple, qu'on cherche*

Segue-se o estudo dos sistemas de equações do 1^o grau, «*Das equações do 1º grau a duas incógnitas, três e a um número maior de incógnitas*», onde é estudado o método de substituição – é considerada a dificuldade que se encontra na aplicação deste método à resolução de um sistema de várias equações a várias incógnitas, «*a regra é geral actualmente, e fica claro o que se deve fazer no caso de um maior número de incógnitas. Posto que fiquemos obrigados a calcular os denominadores, que convém a todas as equações de um menor número de incógnitas, contudo não é para temer, que esta regra traga consigo mais cálculos, do que é necessário; tudo aquilo, que se calcula por esta regra, entra necessariamente na quantidade, que se procura.*» [Elementos de Analisi 1774, v.1 §.79][50].

Ou seja Bezout dá uma regra para formar o determinante e encontrar as soluções dos sistemas lineares, i.e. o método de Cramer. A este propósito escreve D'Alembert no relatório:

> «*Mr. Bezout, s'est occupé des moyens d'éviter ces embarra ; il donne à ce sujet une méthode très facile; mais comme il la destine principalement à servir à l'élimination dans les équations qui passent le premier degré, il a distingué ces deux méthodes d'avec la partie élémentaire, en les donnant sous un caractère différent de celle cy*» [Liliane Alfonsi 2005, p.446].

Seguem-se vários exemplos onde são feitas, «*aplicações das regras precedentes à resolução de algumas questões, que incluem mais de uma incógnita*», tratam-se também dos casos em que as «*questões propostas ficam indeterminadas*», ou são impossíveis.

Depois de estudadas os sistemas e as equações do 1^o grau, inicia-se o estudo das equações do 2^o grau[51] atendendo que, «*se tivermos de extrair a raiz quadrada de uma quantidade precedida do sinal* $(-)$, *afectaremos tudo com o radical, dando-lhe o sinal* $(\pm)$. *Assim* $x^2+4=0$ escreveríamos $x^2=-4 \Leftrightarrow x=\pm\sqrt{-4}$*[...], é essencial atender ao sinal* $(-)$ *da quantidade que está debaixo do radical. [...], todas as vezes que uma equação conduzir deste modo a tirar a raiz quadrada de uma quantidade negativa*

la valeur d'un nombre x, qui ajouté à 100 fasse 50, on aura par les regles de l'Algebre, $x+100=50$, *&* $x=-50$*; ce qui fait voir que la quantité x est égale à 50, & qu'au lieu d'être ajoutée à 100, elle doit en être retranchée ; desorte qu'on auroit dû énoncer le problème ainsi: trouver une quantité x qui étant retranchée de 100, il reste 50; en énonçant le problème ainsi, on auroit* $100-x=50$, *&* $x=50$*; & la forme négative de x ne subsisteroit plus. Ainsi les quantités négatives indiquent réellement dans le calcul des quantités positives, mais qu'on a supposées dans une fausse position.*» [Encyclopédie 1751-1772, v.11 pp.72-73].

[50] A 2^a edição [Elementos de Analyse 1793] já remete para as considerações, sobre a maneira de «*podermos abreviar um cálculo tão longo*», feitas por Bezout no seu *Théorie générale des équations algébriques* (Paris, 1779).

[51] «*on y donne les règles pour les résoudre avec plusieurs remarques utiles sur la nature et sur les usages de leurs racines dans la résolution des questions*», relata D'Alembert no *Rapport* [Liliane Alfonsi 2005, p.446].

concluiremos que é impossível o problema que deu tal equação»; fazendo por realçar por exemplo, que multiplicando -2 e $+2$ o resultado é -4, mas como estas quantidades têm diferentes sinais não são iguais e por conseguinte o seu produto não é um quadrado – *«as raízes de quantidades negativas chamam-se imaginárias»* [Elementos de Analisi 1774, v.1 §.97][52].

Em seguida estuda, *«a formação das potências das quantidades monómias, da extracção das suas raízes, e do cálculo dos radicais, e dos expoentes»*; *«a formação das potências das quantidades complexas, e a extracção das suas raízes»*, e depois o *«modo de ter as raízes aproximadas das potências imperfeitas das quantidades literais»,*

> *«quando a quantidade complexa não é potência perfeita do grau de que se pede a raiz, não é possível que esta se ache exactamente; devemos porém aproximá-la tanto para o verdadeiro valor, quanto exigir o problema que depender dessa extracção. Pelo método que acabamos de expor para as potências perfeitas, poderíamos achar as raízes aproximadas; porque teríamos uma série de termos fraccionários, dos quais aproveitaríamos somente um número limitado, desprezando os outros, que diminuirão continuamente de valor. Poderemos porém chegar ao mesmo resultado por um caminho mais breve, fazendo uso da fórmula do binómio, para o que devemos lembrarnos (§.133) que as quantidades irracionais se podem escrever em forma de potências com expoentes fraccionários, ou que* $\sqrt[m]{a+x} = (a+x)^{\frac{1}{m}}$*.»*
> [Elementos de Analisi 1774, v.1 §.157]

Entre os vários exemplos que dá está a: $\sqrt{101} = \sqrt{(100+1)}$, com aproximação às décimas das milésimas, mostrando que basta tomar apenas os 3 primeiros termos da série binomial.

Segue-se o estudo das equações a 2 incógnitas – *«quando elas passam do primeiro grau»* –, propondo o método da substituição para as reduzir a uma só de uma incógnita; generalizando de seguida que toda a equação a duas incógnitas se pode reduzir à forma: $Ax^m + Bx^{m-1} + Cx^{m-2} + ... + T = 0$ [Elementos de Analisi 1774, v.1 §.166]. Para leituras mais específicas Bezout remete os leitores para as *«Mem. Academia das Sciencias, 1764; Mem. Ac. De Berlim, 1748 e Analise das linhas curvas, de Cramero»* [Elementos de Analisi 1774, v.1 §.168][53].

[52] Dizem os Estatutos *«[...] e finalmente como se deve interpretar a resolução da Equação final de qualquer problema; distinguindo bem o significado dos Valores positivos, negativos, indeterminados, imaginários etc.»* [Estatutos 1772, v.3 p.177].

[53] A primeira destas referências, diz respeito a uma memória da sua autoria [Bezout 1764]; na segunda refere uma memória de Euler publicada nas memórias da Academia de Berlim [Euler 1750]; a terceira referência é ao livro de Cramer, *Introduction à l'analyse des lignes courbes* (Paris, 1750).

A 1^a parte termina com o estudo o método de Newton para a resolução das equações,

> *«quando uma equação tem raízes comensuráveis, podemos achá-las pelo método seguinte, com maior facilidade do que pela resolução geral. Como o último termo (180) tem a propriedade de ser produto de todas as raízes, nenhum numero será valor comensurável de x, se não for divisor exacto do último termo. Poderíamos pois tomar sucessivamente todos os divisores do ultimo termo, e substitui-los em + e em – na equação em lugar de x, pois que as raízes igualmente podem ser positivas e negativas: o divisor que reduzisse a equação a nada, seria o valor de x. Porém, para não tentar tantas divisões, vamos a dar o carácter, pelo qual se distinguem os divisores úteis dos inúteis, ensinando primeiramente o modo de achar todos os divisores de um número»* [Elementos de Analyse 1793-94, v.1 §.218]

Expondo finalmente no §. 226 o modo de achar as raízes aproximadas das equações compostas (equações polinomiais) – *«o método que vamos expor, supõe que se conhece um valor da incógnita aproximada até a sua décima parte. Vejamos pois como se acha este primeiro valor, tomando para ex: a equação:* $x^3 - 5x + 6 = 0$*»* –, e descreve o algoritmo do método de Newton, ou das falsas posições.

Faz ainda uma reflexão sobre as raízes imaginárias remetendo para D'Alembert a demonstração que toda a raiz imaginária, seja qual for o grau da equação, pode sempre reduzir-se à forma $a \pm b\sqrt{-1}$[54].

Na segunda parte da Álgebra são estudadas as suas aplicações à aritmética e à geometria – *«Entrará logo a mostrar aos seus Discípulos a aplicação da Análise à Aritmética, e Geometria Elementar: Mostrando o uso dela em um número de Problemas escolhidos de uma, e outra Ciência»* [Estatutos 1772, v.3 p.177],

> *«As equações que exprimem de um modo geral todas as condições de qualquer problema [...]. A razão abandona o problema, e ocupa-se unicamente com as equações, para aplicar-lhes as regras que ensinámos, e dar-lhes novas formas, que melhor deixam perceber as relações. Em uma palavra, são as equações o depósito das propriedades das quantidades que nelas entram, e das resoluções gerais de um grande número de problemas, que não lembravam, nem se suspeitava que dependessem do problema principal [...]. Logo uma equação resolve tantos problemas diferentes, quantas são*

[54] Esta primeira tentativa da demonstração do Teorema Fundamental da Álgebra (TFA) é dada por D'Alembert em [D'Alembert 1746]. Sobre o TFA e a demosntração feita por D'Alembert veja-se [Christopher Baltus 2004].

> *as quantidades que nele entram. Mostraremos isto em alguns exemplos.»* [Elementos de Analisi 1774, v.1 §.230]

Esta inicia-se com o estudo e tratamento das propriedades gerais das progressões aritméticas e das progressões geométricas (esta parte é a extensão de algumas das matérias que já haviam sido estudadas nos *Elementos de Arithmetica* e para o qual várias vezes se fazem referências). Nas progressões geométricas calcula a soma finita: $s_n = a\frac{q^n-1}{q-1}$ (sendo a o primeiro termo e q a razão da progressão); e dá o resultado de uma soma infinita, quando *«a progressão for decrescente até ao infinito o último termo será infinitamente pequeno»*, considerando que nesse caso se pode anular q^n [Elementos de Analisi 1774, v.1 §.243].

Na aplicação da álgebra à geometria – *«da construção geométrica das quantidades algébricas»*,

> *«as linhas, as superfícies, e os sólidos, como são quantidades, admitem as mesmas operações, que se fazem sobre os números, e sobre as quantidades algébricas. Os resultados porem de dois modos se podem avaliar, ou em números, ou em linhas. O primeiro modo, que tem lugar quando as quantidades dadas se exprimem em números, presentemente não tem dificuldades: substituem-se em lugar das letras as quantidades numéricas que elas representam, e fazem-se as operações indicadas pela disposição dos sinais, e das mesmas letras. O segundo modo, o qual se chama construção das quantidades algébricas, ou do problema que as produziu, depende de se entender a significação de certas expressões fundamentais, a que se referem todas as outras. Trataremos das primeiras, e ensinaremos ao mesmo tempo o modo de reportar-lhes quaisquer outras expressões»* [Elementos de Analisi 1774, §.245]

Acompanhados de exemplos e reflexões, *«sobre o modo de as por em equação, como sobre as diferentes soluções que dão as equações»*, sendo as cónicas estudadas com algum cuidado tal como os Estatutos estipulam – *«Com estes princípios da Álgebra Elementar entrará [o professor] no Tratado Analítico das Curvas, conhecidas pelo nome de Secções Cónicas»* [Estatutos 1772, v.3 p.178],

> *«Das linhas curvas que a Geometria considera, em razão do grande uso que tem na construção das equações, e nas ciências físico-matemática, umas são tais que cada um dos seus pontos se pode determinar pela mesma lei, isto é, por cálculos e operações semelhantes; em outras porém cada ponto se determina por lei diferente; ainda que esta mesma diferença é*

> *sujeita a uma lei. As linhas traçadas ao acaso, como, por exemplo, os rasgos de uma pena sobre o papel, não podem ser objecto de uma Geometria rigorosa. Sem embargo, a teoria das curvas conduz a imitar delineamentos rebeldes; e a tratar de achar aproximadamente o nexo entre quantidades, cuja lei é ou desconhecida, ou muito composta, não é a aplicação menos útil da Álgebra à Geometria, como adiante veremos. Para poder descrever as curvas de que trata a Geometria, é necessário conhecer a lei, a que estão sujeitos os diferentes pontos do seu perímetro»* [Elementos de Analisi 1774, §.282][55].

O volume termina com um apêndice sobre trigonometria.

No seu relatório D'Alembert mostra-se bastante agradado com o volume – *«De tous les objets que l'examen de ce livre nous a offerts, et de la manière dont ils sont présentés, nous croyons pouvoir conclure qu'il sera très utile et qu'il est digne de l'approbation de l'académie et de l'impression.»* [Liliane Alfonsi 2005, p.447]. Alfonsi considera o compêndio de álgebra de Bezout um livro de texto bastante bom, tanto no plano pedagógico como no científico e bastante superior aos cursos de Lamy, Rivard e Clairaut. Havendo um compromisso nítido, afirma, entre os problemas e questões da própria actividade científica de Bezout que ao incluí-las no compêndio permite aos alunos mais interessados o aprofundamento de muitas questões [Liliane Alfonsi 2005, pp.200-201].

O compêndio para o estudo do cálculo infinitesimal

Na realidade Bezout não escreve um compêndio autónomo para esta matéria, o estudo do cálculo infinitesimal é tratado no seu *Cours* como um antecomeço – *Principes de Calcul qui servent d'introductions aux Sciences Physico-Mathématiques* –, para o estudo da mecânica, matéria tratada logo a seguir no mesmo 4^o volume – *Principes géneraux de la Mechanique*[56]. É a tradução destes *'Principes'* que constituirá o 2^o

[55] Sobre a importância da álgebra no estudo das funções escreve D'Alembert escreve: *«Toutes ces considérations suffiroient pour faire sentir l'usage et l'utilité de l'application de l'Algebre à la Géométrie. Mais il est sur-tiut une branche de cette science, où l'analyse algébrique est extrêmement utile; c'est la théorie des courbes.»* [D'Alembert 1759, p.336]. Mais tarde no relatório a este volume de Bezout, D'Alembert escreverá: *«Les sections coniques ayant plusieurs usages utiles et particulièrement quelques uns dans l'architecture navale, Mr. Bezout a fait de l'exposition de leurs propriétés une partie de son application de l'algèbre. Il en fait voir ensuite l'usage pour la construction de diverses questions déterminées et indéterminées ; il finit par quelques observations générales sur l'usage des équations pour représenter d'une manière approchée la loi de plusieurs quantités, lorsque cette loi seroit par elle même trop composée pour pouvoir être employée commodément.»* [Liliane Alfonsi 2005, p.447].

[56] Veja-se o que escreve Marie no *Traité de Mechanique* a propósito do cálculo infinitésimal: *«Les Règles du Calcul Différentiel & du Calcul Intégral trouvent souvent leur application dans ce Traité, soit parce qu'elles rendent les démonstrations plus courtes, soit parce qu'il en résulte plus d'uniformité dans la marche de l'Ouvrage, soit enfin parce qu'il n'est guerre possible de résoudre autrement beaucoup*

tomo dos *Elementos de Analisi* [Elementos de Analisi 1774, v.2] pelo qual se ensinará o cálculo infinitésimal (1^a parte) e integral (2^a parte) na Faculdade de Matemática.

Bezout começa a 1^a parte com a definição de diferencial[57],

> *«Lorsque l'on considère une quantité variable comme croissant par degrés infiniment petits, si l'on veut connoître la valeur de ces accroissements, ce qui se présente de plus naturel, est de déterminer la valeur de cette quantité pour un instant quelconque, & la valeur de cette même quantité pour l'instant suivant : alors la différence de ces deux valeurs est l'accroissement ou la diminution que cette quantité reçoit : c'est aussi ce qu'on appelle la différence ou la différentielle de cette quantité.»* [Bezout 1764-69, v.4 §.6]

Estudando depois as *«diferenças segundas, terceiras, etc.»*, tendo o cuidado de reflectir sobre a notação, ddx; $dddx$ ou d^3x, *«porque se podem igualmente exprimir destes dois modos»* – o quadrado de dx é $(dx)^2$, ou dx^2, *«o que não pode ser causa de erro, tomando-se pelo diferencial de x^2; porque já assentamos em exprimir esta sempre deste modo $d(x^2)$»*.

Em seguida estudam-se os diferenciais das funções trigonométricas, logarítmicas e exponenciais. No caso da função seno, por exemplo, escreve

> *«Todas as vezes que tivermos para diferenciar uma quantidade tal como* $\sin z$ *(ou seno do ângulo ou do arco z) devemos conceber que o ângulo z se faz $z+dz$, e então* $\sin(z+dz)-\sin z$*, é a diferencial de* $\sin z$*. Ora, conforme o que já se disse (Geom. 284),* $\sin(z+dz) = \sin z \cos dz + \sin dz \cos z$*, supondo o raio = 1. Porém o seno de um arco infinitamente pequeno dz é esse mesmo arco, e o seu co-seno não difere do raio; logo temos* $\sin dz = dz$*, e* $\cos dz = 1$*; logo* $\sin(z+dz) = \sin z + dz \cos z$*; logo* $\sin(z+dz) - \sin z$*, ou* $d(\sin z) = dz.\cos z$*; isto é, que achamos a diferencial do seno de um ângulo ou de um arco, cujo raio é a unidade, multiplicando a diferencial do ângulo pelo co-seno do mesmo ângulo.»* [Elementos de Analisi 1774, v.2 §.22].

Nos logaritmos é recordada a definição já dada no 1^o volume, *«Lembremo-nos (Arithm. 216) que os Logaritmos são uma série de números em progressão Aritmética,*

de Problèmes de Mécanique. Ceux dont la solution entraîne plus de difficulté, & ceux qui paroissent moins utiles se reconnoitront aisément aux parenthèses qui les renserment, & aux étoiles marginales qui les indiquent. On peut les passer presque tous, sans nuire à la liaison des matières dont ils sont partie.» [Marie 1774, p.vii].

[57] Para o estudo do cálculo diferencial, Bezout aconselha a obra L'Hôpital, *l'Analyse des infiniment petits* (Paris, 1696).

que correspondem, termo por termo, a outra série de números em progressão Geométrica.» [Elementos de Analisi 1774, v.2 §.26], e segue-se o raciocínio da construção apoiado nas duas séries que geram os logaritmos, obtendo facilmente $dy/y = a' - a$ e $\mathrm{d}x = b' - b$, sendo m tal que $m(a' - a) = b' - b$, logo $dx = ma.\mathrm{d}y/y$ (nota: a e a' são os dois primeiros termos da série geométrica de variável y e b e b' da série aritmética de variável x) – *«Logo no sistema de logaritmos, de que se usa nos cálculos algébricos, a diferencial dx do logaritmo x de um qualquer número y é igual à diferencial dy deste número dividida pelo mesmo número y. Este é o princípio, pelo qual facilmente se pode achar a diferencial do logaritmo de qualquer quantidade algébrica»* [Elementos de Analisi 1774, v.2 §.27] –, usa como notação para logaritmo a letra l (*'éle'*).

A função exponencial – *«Algumas vezes também se encontram quantidades desta forma c^x, x^y; isto é, quantidades, cujo expoente é variável. Estas chamam-se quantidades Exponenciais»* –, é tratada aplicando os logaritmos e as suas propriedades para chegar facilmente ao diferencial da exponencial: *«$d\,(x^y) = x^y d.\log(x^y)$, isto é, que a diferencial de uma quantidade exponencial se acha, multiplicando esta quantidade exponencial pela diferencial do seu logaritmo.»*

Seguem-se as aplicações – *«para fazermos conhecer com alguns exemplos o uso das regras, que acabamos de dar, e a sua grande utilidade na Álgebra ordinária, nós vamos aplicá-las aos objectos que conhecemos; isto é, a algumas questões de Geometria e de Cálculo»* –, às *«subtangentes, tangentes, subnormais, etc... das linhas curvas»* [Elementos de Analisi 1774, v.2 §.29], bem como à *«aplicação aos limites das linhas curvas, e em geral aos limites das quantidades, e as questões de maximis, & minimis»* (§.42), e ainda o estudo dos pontos de inflexão (§.70), dos raios de curvatura e da evoluta (§.76).

Inicia-se depois a 2^a parte dedicada ao cálculo integral[58],

> *«Agora vamos tratar do método, que ensina como se há-de voltar das quantidades diferenciais para as quantidades finitas, de cuja diferenciação nasceram aquelas. Este método é o que se chama Calculo Integral. Não há quantidade alguma variável expressa algebricamente, cuja diferencial se não possa achar; há porem um grande número de quantidades diferenciais que se não podem integrar; umas porque na realidade não poderão resul-*

[58] *«As obras, que se podem consultar sobre o cálculo integral são de M. Euler, D'Alembert, Fontaine, O Marquês de Condorcet, Bougainville, e o P. Reinau.»* [Elementos de Analisi 1774, v.2 §.179]. Possivelmente referir-se-ia às seguintes obras: Euler, *Introductio in analysin infinitorum*, 2 vols. (Lausanne, 1748); d'Alembert, *Opuscules mathématiques*, 8 vols (Paris, 1761-80); Fontaine, *Mémoires donnés à l'Académie royale des sciences, non imprimés dans leur temps Par Alexis Fontaine des Bertin* (Paris, 1764); Condorcet, *Du Calcul Intégral* (Paris, 1765); Bougainville, *Traité de calcul intégral pour servir de suite a lÁnalyse des Infiniment-Petits,* 2 vols. (Paris, 1754-56); Reyneau, *La science du calcul des grandeurs en general, ou les elemens des mathematiques*, 2 vols. (Paris, 1714-36).

tar de diferenciação alguma, tais como as quantidades xdy, $xdy - ydx$, etc. outras porque até agora ainda se não tem descoberto o método de integrá-las; e entre estas há algumas das quais há bastantes razões para perder esperanças de vir a descobrir-se em tempo algum a integral. Porem não obstante isto, como destas quantidades que sabemos integrar, se segue uma grande utilidade, faremos por tratar delas com toda a clareza, e depois veremos o que se deve fazer a respeito das outras que não admitem integração.» [Elementos de Analisi 1774, §.82].

Fazendo de seguida algumas precisões sobre os termos *«que havemos de usar»*, definindo *'função'*,

> *«Chamaremos função de uma quantidade, a toda a expressão de cálculo, em que essa quantidade entrar, de qualquer modo que ela entre. Assim, x; $a + bx^2$; $\sqrt[n]{ax^n + bx^p}$ etc. são funções de x. Por quantidades Algébricas entendemos todas aquelas, cujo valor exacto é assinável, praticando um determinado número de operações da Álgebra e da Aritmética, conquanto que não sejam as que dependem dos logaritmos. Pelo contrário chamaremos de quantidades não algébricas aquelas, das quais só podemos assinar os valores aproximantes; ou que supõe aproximações: nesta ordem entrarão os logaritmos, e alem destes uma infinidade de operações.»* [Elementos de Analisi 1774, §.82][59]

E *'integral'*,

> *«Para indicarmos a integral de uma diferencial, nós nos serviremos da letra $\int$ posta antes da quantidade; esta letra será equivalente a estas palavras soma de; porque integrar, ou tomar a integral não é mais do que somar todos os aumentos infinitamente pequenos, que uma quantidade deve receber para chegar a um estado finito determinado.»* [Elementos de Analisi 1774, §.82]

[59] Esta ideia de função é devida a Euler. Veja-se a definição que dá no prefácio do *Institutiones calculi differentialis* (1755): *«Se algumas quantidades dependem de outras quantidades, de modo que se estas variam as primeiras variam, então chamamos às primeiras quantidades funções das últimas. Esta designação é da natureza mais ampla e compreende qualquer método por meio do qual uma quantidade pode ser determinada por outras. Se, por conseguinte, x denota uma quantidade variável, então todas as quantidades que dependem de algum modo de x, ou por ele são determinadas, são chamadas funções de x.»*, citado em [José Correia 1999]. Antes de Euler trabalhava-se essencialmente com coisas do tipo: $F(x, y) = 0$, onde x e y eram variáveis exactamente com o mesmo estatuto não havendo a distinção entre variável dependente e independente; mesmo que por comodidade se representasse a equação: $F(x, y) = 0$ na forma $x = g(y)$ ou $y = h(x)$, o x e o y tinham a mesma dignidade.

Iniciando o estudo *«das diferenciais de uma só variável, que tem uma integral algébrica; e primeiramente das diferenciais monómias»* – *«em geral sendo m um expoente ou positivo, ou negativo, inteiro ou fraccionário, teremos* $\int ax^m dx = \frac{ax^{m+1}dx}{(m+1)dx} = \frac{ax^{m+1}}{(m+1)}$ *[...]. Há só um único caso, que se não compreende nesta regra fundamental: é esta, quando o expoente m tivesse por valor* -1*»* [Elementos de Analisi 1774, §.83] –, prosseguindo depois com o estudo *«das diferenciais binómias, que se podem integrar algebricamente»*.

Segue-se depois a aplicação das *«regras precedentes»* à quadratura das curvas,

> *«Para acharmos a superfície, ou (que é o mesmo) a quadratura das linhas curva, consideramos estas linhas como polígonos de infinitos lados; e das extremidades* M *e* m *de cada lado (Fig.34) imaginamos tiradas as perpendiculares* MP*,* mp *sobre o eixo das abcissas; o que resolve a superfície em uma infinidade de trapézios infinitamente pequenos. Então considera-se cada trapézio, p. ex.* $PpmM$*, como a diferencial do espaço finito* APM*; porque na realidade,* $PpmM = Apm - APM = d(APM)$ *(6.) Logo aqui sé se trata de exprimir algebricamente o pequeno trapézio* $PpmM$*, e de integrar depois esta expressão, por meio das regras antecedentes. [são feitas algumas considerações acerca das constantes de integração] Será pois preciso ajuntar à integral. Achada no cálculo, uma constante, que exprima a diferença que há do espaço que se intenta determinar, ao espaço, que o cálculo dá imediatamente. Nos seguintes exemplos se verá, de que modo se determina esta constante. Por ora procuremos primeiramente a expressão do espaço* $PpmM$*.»* [Elementos de Analisi 1774, §.95]

À rectificação das curvas: $\int \sqrt{dx^2 + dy^2}$, e à determinação da superfície dos sólidos de revolução: $\int 2\pi y\sqrt{dx^2 + dy^2}$; e por fim à determinação de volumes,

> *«Para medir a solidez dos corpos, podemos imagina-los compostos de segmentos infinitamente delgados, e paralelos entre si; ou também imaginá-los compostos de uma infinidade de pirâmides, cujos vértices se unam em um mesmo ponto [...]. Posto este princípio, eis aqui o modo de avaliar a solidez de qualquer corpo. Considerar-se-á cada elemento como se fosse a diferencial do sólido, porque na verdade o segmento* $MmlL$ *é; e depois de ter determinado a expressão algébrica deste plano se fará a sua integração.»* [Elementos de Analisi 1774, §.101]

Seguem-se os capítulos dedicados a métodos de integração por aproximação através do desenvolvimento das funções em séries de potências usando a série binomial (sendo a convergência da série assegurada, para Bezout, sempre que os termos vão continuamente diminuindo e como se integra termo a termo obtém-se o integral)[60].

Faz também algumas considerações sobre *«algumas transformações, que podem facilitar as integrações»*,

> *«Sobre esta matéria não se podem dar regras gerais. A inspecção das quantidades, o uso, e a destreza ditam em cada uma das ocasiões, que se oferecem, o que se deve fazer»* [Elementos de Analisi 1774, §§.141-146]

Sendo estudados vários métodos como: a mudança de variável; a decomposição em elementos simples; a integração por partes. São ainda estudadas a integração de funções com mais que uma variável e as equações diferenciais,

> *«Quando a equação diferencial dada não contem mais que duas variáveis, x e y: e os x, e dx estão em um só membro; e os y, e dy no outro, então a integração se reduz, para cada membro às regras, que já demos para as diferencias de uma só variável. Assim sendo dada $ax^m y^m dx = by^q x^r dy$ que pode representar todas as equações diferenciais de dois termos; esta equação, cujas indeterminadas se separam sucessivamente, dividindo por y^n, e por x^r fica sendo $ax^{m-r}dx = by^{q-n}dy$ cuja integral evidentemente é $\frac{ax^{m-r+1}}{m-r+1} = \frac{by^{q-n+1}}{q-n+1} + C$»* [Elementos de Analisi 1774, §§.155-170].

Por fim o volume termina com o estudo das equações diferenciais lineares de segunda e terceira ordem: [Elementos de Analisi 1774, §§.171-179].

5.3.3 Os compêndios para a cadeira de Foronomia

Para a cadeira do 3^o ano não foi Bezout o autor adoptado, mas sim três outros autores: Marie (1738-1801)[61], Bossut (1730-1814)[62] e Lacaille (1713-1762). Todavia, antes de nos debruçarmos sobre as obras destes autores convém analisar os compêndios de

[60] Euler discutiu pela primeira vez de uma forma sistematizada a aproximação do integral como limite de uma soma no seu *Institutiones Calculi Integralis* (1768-1770) [Paula Pestana 2003, pp.101-105].

[61] Joseph François Marie (1738-1801), conhecido por Abbé Marie (o título de abade, *'Abbé de Saint-Amand de Boisse, Angouleme'*, foi-lhe concedido em 1783 por serviços prestados junto do Conde d'Artois), nasceu em Rhodes e começou a sua carreira de professor como professor de filosofia no Colégio de Pleissis, tendo sido depois professor de matemática no Colégio de Mazarin. Para além da publicação do *Traité de Mécanique* (1774) (embora não o mencione, Marie foi coadjuvado por Adrien-Marie Legendre (1752-1833) [MAIF 1862, t.26 p.xxxix]), reeditou ainda o curso de matemática de Lacaille (1741), a quem substituira no Colégio de Mazarin – *Leçons Elementaires de Mathematiques* (Paris: Desaint, 1772).

[62] Charles Bossut (1730-1814), fez os seus estudos no colégio Jesuíta de Lion, tendo sido mais tarde aluno de D'Alembert (com quem anos depois irá colaborar na *Encyclopédie Méthodique* escrevendo muitos dos verbetes matemáticos). Em 1752 torna-se professor da cadeira de matemática (até 1768) na École du Génie, uma escola de engenharia militar criada em 1748, em Mézières. Em 1753 torna-se

Bezout que tratam da física-matemática, para tentar perceber por que é que tendo influência, como cremos, na redacção dos Estatutos não foram adoptados posteriormente para o ensino.

As matérias de mecânica são tratadas por Bezout em ambos os seus *Cours* (no *Cours* da Marinha: volumes 4 e 5 e no *Cours* dos Artilheiros: volumes 3 e 4). Embora o curso para os artilheiros seja em grande medida baseado no da marinha, sendo praticamente um traslado deste, há porém algumas matérias que são mais ou menos desenvolvidas num ou noutro caso, acabando assim por ficarem complementadas quando vistas na perspectiva conjunta das duas obras. As diferenças maiores encontram-se nos volumes dedicados às aplicações práticas e devem-se ao maior ou menor interesse que algumas matérias poderiam ter no ensino específico das duas escolas para os quais foram escritos. Por exemplo nos artilheiros é dado mais ênfase ao capítulo dos choques e dos projécteis, tem inclusive um apêndice onde trata *«mais particularmente do movimento dos projécteis num meio resistente»*, e ao das máquinas simples, assuntos tratados superficialmente na marinha. Enquanto o estudo dos fluidos e dos centros de gravidade é mais desenvolvido para os marinheiros.

Vejamos então como é a foronomia tratada na obra de Bezout. No *Cours* da marinha é-lhe dedicada a segunda parte do volume 4 – *«Principes généraux de la Mécanique, précèdes des Principes de Calcul qui servent d'introductions aux Sciences Physico-mathématiques»* –, e o volume 5 – *«l'application des Principes généraux de la Mécanique, à différents cas de Mouvement & d'Equilibre»*. A matéria começa pelo tratamento dos conceitos de medida de tempo, espaço, velocidade e força, particularizados em vários tipos de movimento, sendo dado especial enfoque à queda dos graves e ao movimento composto. A definição de força dada por Bezout é a mesma que D'Alembert dá no *Traité de Dynamique*,

> *«La force se mesure par la vitesse qu'elle peut imprimer à une masse connue, multipliée par cette masse. Le produit de la masse d'un corps par sa vitesse, s'appelle la quantité de mouvement de ce corps. Les forces se mesurent donc par la quantité de mouvement qu'elles sont capables de produire»* [D'Alembert 1743, p.x].

membro 'correspondente' da Academia Real das Ciências de Paris. Escreve, para além do *Traité Elementaire d'Hydrodynamique*, vários outros livros dedicados ao ensino que se tornarão famosos: *Traité élémentaire de méchanique et de dinamique appliqué principalement aux mouvements des machines* (Paris, 1763) e *Cours complet de Mathematiques* (Paris, 1765). Em 1774 é criada no Louvre uma cadeira de hidrodinâmica que Bossut irá reger até 1780. Em 1775 irá participar com D'Alembert e Condorcet numa série de investigações sobre mecânica dos fluídos, com intenção de estudar e aproveitar os rios e canais franceses para o transporte comercial. Essas investigações estão na origem de um livro assinado pelos três: *Nouvelles expériences sur la resistance dês fluides* (Paris, 1777). Ainda escreverá o *Méchanique en général* (Paris, 1792) e o *Essai sur l'histoire générale des mathématique* (Paris, 1802), uma obra em 2 volumes dedicada à história da matemática.

Segundo Lilliane Alfonsi, Bezout partilha muitas das ideias de D'Alembert sobre o conceito de forças vivas e quantidade de movimento, não sendo alheio a tal o facto de ter colaborado na 2^a edição (1758) do tratado *Traité de Dynamique* de D'Alembert.

Segue-se o estudo da composição e decomposição das forças, feito através da teoria dos momentos e da aplicação destes à teoria dos centros de gravidade, sendo dados vários exemplos que interessam particularmente à marinha, como por exemplo o cálculo do centro de gravidade da parte submersa do casco de um navio. Em seguida é estudado o princípio geral do equilíbrio dos corpos e o princípio do movimento[63], deduzindo-se várias consequências que serão tratadas com mais detalhe no volume seguinte. Este 4^o volume acaba com o enunciado das leis do equilíbrio dos fluidos e dos corpos neles imersos, ou seja com os princípios da hidrostática [Bezout 1770c, pp.365-432].

No volume 5 são tratadas várias situações de movimento e de equilíbrio dos corpos. Bezout faz algumas reflexões sobre a questão das forças vivas – *«Remarques sur les forces vives»* –, pondo-se ao lado de D'Alembert,

> *«Il y a eu, pendant quelque temps, un partage de sentiments entre les Mathematiciens, sur la mesure des forces vives, ou des forces des corps en mouvement. Quelques uns ont prétendu que ces forces [forças vivas] ne devient pas se mesurer par la masse multipliée par la vitesse, ainsi que nous avons dit qu'il falloit le faire; mais qu'il falloit les mesurer par le produit de la masse par le carré de la vitesse [...]. Il est absolument indifférent de mesurer la force des corps en mouvement, ou par la masse multipliée par la vitesse simple, ou par la masse multipliée par le quarré de la vitesse; pourvu qu'on n'attache pas la même idée au mot force, dans chaque cas.»* [Bezout 1770d, pp.18-19].

Os conceitos de *vis viva* (força viva) estabelecido por Leibniz (1646-1716) e Christiaan Huygens (1629-1695), quantificado através da expressão mv^2, e o de quantidade de movimento de Descartes (1596-1650), mv, disputaram entre si durante todo o século XVIII o estatuto de verdadeira medida de movimento e de força de um corpo [R. Ponczek 2000]. Os trabalhos de Newton na precisão dos conceitos de volume, peso (força gravítica), força e massa vêm lançar novas pistas à discussão, mas será com D'Alembert, no seu *Traité de Mechanique* (1743), que o conceito de força se clarificará, dv/dt.

[63] *«De quelque manière que plusieurs corps viennent à changer leurs mouvements actuels; si l'on conçoit que le mouvement que chaque corps auroit dans l'instant suivant, s'il devenoit libre, soit décomposé en deux autres dont l'un soit celui qu'il aura réellement après le changement ; le second doit être tel que si chacun des corps, n'eût eu d'autre mouvement que ce second, tous les corps fussent demeurés en équilibre.»* [Bezout 1770c, pp.358-365] – princípios estes que se devem a D'Alembert.

Sobre a verdadeira natureza dos princípios da mêcanica os Estatutos são esquivos – *«não entrará no exame das Forças motrizes; Entes Metafísicos, e escuros; que não servem de mais, que introduzir nublados, e confusões na Foronomia, que é, e deve ser uma Ciência clara, e evidente. Bastando considerar os efeitos destas Forças, sem pretender decifrar a natureza escura delas»* [Estatutos 1772, v.3 p.184][64].

Só nos finais do século XIX é que a questão ficaria resolvida com os trabalhos de James C. Maxwell (1831-1879) e a clarificação do conceito de força e acção à distância, sendo hoje estes dois princípios da conservação da quantidade de movimento e da conservação da energia vistos como complementares das leis de conservação da natureza.

Segue-se o estudo das colisões (corpos duros e elásticos), que aplica conjuntamente com a resistência dos fluidos ao estudo do movimento dos navios (p.ex. maneira de determinar a impulsão da água sobre a proa dos navios e quais as configurações dos cascos de navios que sofrem menos os efeitos de resistência da água). Em seguida Bezout faz um estudo mais pormenorizado do movimento, como por exemplo o movimento rectilíneo em meios resistentes, ou o movimento dos corpos ao longo de planos inclinados e ao longo de superfícies curvas (segundo Alfonsi, Bezout segue em grande parte o plano que D'Alembert usou no *Traité*). É também estudado o movimento circular, o oscilatório e os projécteis[65]. Por fim Bezout trata das máquinas simples.

No que diz respeito aos volumes da Artilharia, as maiores diferenças estão no 4^o volume (o 3^o volume é praticamente igual, embora polvilhado aqui e ali com exemplos mais vocacionados para o domínio da artilharia), que tem por objecto a aplicação dos princípios da mecânica a diferentes casos de movimento e de equilíbrio. Nele vê-se muito mais desenvolvido o capítulo do movimento dos projécteis em meio resistente, apresentando inclusive várias comparações entre os resultados experimentais e valores teóricos[66]; também o estudo das máquinas simples é mais desenvolvido.

Em larga medida, considerando conjunto dos dois cursos, o tratamento que Bezout faz da física-matemática é bastante completo. No prefácio ao 4^o volume do curso da Marinha, escreve,

> *«Je me suis proposé dans cet Ouvrage, de mettre les Lecteurs en état détendre & appliquer la mécanique [...]. Au reste, on ne doit pas perdre de*

[64] Sobre os conceitos de força, energia e quantidade de movimento e as discussões que se geraram desde o século XVII em volta dos princípios da mecânica vejam-se: [Silva & Bastos Filho 1995], [T. Hankins 1965] e [M. Terrall 2004].

[65] O movimento dos projécteis é também estudado em meios resistentes (resistência $\propto v^2$).

[66] A este propósito escrevem os comissários no seu relatório (datado de 11 de Dezembro de 1771 e assinado por D'Alembert, Duséjour e Vandermonde): *«Quant à l'expérience, nous avons cru remarquer entre la théorie et la pratique un accord aussi satisfaisant qu'on pourvoit le désirer.»* [Liliane Alfonsi 2004, p.450].

> *vue que cet Ouvrage étant un Ouvrage de principes, on n'a pu ni dû se livrer à beaucoup de détails dont pourroient être susceptibles quelques-unes des questions mécaniques qu'on y a traitées.»* [Bezout 1770c, pp.iv-v]

Tarefa conseguida segundo os censores,

> *«Nous n'entrerons pas dans un plus grand détail sur les objets nombreux compris dans ces deux volumes : il suffit de dire que Mr. Bezout paroit n'avoir rien oublié de tout ce qui peut rendre cet usage utile et intéressant, tant par les matières qui y sont traitées que par la clarté qu'il y a répandu & par plusieurs choses qui lui sont propres»* [Liliane Alfonsi 2004, pp.448-449]

Se compararmos os conteúdos programáticos, bem como a organização e a estrutura das matérias, estipulados nos Estatutos para a cadeira do 3^o ano, no que respeita à mecânica dos corpos rígidos e dos fluidos[67], com os conteúdos tratados por Bezout no seu *Cours* da Marinha as parecenças são, tal como nas cadeiras do 1^o e 2^o anos, bastantes grandes. Sendo assim é também verosímil afirmar que o *Cours* de Bezout para a Marinha está igualmente na base da estrutura curricular desta cadeira do 3^o ano[68].

Assim sendo impõe-se uma pergunta: por que razão não foram também os compêndios deste autor adoptados para o ensino da mecânica? É realmente de registar alguma surpresa na sua não adopção!, ainda para mais quando as obras que vieram a ser adoptadas têm abordagens formais das matérias muito semelhantes às de Bezout. A resposta para tal parece-nos residir em 3 pontos:

– a maior actualidade científica das obras de Marie e Bossut (publicados em 1774 e 1771 respectivamente) face à de Bezout, mesmo tendo em conta a complementaridade dos dois *cours*;

– ao facto de cada uma delas se dedicar apenas a uma parte da mecânica: Marie, aos corpos rígidos e Bossut, aos fluidos;

– e por fim a ausência do estudo das forças centrais em Bezout, matéria bastante importante por causa da cadeira de Astronomia a ser ensinada no ano seguinte, e que é estudada no compêndio de Marie.

As escolhas dos livros de Marie e de Bossut terá sido efectuada muito provavelmente em 1774 (note-se que as aulas da cadeira de Foronomia deveriam começar no ano lectivo de 1774-75),

[67] A cadeira também contempla como vimos outras matérias como a óptica e a acústica, mas não são abordadas por Bezout, Marie ou Bossut.

[68] Note-se que os 3^o e 4^o volumes do *Cours* da Artilharia são de 1772, portanto já depois dos Estatutos terem sido escritos

> *«A deliberação, que tomou a Congregação da Faculdade das Ciências Matemáticas em escolher os dois tomos do Abade Bossut para as Lições da Hidrodinâmica, que devem seguir-se às da Mecânica que actualmente se estão explicando; não pode deixar de merecer Aprovação, que V. Exa. procura; contendo os referidos Livros as notórias bondades, que V. Exa. referiu nas Três Reflexões da judiciosa Carta com que V. Exa. me dirigiu os mesmos Livros. Em consequência pois da Aprovação, que eles merecem, os torno a restituir a V. Exa., para que por todas as razões, que V. Exa. ponderou, sejam explicados aos Estudantes da mesma Faculdade, conforme o método, que os Professores dela têm acordado, em conformidade com os Estatutos, e com os olhos na geral utilidade dos Estudantes, e na reputação, e Crédito dessa Universidade [ofício do Marquês para o Reitor, de 19-1-1775]»* [DRP 1937-1979, v.1 p.166][69]

Levanta-se também o problema de saber quando é que estas obras começaram a ser traduzidas e quando é que dão entrada na tipografia para impressão os manuscritos da sua tradução. O ano da edição portuguesa é 1775 mas quando, início ou fim do ano? Não o sabemos. Porém, estamos em crer que os primeiros alunos que frequentaram a cadeira no ano lectivo 1774-75 tê-lo-ão feito sem estes compêndios estarem disponíveis. No que diz respeito ao compêndio de hidrodinâmica assim se depreende pela leitura do ofício acima.

Em relação às outras matérias do currículo é certo que a óptica não foi ensinada no ano lectivo 1774-75, conforma atesta a acta da Congregação da Faculdade de 11 de Maio de 1775: *«Os professores Catedráticos deram conta do andamento das suas aulas e informa-se que a matéria de Óptica não iria ser leccionada por falta de livros»* [ACFM 1982-83, v.1 p.20]. No ano lectivo seguinte parece que as coisas já estavam reguralizadas pois em reunião da Congregação de 20 de Abril de 1776 informava-se que, *«o professor da cadeira do segundo ano do curso, disse que os seus discípulos tinham frequentado e mostrado bom aproveitamento mas que para acabar as lições, lhe faltariam 15, ou vinte dias, para fazer os Exercícios necessários; E o mesmo pouco mais ou menos, disseram os Professores do 3º e 4º ano do Curso»* [ACFM 1982-83, v.1 p.28]. Sobre a acústica nada sabemos.

[69] Infelizmente não nos foi possível encontrar nos arquivos que compulsámos documento algum com as *'Três Reflexões da judiciosa Carta com que V. Exa. me dirigiu os mesmos Livros'*.

Analisemos agora os compêndios adoptados.

Para a mecânica foi adoptado e traduzido o,

> *TRATADO // DE // MECHANICA // POR // M. MARIA// DA CAZA, E SOCIEDADE DE // Sorbonna, Censor Régio, e Professor de // Mathematica no Collegio Mazarino.// Traduzido do Francez. // [selo Real] // COIMBRA: // NA REAL OFFICINA DA UNIVERSIDADE. // MDCCLXXV. // Por Ordem de Sua Magestade, e com Privilegio.*[70]

Marie explica logo no *'Avertissement'* (que não foi traduzido nem publicado na edição portuguesa[71]) que o livro está dividido em duas partes: estática e dinâmica – *«la premiere a pour object l'Equilibre, la seconde traite du Mouvement»* –, precedidas de um capítulo introdutório onde explanará os princípios gerais e os fundamentos da mecânica.

Para Marie, a quantidade de movimento de qualquer corpo *«que se move uniformemente»* é igual ao produto da massa pela velocidade: *«Chamando pois M a massa do móvel, e V a sua velocidade, teremos geralmente MV por expressão do seu movimento»* e semelhantemente a D'Alembert escreve, *«Este modo de avaliar as forças de um móvel, tem experimentado muitas contradições [...], [a discussão] não vale certamente o trabalho, depois que por exames reiterados de ambos os métodos tem constado, que dão absolutamente os mesmos resultados na solução dos mesmos Problemas.»* [Tratado de Mechanica 1775, §.24]

Neste capítulo introdutório é abordada a teoria do movimento (simples e composto) e a teoria dos momentos, para terminar com o *'Princípio geral do Equilíbrio'*,

> *«Dois corpos fazem equilíbrio entre si, todas as vezes que, sendo as direcções diametralmente opostas, as quantidades de movimento forem iguais, (...) porque as potencias se medem pelas quantidades de movimento, que elas são capazes de produzir em massas dadas, segue-se que actuando quaisquer potencias mutuamente uma contra as outras, devem guardar-se equilíbrio em todos os casos, em que a forma das que obram para uma parte for igual à soma das que fizerem o seu esforço para a parte oposta»* [Tratado de Mechanica 1775, pp.34-39][72]

[70] O título do original francês completo é: *Traité de Méchanique, Par M. l'Abbé MARIE de la Maison & Société de Sorbonne. Censeur Royal, Professeur de Mathématiques au Collège Mazarin. [...] A Paris, MDCCLXXIV.*

A edição portuguesa teve 3 edições: Coimbra: Imprensa da Universidade, 1775, 1785 e 1812.

[71] A tradução portuguesa, à parte de algumas emendas que analisarems no capítulo seguinte, é uma tradução literal do original. Por conseguinte citaremos da edição portuguesa salvo alguma excepção que devidamente justificaremos.

[72] Compare-se com Bezout: *«Quelles que soient les forces appliquées à un corps, à un systeme de*

A estática é dividida em duas secções: centros de gravidade e máquinas simples. Na primeira são estudados os centros de gravidade de linhas (rectas ou curvas), de superfícies planas e de sólidos; terminando esta matéria com dois capítulos, um sobre o movimento uniforme dos centros de gravidade e o outro sobre os centros de gravidade e os eixos de equilíbrio (ainda é analisado o caso de gravidade variável). No estudo das máquinas simples (alavanca, plano inclinado, roldanas, cunha...) são estudadas as várias questões de equilíbrio de cada uma delas, dando-se vários exemplos concretos da sua aplicação.

A parte correspondente à dinâmica é dividida em três secções, onde são abordados e estudados com maior ou menor extensão os principais assuntos desta parte da mecânica – a precedê-las, um capítulo introdutório com as *«noções preliminares sobre o movimento de um corpo solicitado por muitas potências»*. A 1^a secção é dedicada ao estudo do movimento do corpo livre, dos projécteis e do movimento resultante de forças centrais. Na 2^a secção é estudado o movimento de corpos restringido a várias linhas (onde se estuda o movimento dos pêndulos), a superfícies, bem como o movimento de corpos em meios resistentes. Por fim na 3^a e última secção são estudados os choques, o movimento de rotação e os momentos de inércia.

Marie abordava no seu compêndio praticamente toda a mecânica, tanto do ponto material como do corpo rígido,

> *«les Formules du mouvement varié, les forces Centrales, les Trajectoires des Projectiles, de nouvelles Applications au jet de Bombes et mouvement des Planètes, la gravitation des Corps Célestes, le Problème des trois Corps, la résistance des Milieux, la Théorie des Pendules, la Courbe de la plus vite descende, les Loi du Choc des Corps, le Principe de la Conservation des Forces Vives, le Moment d'Inertie, l'usage des trios Axes Principaux, e la manière de déterminer de Centre d'Oscillation»* [Marie 1774, p.vii].

Comparando a estrutura dos compêndios de Bezout e Marie e o tratamento que dão às diversas matérias, constata-se que Marie as trata de um modo mais estruturado ao dividir o ensino da mecânica em duas partes separadas – *«cet Ouvrage est divise en deux Parties, la Statique & la Dynamique»* –, conseguindo assim um encadeamento mais coerente e mais profundo nalguns casos. Todavia são mais as semelhanças que as diferenças. Os fundamentos da mecânica são tratados de maneira bastante idêntica e assentam nos mesmos princípios. Mesmo nos exemplos práticos fornecidos há semelhanças em ambos os autores, embora os exemplos de Bezout sejam mais direccionados

corps, à une machine, etc. e quelles que soient les directions de ces forces ; si l'ont conçoit que chacune soit décomposée en trois autres [..] et perpendiculaires entre elles; il faut, pour que toutes ces forces puissent se faire équilibre, que la somme des forces qui agissent parallélement à chacune de ces tris lignes, soit zéro» [Bezout 1770c, pp.358-359].

aos futuros pilotos da marinha. Enquanto os exemplos escolhidos por Marie não evidenciam essa necessidade e são por isso mesmo mais genéricos. Marie também faz um estudo bem mais desenvolvido dos centros de gravidade que Bezout, abordando toda uma série de situações: determinação dos centros de gravidade quando os corpos estão numa mesma linha recta; no mesmo plano, ou em planos diferentes; bem como a determinação dos centros de gravidade de linhas; de polígonos; ou de qualquer curva (tudo isto acompanhado de muitos e variados exemplos); bem como a determinação dos centros de gravidade de qualquer superfície plana ou curva e dos sólidos. Na estática, no capítulo das cordas (na tradução portuguesa [Tratado de Mechanica 1775, pp.98-111]) Marie debruça-se sobre o problema da catenária *«na hipótese das direcções paralelas à gravidade»* e na *«hipótese das direcções convergentes para o centro da Terra»* – este assunto merecerá a nossa atenção quando analisarmos a tradução portuguesa, pois uma emenda que Monteiro da Rocha aí faz ao original francês é alvo de crítica por parte de Anastácio da Cunha.

Outra grande diferença é que Marie estuda as forças centrais, coisa que Bezout não faz, com um capítulo dedicado ao movimento do planeta Marte e ao cálculo da sua anomalia e outro ainda sobre a solução analítica do *'problema dos três corpos'* [Tratado de Mechanica 1775, §§.203-228]. O não tratamento deste tema por Bezout poderá ser uma das principais razões para se ver preterido face a Marie, visto esta matéria ser, como os Estatutos sublinham, de especial interesse: *«Com muito particular cuidado se tratará do movimento por linhas curvas em virtude das Forças centrais: Para que os discípulos, ajudados da Explicação Elementar desta Doutrina, possam no seguinte Ano entrar com facilidade na inteligência das aplicações dos corpos Planetários.»* [Estatutos 1772, v.3 p.185].

Para o estudo da hidrodinâmica foi adoptado o,

> *TRATADO // DE // HYDRODYNAMICA // POR // M. BOSSUT // DA ACADEMIA REAL DAS SCIENCIAS // de Paris, Examinador dos Ingenheiros // etc. etc. // TRADUZIDO E ABBREVIADO // do Francez // [selo Real] // COIMBRA: // NA REAL OFFICINA DA UNIVERSIDADE // MDCCLXXV // Por Ordem de Sua Majestade, e com Privilegio Real.*

Uma tradução algo abreviada do *Traité Élémentaire d'Hydrodynamique* [Bossut 1771][73]. Neste livro bem escrito e claro Bossut pretende abordar os principais conceitos

[73] Como veremos no próximo capítulo só não foram traduzidos 2 capítulos da edição original: o capítulo III: *«Recherches expérimentales sur la direction des particules d'un fluide dans l'intérieur du vase oú elles se meuvent, et sur la contraction de la veine fluide au sortir de l'orifice»*, e o capítulo

e estudar os temas centrais da hidrodinâmica – *«Dès faits multiplicats , analysés avec attention, & ramenés autant qu'il est possible à des lois générales, perfect composer une espèce de théorie dépourvu, à la vérité, de la rigueur Géométrique, mais simple, lumineuse, & usuelle. C'est dans cette vue que j'ai entrepris le traite qu'on va lire.»* [Bossut 1771, v.1 p.xvii].

A constante interligação entre a teoria e a prática é uma evidência que se destaca da leitura do *Traité Élémentaire d'Hydrodynamique.* Em todos os capítulos são descritas as experiências que estabelecem, ou tentam estabelecer, os princípios fundamentais da hidrodinâmica e que sustêm todo o edifício teórico ainda debilmente construído – *«Avant d'y appliquer la Géométrie et de Calcul, nous crûmes devoir consulter l'expérience, soit pour vérifier les éléments des théories déjà connues à ce sujet, soit pour nous procurer les donnés qui pussent servir de base a une nouvelle solution.»* [Bossut 1777, p.3] –, é a abordagem pelo método analítico defendido por D'Alembert para a investigação dos fenómenos naturais[74].

Bossut divide a obra em 2 partes: a hidrostática e a hidráulica – *«Mon Ouvrage embrasse l'Hydrostatique & l'Hydraulique. J'ai cru devoir reprendre ainsi toute la matière par les premiers principes, afin de donner plus de clarté & de méthode à ce Traité»* –, e é prefaciada com uma memória, que Bossut já havia lido na Academia das Ciências de Paris em 12 de Novembro de 1768, onde é feita uma resenha bastante interessante da história da hidrodinâmica [Bossut 1771, v.1 pp.i-xxxvii]. Este *'Discour Préliminaire'* não foi traduzido para português, facto que surpreende pois serviria na perfeição para os prolegómenos que os Estatutos aconselhavam.

Bossut começa a matéria propriamente dita com uma breve introdução onde apresenta as noções fundamentais da mecânica dos fluidos e clarifica as principais definições, sendo a hidrodinâmica definida como a «ciência *que tem por objecto as leis do Equilíbrio, e do Movimento dos Fluidos»*, e a hidrostática como *«a parte dela que considera o Equilíbrio»* e a hidráulica *«a que trata do movimento»* [Tratado de Hydrodynamica 1775, p.1]. Esclarece também o próprio conceito de fluido, *«corpo que se compõe de moléculas tenuíssimas, independentes umas das outras, e perfeitamente móveis em todo o sentido»* (e dá exemplos: o vinho, a água, o mercúrio, o ar, a chama, etc...), bem como os conceitos de massa, volume e densidade. Para Bossut fluido perfeito é uma abstracção teórica, pois na realidade *«as partes de qualquer deles se unem entre si com um certo grau de aderência, e tenacidade, que não é a mesma em todos, e que no mesmo fluido pode variar, em razão do frio, do calor, e de outras causas físicas»* [Tratado de Hydrodynamica 1775, p.1].

IV: *«Expériences et réflexions sur le mouvement des eaux qui sortent des réservoirs ou elles sont continues».*

[74] Já agora refira-se que os comissários da Academia das Ciências de Paris que analisaram esta obra de Bossut foram D'Alembert e Nollet.

Na hidrostática (3 capítulos) são tratados primeiro os fluidos incompressíveis, seguindo-se depois os compressíveis. No 3^o capítulo estuda o equilíbrio dos corpos imersos em fluidos, abordando as questões que se prendem com a pressão que os fluidos exercem nas superfícies dos vasos rígidos e flexíveis e a forma que os vasos flexíveis adoptam quando cheios de um líquido. No capítulo dos fluidos compressíveis (o ar é o principal fluido estudado) são estudados a máquina pneumática, o barómetro e o termómetro. Em todas as matérias o apelo à experiência e a exemplos práticos é abundante.

A hidrodinâmica, que na tradução portuguesa se divide em 10 capítulos, é iniciada com algumas reflexões sobre a dificuldade de estabelecer uma teoria exacta do movimento dos fluidos, fazendo Bossut uma sinopse da *'Ideia geral das tentativas dos Geómetras sobre esta matéria'*, ilustrando essa dificuldade. Ao contrário da hidrostática, onde desde os trabalhos de Arquimedes os princípios fundamentais estavam mais ou menos bem estabelecidos, a hidrodinâmica ainda não tinha naquela altura estabelecido com o rigor desejado os seus próprios princípios e para tal o papel desempenhado pela experimentação, em forte interdependência com a teoria, era indispensável – *«l'expérience marche presque partout à la suit de la théorie ; elle la confirme, l'éclaire, ou même la supplée en certains cas oú le mouvement du fluide, par ses irrégularités, ne donne aucune prise à la Géométrie.»* [Bossut 1777]. O estudo da hidrodinâmica começava pelo estudo do movimento e escoamento das águas em vasos e tubos e pela determinação das velocidades desse mesmos escoamentos (no capítulo II estudavam-se os escoamentos até ao completo esvaziamento das vasilhas [Tratado de Hydrodynamica 1775, pp.155-174]). Seguia-se depois o estudo das fontes, repuxos e do encanamento e movimento das águas em calhas de variadas formas e tamanhos – *«Le mouvement dês eaux dans dês canaux, offre un nouveau champ de recherches curieuses par elles-memes, & utiles dans la pratique.»* [Bossut 1771, p.xxx] –, sendo também estudados os movimentos da água nos rios e canais. Em seguida era estudado o movimento e o *'choque dos fluidos'* – *«teórica ordinária da percussão dos fluidos e as considerações acerca da melhor maneira de empregar a acção dos fluidos para fazer mover as máquinas»*. Havia ainda um capítulo muito importante do ponto de vista prático sobre o movimento de oscilação e ondulação dos fluidos, pois nele abordava-se o estudo da ondulação e do movimento dos navios no mar. O compêndio terminava com um capítulo dedicado ao movimento dos fluidos elásticos, onde segundo o autor havia ainda muitas especulações teóricas: *«Je donne la théorie du mouvement dès fluides avec le même degré de précision auquel les géomètres ont pu atteindre jusqu'ici; & je n'oblige rien pour mettre de la simplicité & de l'uniformité dans mes calculs.»* [Bossut 1771, p.xxxi]

O tratamento feito destas matérias por Bossut é bem mais profundo do que o que faz Bezout. Tal não é de estranhar, pois Bossut é um dos principais cientistas que na época se dedica ao estudo dos fundamentos teóricos desta disciplina. O seu compêndio apesar de ser um livro escrito para o ensino, e ter por isso mesmo também uma forte preocupação didáctica que se manifesta na clara e precisa exposição das matérias, é também um livro com um certo pendor científico, apresentando Bossut as suas próprias investigações experimentais e pesquisas teóricas. No que diz respeito à teoria do movimento dos fluidos, Bossut considerava que o seu livro ia mais longe nessa matéria que os de outros autores – *«Je crois que cette branche de mon Livre paroitra nouvelle à quelques égards. On y trouvera, par exemple, la détermination générale de l'effet des routes à ailes; problème épineux, qui n'avoit encore été résolu que dans un cas très particulier.»* [Bossut 1771, p. xxxvi]. É precisamente esse pendor de investigação e essa componente científica do compêndio que sobressai numa recensão posterior de Condorcet,

> *«Il n'y a qu'un géomètre, et un géomètre bien exercé à la théorie et au calcul, qui puisse donner aux expériences la forme quelles doivent avoir pour être comparables avec la théorie, pour qu'on puisse les employer à rectifier les hypothèses, ou à trouver une théorie conforme à la nature ; il n'y a qu'un géomètre qui puisse savoir, soit quelle précision peut produire dans la théorie, une expérience dont le degré d'exactitude est donné, soit réciproquement avec quelle précision les expériences doivent être faites, pour qu'on puisse les employer à fonder une théorie ou à la vérifier. Des expériences faites par un géomètre tel que M. l'abbé Bossut, doivent donc être bien précieuses, tant pour les mathématiciens qui voudront approfondir la théorie des fluides, que pour les mécaniciens qui s'occupent d'Hydraulique. En effet, l'Hydrodynamique de Bossut est devenue un livre classique en France et dans les pays étrangers.»,* citado em [Bossut 1802, v.2 pp.423-424].

Os compêndios de Marie e de Bossut adequam-se perfeitamente ao programa curricular da mecânica tal como ele é determinado pelos Estatutos de 1772. Comparativamente com Bezout, todas as matérias que se determinava estudar na *«Ciência Geral do movimento com a sua aplicação a todos os Ramos da mesma Foronomia, que constituem o Corpo das Ciências Físico-Matemáticas; como são a Mecânica, Estática, Dinâmica, Hidráulica, Hidrostática...»* [Estatutos 1772, v.3 p.166], são abordadas por estes autores mais aprofundadamente[75].

[75] Curioso e estranho é ver que o *Tratado de Hidrodinâmica*, de Bossut, ainda era o livro usado para o ensino dessa matéria no distante ano lectivo de 1842-43, conforme se pode ler na *Relação dos Livros de que se devem prover os Estudantes da Universidade de Coimbra, ano lectivo 1842-43* [AUC IV-1^{o}E-1-4-7], quando outras obras mais modernas já eram referência no ensino além fronteiras.

Vejamos agora o compêndio adoptado para o ensino da óptica

> *LEÇONS // ÉLÉMENTAIRES // D'OPTIQUE. // Par M. l'Abbé DE LA CAILLE de l'Académie // Royale des Sciences, de celles de Prusse, de Suède, // & de l'Institut de Bologne ; Professeur de // Mathématiques au College Mazarin. // Nouvelle Edition, revue, corrigée & augmentée. // [selo] // A PARIS, // Chez H. L. Guerin & L. F. DELATOUR, // rue S. Jaques, à S. Thomas d'Aquin. // [traço divisório] // MDCCLVI // Avec Approbation & Privilège du Roi.*

Este livro de Lacaille não foi traduzido e até hoje havia alguma incerteza sobre o ter sido ou não adoptado para as aulas desta matéria[76]. Porém essas incertezas ficam dissipadas pela existência de um manuscrito, na secção de Reservados da BGUC, intitulado: *Figuras da Optiqua* [UCBG Ms.3154], onde se reproduzem as 96 figuras do compêndio de Lacaille. Essas figuras foram desenhadas por Joaquim José da Silva Nogueira, abridor de cunhos da Imprensa da Universidade de Coimbra, a mando de José Monteiro da Rocha para lhe servir de apoio às aulas. Entre 1775 e 1781 Joaquim José desenhou ainda as *Figuras de Mechanica* [BGUC Ms.3152] e as *Figuras de Hydrodynamica* [BGUC Ms.3153], reprodução das figuras que acompanham, respectivamente, as obras de Marie [Tratado de Mechanica 1775] e de Bossut [Tratado de Hydrodynamica 1775][77].

A 1^a edição das *Leçons élémentaires d'Optique* é de 1750. A 2^a edição revista e aumentada com uma nova secção dedicada à Perspectiva – *Troisieme Partie, de la Perspective* –, é de 1756. Foi esta 2^a edição que usámos no nosso estudo. À data da elaboração dos Estatutos da Universidade (1771-72) este compêndio já se tornara, pelo menos em França, uma obra de referência usada no ensino da óptica e por isso mesmo terá também influenciado a sua redacção.

Lacaille faz questão de sublinhar que apesar da óptica ser uma das matérias, dentro das ciências físico-matemáticas, à qual as pessoas reconhecem facilmente *'utilidade e embelezamento'*, no dia a dia todos são confrontados com a *'beleza dos fenómenos luminosos'*, a verdade é que como ciência que é o seu estudo está reservado à matemática. O livro trata da óptica geométrica, com os *Elementos de Euclides* a serem frequentemente citados a respeito de algumas considerações geométricas, e não se abordam questões e

[76] Francisco de Lemos não o refere da sua Relação [Francisco de Lemos 1777], mas Castro Freire afirma a sua adopção [Castro Freire 1872, p.38].

[77] No AUC encontra-se um documento assinado por Monteiro da Rocha que esclarece a origem e finalidade destas *'Figuras'*: *«Atesto que Joaquim José da Silva Nogueira tem trabalhado no risco das estampas pertencentes à Óptica que hão-de formar a terceira divisão das que são necessárias para as lições da minha cadeira satisfazendo o que se lhe tem encomendado com diligencia e exactidão; Coimbra, 28 de Abril de 1781, José Monteiro da Rocha»* [AUC IV-1^aE-1-4-8].

discussões físicas acerca da natureza da luz. Propondo situações reais e partindo dos princípios gerais e fundamentais todas as matérias são tratadas de maneira simples e clara e com todo o rigor matemático que exigem. Mesmo o tratamento de uma ou outra questão mais profunda é feito com preocupação de clareza, o que justifica o sucesso que na época a obra alcançou (ainda hoje poderia ser lido com proveito à parte de alguma dificuldade de notação).

As *Leçons Élémentaires d'Optique* estão divididas em 2 partes. Na primeira parte – *'de l'Optique proprement dite'* –, são enunciados os princípios fundamentais e as propriedades gerais da luz e da visão; na segunda parte – *'qui contient la Catoptrique et la Dioptrique'*, são estudados os fenómenos da reflexão em todas as espécies de espelhos (planos e esféricos) e da refracção, havendo capítulos dedicados ao estudo dos instrumentos ópticos, onde para além dos microscópios e telescópios é também estudado o olho humano (tema de grande importância para a Medicina como sublinha o autor).

O capítulo sobre os telescópios é um capítulo que interessa obviamente à astronomia, nele são estudados o funcionamento e construção dos *'telescópios por refracção'* e dos *'telescópios catadióptricos'* – este estudo é complementado no capítulo seguinte com a abordagem de aspectos mais técnicos da sua construção – *'obstáculos que surgem da esfericidade das superfícies e a maneira de os remediar'; 'dos obstáculos que resultam da decomposição da Luz'* [Lacaille 1756, pp.83-117].

O último capítulo do livro – *Diverses questions sur l'Optique* [Lacaille 1756, pp.118-127] –, trata de algumas questões e problemas (25 no total) que tentam relacionar os resultados da óptica teórica com os da física experimental, mas que por falta de espaço, esclarece o autor, não foram consideradas anteriormente – *«qui ne fait pas l'object de nos Exercices, nous ont obligé de passer sur une infinité de recherches curieuses & interessantes.»* [Lacaille 1756, pp.118].

5.3.4 Os compêndios para a cadeira de Astronomia

Para a o ensino da astronomia foi adoptado um outro compêndio de Lacaille – *«Cadeira de Astronomia, Compêndio de Mons. Lacaille»* [Francisco de Lemos 1777, p.83],

> *LEÇONS // ÉLÉMENTAIRES // D'ASTRONOMIE // GEOMETRIQUE ET PHYSIQUE // Par M. l'Abbé DE LA CAILLE, de l'Académie // Royale des Sciences, de celles de Petersbourg, // de Berlin & de Stockholm; des Sociétés Roya // les de Londres & de Gottingue; de l'Institue // de Bologne ; Professeur de Mathématiques au // College Mazarin. // Nouvelle Edition, revue, corrigée & augmentée. // [selo] // A PARIS, // Chez H. L. Guerin & L. F. DELATOUR, // rue S. Jaques, à S. Thomas*

d'Aquin. // [traço divisório] // MDCCLXIV // Avec Approbation & Privilège du Roi.[78]

O geógrafo italiano Adrien Balbi (1782-1848), que visitou Portugal em 1820, também refere essa adopção [Adrien Balbi 1822, v.2 p.43] e à semelhança dos manuscritos com as figuras de óptica, hidráulica e mecânica também existe um similar com a reprodução das figuras deste livro de Lacaille – *Figuras de Astronomia* [OAUC R-F-9]. Já Castro Freire afirma que foi adoptado o *Astronomie,* de Lalande [Castro Freire 1872, p.38]. Na realidade como veremos mais à frente (PARTE III, capítulo 12) ambos os livros, entre outros, serviram para o ensino desta disciplina. Porém aqui interessa-nos analisar estas *Leçons Élémentaires D'Astronomie,* de Lacaille, pois é evidente a sua influência na redação do programa da cadeira.

Como tentámos mostrar atrás os conteúdos programáticos das 3 primeiras cadeiras do *'Curso Mathematico'* foram fortemente inspirados e dominados pela disposição, estrutura e conteúdos das matérias do *Cours* de Bezout. Já no que diz respeito à cadeira do 4^o ano isso não se passa. Embora Bezout trate no 6^o volume – *Traité de Navigation* (1769) [Bezout 1764-69, v.6] –, de várias matérias astronómicas, este não é, nem pretendia ser, um compêndio para o ensino teórico e prático da astronomia. Os temas aí tratados restringem-se a temáticas de interesse meramente prático e são vocacionados para assuntos da náutica e prática da pilotagem. O *Traité de Navigation*, que se divide em 4 secções, é assim dirigido especialmente aos alunos da marinha e os temas astronómicos abordados são em larga medida os que se prendem às determinações das latitudes e longitudes. Nas 3 primeiras secções são abordadas a prática e os ensinamentos básicos para a rotina da pilotagem, ensinando-se os principais métodos *'pour resoudre les questions de Navigation'*, bem como o estudo da figura da Terra e a construção e uso das cartas de navegar. Nas 2^a e 3^a partes são aprofundados alguns princípios astronómicos úteis aos pilotos com exemplos práticos comuns à vida dos homens do mar. Na 4^a parte são desenvolvidos com mais profundidade os métodos de determinação das latitudes e longitudes, exigindo do leitor um maior domínio da trigonometria esférica. Para a determinação da latitude é explicado o método do octante, bem como o uso e funcionamento deste instrumento – em 19 Outubro de 1769 Bezout fez uma comunicação à Academia da Marinha de Brest sobre este assunto [Liliane Alfonsi 2005, p.215]. Para a determinação da longitude são descritos vários métodos, aos quais dedica os seguintes capítulos: *'Pelos relógios marítimos'*;

[78] A 1^a edição é de 1746 (Bouguer e Maraldi foram os censores – *'Extrait des Registres de l'Académie Royale des Sciences, du 20 Août 1746'*). Terá ainda mais 4 edições francesas: 1755, 1761, 1764 e 1780 (esta última revista e aumentada por Lalande). Em 1750 é publicada em Londres uma tradução inglesa por John Robertson – *The Elemens of Astronomie, translated from the french of M. de Lacaille* (1750). Em 1757 (e também em 1762) sai em Viena uma tradução em latim e, em 1757, outra em Praga.

'Por observação de um fenómeno instantâneo no Céu'; *'Pela medida da distância a uma Estrela, à Lua ou ao Sol'*, ou seja o método das distâncias lunares (ver o nosso capítulo 14).

Estando o livro de Bezout adequado às necessidades dos estudantes de uma escola da marinha, não o estava efectivamente para estudantes de uma cadeira específica de astronomia ministrada num curso geral de matemática[79]. Se o livro de Bezout não servia para o ensino duma cadeira de astronomia, o mesmo não se pode dizer do livro de Lacaille, este sim um compêndio especialmente escrito para esse fim,

> *«Les Leçons contenues dans ce Livre, pourront servir d'introduction à la lecture des savants Ouvrages qui ont paru en grand nombre sur différentes parties de l'Astronomie [...], j'ai taché de l'exposer de sorte que la lecture inspirait un esprit de recherche, l'envie d'approfondir davantage ; de voir par soi-même, & de calculer. Puisque ce Livre est destiné è mettre au fait des découvertes anciennes & modernes, & des meilleures méthodes qu'on doive suivre dans la pratique de l´Astronomie»* [Lacaille 1764, p.v][80].

O livro de Lacaille está perfeitamente adequado ao programa curricular da cadeira de astronomia a ser ministrada na nova Faculdade coimbrã. Melhor dizendo para sermos mais correctos, parece-nos que: o programa da cadeira de astronomia, conforme os Estatutos assentam, inspira-se fortemente neste livro de Lacaille.

Mandam os Estatutos que *«a Quarta [cadeira] será a de Astronomia. Nela se ensinará a Teórica do movimento dos Astros, tanto Física como Geométrica»* [Estatutos 1772, v.3 p.167], precisamente o objectivo da obra de Lacaille tal como o afirma em título – *Leçons Élémentaires d'Astronomie Geometrique et Physique.*

No *'Avertissement'*, Lacaille disserta sobre o esplendor e a importância da astronomia,

> *«La vue de ce spectacle si magnifique, e ces calculs si capables d'occuper entièrement les plus génies, ne seroient après tout qu'un pur amusement,*

[79] *«Cet ouvrage nous a paru renfermer les connaissances nécessaires à son objet, et les présenter avec méthode et clarté [...], il nous paraît très propre à leur faciliter l'étude de cette partie.»* [Liliane Alfonsi 2005, pp.449-450] – escreve D'Alembert no relatório que redige sobre o livro e do qual foi avaliador juntamente com Duhamel. D'Alembert estava bem a par dos problemas astronómicos específicos à marinha, ou não fosse ele o autor das entradas *'Longitude'* e *'Latitude'* da *Encyclopédie.* No verbete *'Longitude'* D'Alembert cita o *Traité de Navigation* (1753), de Pierre Bouguer no qual o próprio Bezout se inspirou [Encyclopédie 1751-1772, v.9 p.688]. Em 1785 este livro de Bezout foi traduzido para servir as aulas da Academia dos Guardas-Marinhas – *Continuação do Curso de Mathematicas para uso dos Guardas-Bandeiras e Guardas-Marinha, que contém o Tratado de Navegação, por Monsieur Bezout* (Lisboa: Régia Officina Typografica, 1785). Em 1810 sai uma nova edição intitulada *Navegação* (Lisboa: Imprensa Regia, 1810) [Rodolfo Guimarães 1909, p.349].

[80] Mais à frente Lacaille afirma explicitamente que o livro foi escrito para suprir as necessidades do ensino da astronomia no Colégio de Mazarin no qual era professor: *«parce que nous n'avions pás d'Elemens d'Astronomie, ou le Géometrique & le Physique sussent joints ensemble quelque ordre.»*

> *s'ils ne nous portointe sans celle à louer la grandeur e la sagesse de Dieu, à lui marquer notre reconnaissance, e si les Hommes n'avoient su en tirer parti pour le bien de la Société. L'Astronomie, en effet, est l'arbitre de la distribution civile des temps, l'âme de la Chronologie e de la Géographie, e l'unique guide des Navigateurs»* [Lacaille 1764, p.iii-iv]

Ideia que os próprios Estatutos reproduzem,

> *«[esta] ciência sublime; que não somente interessa a curiosidade, e admiração dos homens, apresentando-lhes o espectáculo magnifico do Céu, em que resplandece o Poder, e Sabedoria do Criador; mas também serve de grandes utilidades; sendo Ela a que fixa as Épocas; regula os tempos; determina a situação dos Lugares; e ensina as derrotas aos Mareantes»* [Estatutos 1772, v.3 p.189].

Segundo os Estatutos o ensino da astronomia deveria principiar pela trigonometria esférica, matéria preliminar pela qual também começa a obra de Lacaille – *Traité Préliminaire de la Trigonométrie Sphérique* [Lacaille 1764, pp.1-32]. Quanto ao estudo da astronomia propriamente dita estipulavam os Estatutos que este deveria ser feito tendo em atenção a articulação dos fenómenos para que os que dependessem de uma mesma causa comum fossem juntamente ensinados, *«para dar a razão deles ao mesmo tempo; porque assim haverá mais clareza no exame das coisas, que estão unidas pelo vínculo de uma razão comum; e se verá com mais facilidade, como de um mesmo princípio resultam tantas, e tão diversas aparências, e irregularidades no movimento dos Astros; as quais se não poderiam entender facilmente de outra maneira»* [Estatutos 1772, v.3 p.192]. E é esta a abordagem levada a cabo por Lacaille, debruçando-se primeiro sobre a *'astronomia solar'*, para depois considerar os fenómenos vistos da Terra – *'astronomia terrestre'*. Mesmo no tratamento de matérias subsequentes o paralelismo é bastante evidente. Estipulam os Estatutos que em seguida se deveria estudar os movimentos dos satélites em relação ao planeta principal, com especial destaque ao caso da Lua, referindo explicitamente que *«a Teórica da Lua é a mais difícil, e a mais importante»*, ao qual se deveria seguir a investigação dos eclipses e dos trânsitos, com especial detalhe nos eclipses solar e lunar. Precisamente a estrutura que Lacaille segue nas suas *Leçons*.

A análise mais pormenorizada deste compêndio, bem como dos outros que também foram adoptados, será desenvolvida no capítulo que dedicaremos ao ensino e à produção astronómica do Observatório Astronómico (capítulo 12). Aqui apenas afirmamos o que nele desenvolveremos com mais pormenor: o *Leçons de Élémentaires d'Astronomie Geométrique et Physique*, de Lacaille foi seguramente usado na fixação do programa curricular da cadeira do 4^o ano.

5.3.5 Os compêndios para as cadeiras de História Natural e Física Experimental

O estudo dos compêndios não ficaria completo se terminássemos este capítulo sem referirmos, ainda que superficialmente, como acabará por o ser, os compêndios adoptados para as cadeiras de História Natural e Física Experimental.

Na cadeira de História Natural o autor inicialmente adoptado foi Lineu (1707-1778): *Systema Naturae* (Leiden, 1735); *Philosophia Botânica* (Leiden, 1736); *Genera Plantarum* (Leiden, 1737) e *Classes Plantarum* (Leiden, 1738). Segundo Amorim da Costa estes compêndios eram tão do agrado da Congregação da Faculdade de Filosofia que esta, em consequência da Carta Régia de 26 de Setembro de 1786, apenas estipulou que o professor da cadeira escrevesse um livro de introdução ao *Systema* [A. Costa 2000, p.173].

Quanto à cadeira de Física Experimental o livro inicialmente adoptado foi o compêndio de física experimental de Pieter van Musschenbroek (1692-1761): *Elementa Physica* (1726) [Francisco de Lemos 1777, p.103]. Segundo Rómulo de Carvalho este livro está perfeitamente de acordo com o espírito dos Estatutos, que mandam que as *«lições se farão sempre pelos melhores autores»*, provavelmente terá sido usada a tradução que dele fez Joseph-Aignan Sigaud de Lafond (1730-1810) – *Cours de Physique Expérimental et Mathématique,* 3 vols. (Paris, 1769) [Rómulo de Carvalho 1978, p.40].

O livro de Musschenbroek terá servido o ensino até ao ano 1789-90, data em que Giovanni Antonio Dalla Bella (1730-c.1823) dava como pronto o seu compêndio em 3 volumes: *Physices Elementa*[81],

> *PHYSICES // ELEMENTA // USUI // ACADEMIAE CONIMBRICENSIS // ACCOMMODATA // PARS. I // [coroa real] // CONIMBRICAE: // TYPIS ACADEMIAE M DCCLXXXIX // Permissu Regiae Curiae Commissionis Generalis pro // Librorum Examine, ac Censura // Taxatum hujus Voluminis pretium est 1800 R.*[82]

O livro de Dalla Bella é fortemente inspirado nas obras dos grandes autores do século XVII e XVIII, como Jean Théophile Desaguliers (1683-1744), Willem Jacob's

[81] Dalla Bella andaria desde 1784 a preparar um compêndio para as suas aulas, tendo no ano seguinte já terminado um dos volumes que mais tarde viria a compor a obra [Rómulo de Carvalho 1978, pp.40-41].

[82] O segundo volume, *PARS II,* tem o mesmo rosto, mas com a indicação de preço de 1600 reis; o terceiro, *PARS III*, acrescenta ainda em itálico – *«Accedit etiam Índex Instrumentorum ad Physicam // Experimentalum pertinentium, quae Jussu Rgis // Fidelissimi JOSEPHI I. Bonarum Ar- // tiuum ac Scientiarum Instauratoris // Magnificentissimi fieri curvati // Auctor // [coroa real] // CONIMBRICAE // TYPIS ACADEMICIS // [linha separadora] // MDCCLXXXX // FIDELISSIMAE REGINAE JUSSU»*.

Gravesande (1688-1742), Musschenbroeck, Jean-Antoine Nollet (1700-1770) e Joseph-Aignan Sigaud de Lafond (1730-1810), entre outros, e que Dalla Bella parecia conhecer bem – a este propósito consulte-se a lista de autores citados pelo próprio Dalla Bella para a organização do Gabinete de Física em [Rómulo de Carvalho 1778, pp.111-118]. O 1^o volume trata *«das propriedades gerais da matéria, da Gravidade, da Mecânica e das propriedades dos sólidos e dos fluidos»*; o 2^o volume, continuação em parte do anterior, dedica-se ao estudo da acústica, da óptica e do calor. Sendo o 3^o volume dedicado ao estudo dos fenómenos da electricidade e do magnetismo.

Embora grande parte das matérias tratadas por Dalla Bella estejam em perfeita concordância com os conteúdos programáticos estipulado nos Estatutos, Simões de Carvalho considera-o fraco – *«um tratado elementar de física em latim, livro defeituoso e prolixo, em que faltam assuntos essenciais, já ensinados pelas obras da época»* [Simões de Carvalho 1872, p.274]. Não podendo dizer de nossa justiça, pois a análise deste livro está para além do principal objectivo do nosso trabalho, e o latim em que foi escrito impossibilita-nos uma leitura mesmo que superficial, registamos a opinião avaliadora de Rómulo de Carvalho que o considera *«bastante aceitável, embora modesto»* [Rómulo de Carvalho 1778, p.56].

Capítulo 6

Monteiro da Rocha e as traduções dos compêndios adoptados para a *Faculdade de Mathematica*

A análise das traduções revela-se de grande importância por não serem totalmente literais, mas sim, como era comum na época, aditadas com notas e comentários da responsabilidade do tradutor, o que nos permitirá lançar algumas luzes sobre os conhecimentos científicos e as preocupações didáctico pedagógicas de Monteiro da Rocha. Ao longo de cada uma destas obras é frequente depararmo-nos com referências que remetem para os vários volumes entre si, o que evidência um interesse da sua parte em dar uma certa unidade de conjunto aos vários compêndios traduzidos.

A tradição historiográfica aponta Monteiro da Rocha como o responsável pela tradução destes compêndios[1]. O seu ex-colega Anastácio da Cunha afirma-o como o tradutor da Aritmética e da Trigonometria de Bezout, bem como do Mecânica de Marie [A. Teixeira 1890-92]. Contudo não encontrámos documento algum que comprove inequivocamente que as restantes traduções tenham sido suas.

A tradução dos dois volumes dos *Elementos de Analisi* (Coimbra, 1774) não lhe é atribuída, mas sim a Fr. Joaquim de Santa Clara (1740-1818) [O Panorama 1839, v.3 p.335][2], o que nos parece pouco verosímil. Santa Clara era, à data da publicação das

[1] [Castro Freire 1872, p.33], [Inocêncio da Silva 1858-1923, v.5 pp.75-76], [Gomes Teixeira 1934, p.229], e mais recentemente [Valter Roque 2003, p.12] e [Mafalda Pedroso 2004, p.96].

[2] *«Logo no princípio da reforma da Universidade de Coimbra, e quando ainda não havia recebido o grau de Dr., foi o P. Santa Clara encarregado de traduzir em linguagem portuguesa os Elementos de Análise, e de Cálculo diferencial e integral de Bezout [edição de 1774], que depois ilustrou o Dr. Faria [2ª edição de 1793]; e ainda hoje servem de texto as lições do 2.° ano do curso matemático na mesma*

traduções, aluno da Faculdade de Teologia e não professor na Universidade[3]. Não nos parece credível que se entregasse a responsabilidade da tradução de um compêndio para as aulas a uma pessoa que não pertencia à Faculdade de Matemática, nem era professor da instituição académica mas sim seu aluno! Porém já nos parece razoável que o verdadeiro responsável da tradução, Monteiro da Rocha, tivesse sido coadjuvado por Santa Clara[4] – a verdade é que não encontrámos documento algum que no-lo esclareça. Esta primeira tradução iria servir o ensino até ao ano de 1793, ano em que sairia uma nova tradução *«correcta e accomodada para uso das Escolas de Mathematica da Universidade»* feita por José Joaquim Faria[5] e que foi prontamente adoptada conforme deliberação da Congregação da Faculdade de 8 de Outubro de 1794 [ACFM 1982-83, v.1 p.125][6].

Os 6 compêndios que foram traduzidos e publicados entre 1773 e 1775 para uso das aulas e que estudaremos de seguida, são: *Elementos de Arithmetica* (1773); *Elementos de Trigonometria Plana* (1774); *Elementos de Analisi Mathematica* (1774), que compreende 2 volumes, o de álgebra e o de cálculo infinitesimal; *Tratado de Mechanica* (1775) e o *Tratado de Hydrodinamica* (1775). Como nenhuma das traduções, com excepção para os *Elementos de Trigonometria Plana*, tem prefácio, ou advertência alguma do tradutor acerca de eventuais alterações por si introduzidas face ao original, é necessário e conveniente, antes de tudo o mais, tecer algumas considerações sobre a metodologia que usámos na sua análise.

Uma leitura comparativa linha a linha da obra traduzida e do respectivo original seria absurda não só pela morosidade de tal tarefa, e que certamente a inviabilizaria, mas também porque estamos convictos que não nos providenciaria um maior rigor

Universidade.» – o acrescento no título de *«e Cálculo Diferencial e Integral»* está a mais. Inocêncio da Silva mais tarde repete-o [Inocêncio da Silva 1858-1923, v. XII p.74] e Castro Freire não inclui os [Elementos de Analisi 1774] entre as obras traduzidas por Monteiro da Rocha [Castro Freire 1782, p.33]. Mais recentemente Manuel Augusto Rodrigues repete Inocêncio [ACFM 1982-83, v.1 p.189].

[3] Fr. Joaquim de Santa Clara Brandão obterá o grau de Licenciado e Doutor em Outubro de 1778. Virá depois a ser lente da cadeira de Hebraico (1780-1793) e Catedrático e Decano da Faculdade de Teologia e sócio da ACL. Sucederá a Cenáculo como Bispo de Évora, em 25 de Julho de 1814.

[4] O seu biógrafo afirma que possuía *«uma não vulgar formação nas Ciências Matemáticas e Físicas: e tal era a predilecção que por elas tinha desde os seus primeiros anos, que ainda depois de Doutor e de Mestre não só procurava adiantar nesta parte os seus conhecimentos conferindo muitas vezes com os Professores respectivos, mas chegou a frequentar as aulas, não lhe escapando a de anatomia; e a assistir noites inteiras às observações astronómicas no Observatório Astronómico»* [O Panorama 1839, v.3 p.336].

[5] *«O mesmo Dr. foi encarregado de reformar os Compêndios da cadeira de que é actualmente proprietário, acomodando-os ao Sistema Académico. Satisfez ele a esta ordem sem falta ao exercício da Cadeira que regia, e com prontidão tal, que tendo-lhe sido dada a comissão no fim do ano de 1792, serviram os novos livros impressos para a abertura da cadeira respectiva no ano de 1794, do que lhe resultou a gravíssima moléstia nervosa que padece. [s.d.]»* [AUC Processo de José Joaquim Faria].

[6] Na Congregação de 26 de Julho de 1794 já se havia estabelecido o preço dos dois volumes: 700 reis (vol.1) e 500 reis (vol.2) [ACFM 1982-83, v.1 pp.121-22].

comparativo. Poderá parecer estranha esta convicção, mas devido a algumas particularidades das obras em causa esta rapidamente se dissipa. As traduções seguem, com algumas excepções que devidamente assinalaremos, a estrutura e organização dos originais conforme se constata rapidamente pelos respectivos índices. Cada uma das obras originais tem os parágrafos (§) numerados, enumeração essa que é fielmente seguida nas traduções. Algumas das obras traduzidas têm por vezes no fim de um dado parágrafo um sinal peculiar (*ff*) marcando nitidamente o começo e o fim de um pequeno aditamento da responsabilidade do tradutor, pois esse mesmo sinal não consta na obra original. As traduções têm também no início ou no final do volume uma errata que propõe correcções para gralhas existentes ao longo do texto (excepção para os *Elementos de Arithmetica*). Correcções não só de gralhas nitidamente tipográficas (p. ex. pontuação, erros ortográficos ou até expressões matemáticas mal escritas – *'en'* em vez de *'sen'*), mas também de expressões ou relações matemáticas que estando tal e qual como no original são consideradas pelo tradutor como estando erradas – este tipo de correcções interessam-nos especialmente pois encerram em si considerações de carácter científico, feitas pelo tradutor, que é necessário analisar.

Antes de prosseguirmos convém esclarecer que nas referências que fazemos ao longo do texto indicamos o parágrafo e não a página para que o leitor possa confrontar mais facilmente com o original, ou com posteriores edições.

6.1 Análise dos *'Elementos de Arithmetica por M. Bezout, Traduzidos do Francez'* (1773)

Os *Elementos de Arithmetica* são a tradução literal do original francês, mas que inclui acrescentos, devidamente assinalados, do tradutor[7]. A tradução portuguesa acompanha a mesma numeração dos parágrafos do original, estando os aditamentos identificados com o sinal (ff)[8]. No original francês encontram-se algumas notas de rodapé

[7] Para o nosso estudo usámos essencialmente a 4^a edição (Coimbra, 1791) que está disponível on-line no site da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (www.fc.up.pt), pois a 1^a edição não existe em Coimbra. No catálogo da BGUC está referenciada a existência de uma 1^a edição em português, contudo corresponde à edição latina também desse mesmo ano (a folha de rosto e o índice estão em português mas o conteúdo está em latim). As edições 1773 e 1791 são iguais em todo o seu conteúdo apenas diferindo na numeração das páginas, consequência do diferente tamanho das folhas: a 1^a edição de 1773 tem 224 páginas, mais um índice remissivo *«Dos Princípios que se contem nestes Elementos»*; a edição de 1791 tem 260 páginas e termina também com o mesmo índice. Não analisámos a tradução latina, mas parece ser igual à edição em português.

[8] Os Estatutos previam estes tipo de aditamentos e acrescentos: *«Quando os Tratados, uma vez admitidos para o Curso das Lições, se julguem dignos de serem conservados, acrescentando-lhes as coisas, que de novo te tiverem descoberto, e merecerem lugar entre os conhecimentos elementares; nunca poderão fazer-se estas adições por modo de Comentário, mas deverão incorporar-te no Texto. Não haverá jamais outro Comentário, senão a voz do Mestre. O qual explicará as Proposições do Autor; e acrescentará as que lhe parecerem necessárias, e nele faltarem; dando sempre por escrito aos*

assinaladas com um asterisco (*), essas notas também foram traduzidas e por vezes até acrescentadas. São 36 os aditamentos (ff) e notas de rodapé (*) que nos mereceram atenção. Neles o tradutor tece algumas considerações, por vezes extensas, que complementam o texto original. Indo desde pequenos esclarecimentos: como o uso em Portugal do conto em vez do milhão; ou sobre as unidades de medida usadas no nosso país; ou sobre o uso do sufixo *«avo»* usado nos números fraccionários; ou ainda acerca da *'regra dos noves fora'* e do por que é que se adoptou o número 9 para essa regra, mostrando que se podia ter adoptado qualquer outro número, como por exemplo o número 11 – *«escolheu-se o nove por ser mais fácil de lançar fora [...][também] os onze se podem tirar de qualquer número quase com a mesma facilidade»*, fazendo notar ao leitor que com o uso simultâneo das duas provas, *«muito mais provável seria o juízo que se fizesse da certeza da operação, pois que então somente escaparia o erro de 99, ou dos múltiplos de 99»* [Elementos de Arithmetica 1791, §.75].

Há porém outros aditamentos que merecem maior atenção, os que são feitos aquando do estudo dos números quadrados e cúbicos e extrações das respectivas raízes [Elementos de Arithmetica 1791, §§.133-148, 149-161].

Acerca dos quadrados perfeitos Monteiro da Rocha apresenta alguns *«princípios derivados da numeração»*, para identificar se um número é quadrado perfeito ou não. Os números que passarem essas regras terão fortes possibilidades de o serem,

> *«todo o número cuja última letra à direita for 2, 3, 7, ou 8 não pode ser quadrado. E todo o número, que acabar em uma, três, cinco, ou geralmente, em número impar de cifras, não será quadrado. Se de qualquer número lançarmos fora os noves, e ficar no resto 2, 5, 6, ou 8, conheceremos que não é quadrado. E o que deixar de resto 3, ou 6, não somente não será quadrado, mas não terá raiz racional de qualquer grau que ela seja. Do mesmo modo, se de um número tirarmos os onzes, e tivermos de resto 2, 6, 7, ou 10, não poderá ser quadrado»* [Elementos de Arithmetica 1791, §.131].

No caso da extracção da raiz quadrada Monteiro da Rocha mostra como se poderá fazer uso da regra dos *«noves fora»* para além da regra real na verificação desse cálculo,

> *«tirar-se-ão [os noves] da raiz, e o resto se multiplicará por si mesmo tirando-se também do produto os noves, se os tiver; o que ficar se juntará ao resto da operação, e juntamente se lhe tirarão os noves; e o resto final*

Discípulos as Demonstrações de todas elas.» [Estatutos 1772, v.3 p.165].

> *será o mesmo que deve ficar depois de lançados fora os noves do número proposto»* [Elementos de Arithmetica 1791, §.140]

No capítulo da extracção da raiz cúbica merece especial atenção o método alternativo ao de Bezout que Monteiro da Rocha propõe em aditamento [Elementos de Arithmetica 1791, §.156 (pp.172-178)]. Este método que se tornaria conhecido por *'Método de Monteiro'* [Castro Freire 1872, p.33] é referido na famosa 'polémica' travada com Anastácio da Cunha, onde este acusa Monteiro da Rocha de lho ter roubado – *«Roubou-me a minha extracção da raiz cúbica»* [A. Teixeira 1890-92, pp.128-129] –, e que Monteiro da Rocha rejeita,

> *«Que eu lhe roubei a sua extracção da raiz cúbica. Sua! E porque títulos? Roubei! E como? Nunca o tinha visto, nem tratado, nem conhecido a ele, quando publiquei aquela extracção, sem contudo lhe juntar data, nem lhe por o meu nome, receando que uma coisa tão fácil andasse já em algum livro que eu não tivesse visto. Agora depois de serem passados tantos anos é que apareceu José Anastácio da Cunha a declarar a sua curta esfera nas invejosas pretensões à invenção de uma bagatela.»* [A. Teixeira 1890-92, p.518]

E ao que replica Anastácio,

> *«Minha; porque a achei três, ou quatro anos antes da reforma da Universidade, como sabem muitas pessoas do meu regimento, e fora dela. Roubou-ma porque a teve em seu poder também antes da reforma, em papéis meus que lhe comunicou o governador João Batista Vieira Godinho»* [A. Teixeira 1890-92, p.658].

É certo que Monteiro da Rocha tivera conhecimento por volta de 1772 de alguns dos trabalhos matemáticos de Anastácio da Cunha, como se depreende de uma carta de Joaquim Foyos (1733-1811)[9] para Anastácio da Cunha, datada de 17 de Julho de 1772,

> *«O Tenente João Batista, em quem V.M. tem um grande admirador e um amigo, [...] me falou na sua Arithemetica Universal, e me repetiu alguns versos, dos que V.m. tinha feito; depois me trouxe a Arithemetica e os versos, os quais actualmente param na minha mão [...]. Da sua Arithemetica*

[9] Joaquim de Foyos, padre e professor da Congregação do Oratório de Retórica e Latinidade. Foi Censor Régio do Desembargo do Paço, cronista da Casa de Bragança e sócio da ACL onde foi presidente da Classe de Literatura [Inocêncio da Silva 1858-1923, v.4 p.80].

não sou eu, nem posso ser juíz competente [porém seguem-se-lhe alguns comentários positivos]. Este juízo, qual eu tinha feito da sua Arithemetica, e comunicado ao Tenente João Batista, vi que era o mesmo que depois formou um tal P. Monteiro, que aqui há, e de cuja Matemática ouço dizer bem; eu não o conheço [Lisboa, 17-7-1772].» [J. Ferro 1987, pp.78-82][10]

Hoje não se conhece nenhuma obra de José Anastácio com o nome de *Arithemetica Universal*, mas os historiadores da sua obra são unânimes em afirmar que Anastácio se dedicava desde os tempos de Valença (1764) à elaboração de uma obra de matemática que segundo as suas próprias palavras seria, *«uma obra que é a base de toda a Matemática»* [Anastácio da Cunha 1790, p.ix]. Assim sendo não será de todo descabido considerar que na *Arithemetica Universal* Anastácio tratasse do problema da raiz cúbica, tal qual o fez nos seus *Principios Mathematicos* (1790) [Anastácio da Cunha 1790, pp.54-58][11].

António José Teixeira que publica pela 1ª vez as cartas da *'polémica'* [A. Teixeira 1890-92], se por um lado faz notar que ambos podiam ter descoberto o método independentemente um do outro, inclina-se porém para a versão de Anastácio da Cunha – *«ninguém deixará de acreditar a palavra do homem, que foi sempre verdadeiro e franco em todas as coisas da sua vida.»* [A. Teixeira 1890-92, p.439]. Já Vicente Gonçalves sugere que de forma independente ambos tenham chegado a um resultado similar[12].

Sobre a verdadeira autoria do método apresentado na tradução dos *Elementos de Arithmetica* de Bezout não podemos fornecer um esclarecimento cabal, porém

[10] João Baptista Pereira Godinho (1742-1811) oficial do exército português, foi companheiro de armas de Anastácio da Cunha no regimento de Artilharia do Porto (30-6-1764), com a patente de 2º tenente. Foi mais tarde governador de Timor (1784-1789) e aquando das invasões francesas possuía já o cargo de Marechal. Em 1808 foi para o Brasil, onde viria a falecer. Em Maio de 1771, Vieira Godinho havia pedido a Anastácio, que lhe enviasse algumas obras, *«em volta deste correio me remetesse um extracto das suas obras = Arithemetica universal = Ensaio das Minas ou a sua Dissertação = Ensaios sobre a Pirotecnia = etc. [...] Enfim mande e não perca tempo para que o não leve o demo, Lisboa, 25 de Maio de 1771»* [J. Ferro 1987, pp.73-75].

[11] Ainda a propósito desta obra de Anastácio da Cunha a Gazeta de Lisboa (no ano de 1781) noticia a intenção do autor de a publicar: *«José Anastácio está para publicar em dois volumes de 8º, e com o título d'Ensaios Matemáticos, várias Lucubrações sobre alguns dos mais relevantes pontos da Geometria, Aritmética Universal, Cálculo fluxionário, e Foronomia. Nestas Lucubrações, compostas em diversos tempos dos seus estudos, e ultimamente retocadas com o maior cuidado, procurou o Autor remover, e destruir muitas das grandes dificuldades, que ainda hoje fazem assas precária a evidência de algumas partes da Matemática: também se empenhou em conservar a evidência, rigor, e elegância dos Geómetras Gregos. Em casa de Borel Borel e Companhia se aceitarão desde o primeiro de Junho até o último de Setembro deste ano os nomes das pessoas, que quiserem concorrer por subscrição, para se fazer pública a dita Obra. O seu preço para os Assinantes será de 2$400 pelos dois volumes: e o primeiro virá a Lista dos seus Nomes»* [Gazeta de Lisboa 1781, n.XXIV]. Sobre os *Principios Mathematicos* (1790) veja-se [Silva & Leal 1990].

[12] Vicente Gonçalves a este propósito escreve: *«É bem possível que Anastácio da Cunha tenha achado por si uma regra para a extracção da raiz cúbica. Monteiro da Rocha também achou uma e, com mais ou menos feliz apresentação, o mesmo fizeram vários tratadistas anteriores a um e outro. Talvez tenha sido Newton quem primeiro ensinou a radiciação em geral.»* [Vicente Gonçalves 1976-77, p.54].

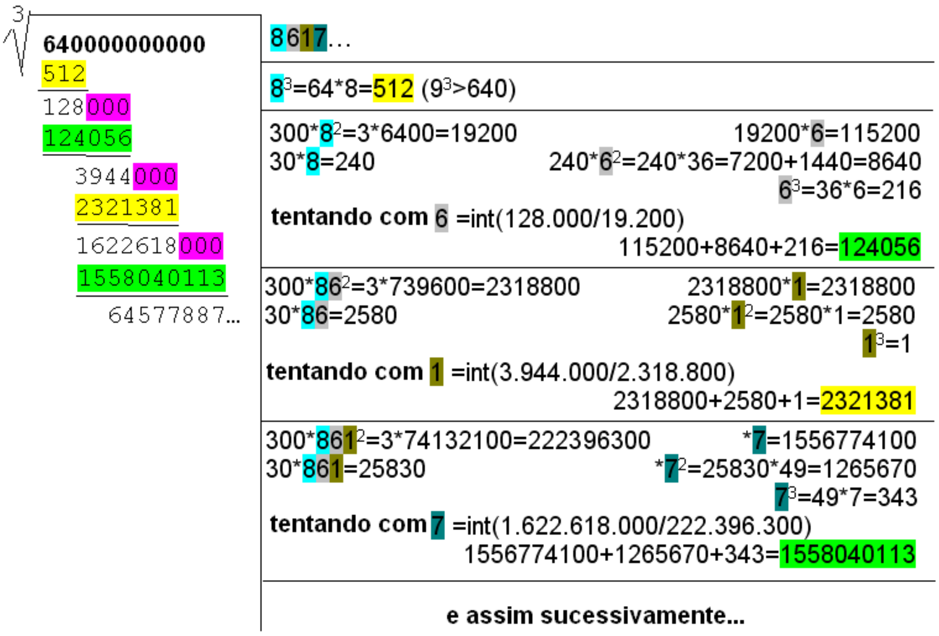
inclinamo-nos fortemente no sentido de que este será da autoria de Monteiro da Rocha. Isto porque no manuscrito *'Elementos de Mathematica'* [ACL Ms. Azul 533] (que analisaremos no capítulo 8) Monteiro da Rocha propõe um método alternativo ao que na época vulgarmente se usava para a extração da raíz cúbica e que é idêntico ao que apresenta em aditamento na tradução do Bezout[13] – e algo diferente do que Anastácio propõe nos seus *Principios Mathematicos*. O manuscrito de Monteiro da Rocha [ACL Ms. Azul 533] não está datado mas pode-se afirmar com segurança que terá sido escrito antes de 1770, como veremos.

Os métodos propostos tanto por Bezout, como por Monteiro da Rocha e Anastácio da Cunha baseiam-se igualmente no mesmo princípio, a decomposição do caso notável $(a+b)^3$. Se considerarmos a raiz cúbica de um número x como sendo composto de dezenas e unidades, isto é $\sqrt[3]{x} = y = 10a + b$, logo $x = y^3 = (10a+b)^3 = 1000a^3 + 300a^2b + 30ab^2 + b^3$. Assim calculando o primeiro algarismo a da raiz do número x como o menor inteiro da raiz cúbica de $x/1000$ é fácil calcular os seguintes algarismos. O segundo algarismo b que se deve obter (como se vê da expressão), multiplicado por 300 vezes o quadrado do primeiro algarismo $\left(300a^2b\right)$, mais 30 vezes o seu quadrado multiplicado pelo primeiro algarismo $\left(30ab^2\right)$, mais o seu cubo $\left(b^3\right)$ dá o maior valor menor que a diferença entre o radicando e 1000 vezes o cubo do primeiro algarismo $\left(x - 1000a^3\right)$, e assim sucessivamente passando b a representar todos os algarismos já calculados e a o algarismo seguinte.

O algoritmo do método será então: 1^o - divide-se o número dado em classe de três algarismos; 2^o - acha-se o maior cubo perfeito contido na primeira classe da esquerda, e escreve-se a sua raiz ao lado direito do número, em forma de divisor. Subtrai-se o cubo perfeito da primeira classe e ao resto junta-se a segunda classe que formará o novo dividendo; 3^o - quadra-se a raiz achada e multiplica-se por 300 e este produto será o primeiro divisor auxiliar. Divide-se o dividendo pelo divisor auxiliar, e o quociente será o segundo algarismo da raiz. Multiplica-se este último algarismo achado pelo primeiro e depois por 30; quadra-se ainda este último algarismo da raiz, e adicionando-se estas duas quantidades com o divisor auxiliar, a soma será o divisor completo; 4^o - multiplica-se o divisor completo pelo último algarismo da raiz, e o produto, subtrai-se do novo dividendo, e o resto, junto com a classe seguinte, formará um novo dividendo; e assim se procede até todas as classes serem divididas[14]. Na figura seguinte está exemplificado o caso da extracção da raiz cúbica de 640000000000 até milésima de acordo com o que acabámos de expor,

[13] *«Ainda se pode fazer mais breve a operação precedente [refere-se ao método de extracção exposto antes e que é basicamente aquele que Bezout também publicará no seu compêndio] [...]. Cumprindo este método que tenho cogitado com os preceitos implicadíssimos que os Autores ensinam para tirar a raiz cúbica, verá que não é coisa que se não possa facilitar»* [ACL Ms. Azul 533, fl.167].

[14] Para mais considerações sobre a extracção destas raízes, veja-se [António Trojano 1927].



cálculo da raiz cúbica de 640000000000.

Vejamos agora os métodos apresentados por Bezout, Monteiro da Rocha e Anastácio da Cunha para a extracção da raiz cúbica[15]:

- **método proposto por Bezout no *'Elementos de Arithmetica'*** – Bezout não expõe explicitamente o algoritmo do método da extração da raiz cúbica. Depois de apresentar a composição do cubo de um número composto de dezenas e unidades, dá 3 exemplos: *«o cubo de um número composto de dezenas e unidades consta de quatro partes, a saber, do cubo das dezenas, de três produtos do quadrado das dezenas pelas unidades, de três produtos das dezenas pelo quadrado das unidades, e do cubo das unidades [$(a+b)^3 = a^3+3a^2b+3ab^2+b^3$]. Por meio destas partes podemos formar o cubo de qualquer número composto de dezenas, e unidades. [...] mas aqui não se trata tanto de formar o cubo, como de mostrar o meio, por onde se pode voltar reciprocamente do cubo para a sua raiz»* [Elementos de Arithmetica 1791, §§.153-155]. Porém o método é idêntico ao que Monteiro da Rocha apresenta no seu manuscrito *Elementos de Mathematica* (como se descreve abaixo), ou aquele que é apresentado por Marie na

[15] Será interessante fazer notar que Monteiro da Rocha no manuscrito *Elementos de Mathematica* dá precisamente a mesma definição de Bezout de número cúbico: *«o produto que faz um número multiplicado por si mesmo, chama-se o seu quadrado; o produto que faz o mesmo número multiplicado pelo seu quadrado, chama-se Cubo»* [ACL Ms Azul 533, fl.156v]; *«Se qualquer número se multiplicar pelo seu quadrado, o produto que resultar é o que chamamos cubo»* [Elementos de Arithmetica 1791, §.149]. Já gora atente-se na definição dada por Anastácio, *«o produto de dois factores iguais chama-se quadrado de cada um; e cada um raiz quadrada dele: o produto de 3 factores iguais chama-se cubo de cada um; e cada um raiz cúbica dele»* [Anastácio da Cunha 1790, p.29].

reedição das *Leçons élémentaires de mathématiques* de Lacaille (1770) [Marie 1770, pp.68-71][16].

- **método proposto por Monteiro da Rocha em aditamento à tradução dos *Elementos de Arithmetica* de Bezout** – *«Principiando a operação, como acima fica declarado, até se achar a segunda letra da raiz, esta se assentará também, debaixo da risca, e atrás dela para a esquerda o triplo da primeira letra da mesma raiz. O número que resultar se multiplicará pela mesma letra achada, e o produto se assentará debaixo do divisor, começando da última casa das duas letras, que foram separadas do dividendo. Este produto se somará com o divisor, e a soma se assentará por baixo, a qual se tronará a multiplicar pela mesma letra achada, e o produto se irá logo diminuindo do dividendo; e ajuntando o resto da classe seguinte termos o novo dividendo. O divisor se achará facilmente, somando mentalmente o quadrado da letra ultimamente achada com os dois números antecedentes ao dividendo, e se assentará a soma debaixo do mesmo dividendo, chegando-a uma casa mais para a direita. Feita a divisão acharemos a terceira letra da raiz, a qual também escrevemos em baixo, e atrás dela seguidamente o triplo das letras precedentes da mesma raiz; depois multiplicaremos este número pela mesma letra, que ultimamente achamos, e praticaremos tudo o mais como na operação antecedente; e assim por diante. Quando o divisor sair maior que o dividendo, pôr-se-á cifra na raiz, ajuntar-se-á outra classe ao dividendo, e o mesmo divisor se adiantará uma casa mais para a direita.»* [Elementos de Arithmetica 1791, §.156 (pp.174-175)];

- **método proposto por Monteiro da Rocha no manuscrito *Elementos de Mathematica*** – *«1º divida-se o número dado por tríades, principiando da parte esquerda, e na última divisão pode ficar uma, duas, ou três letras conforme suceder; e quantas forem as divisões, tantas serão as letras da raiz. 2º Busque-se a raiz cúbica do membro da parte esquerda, ou a próxima menor, se a não tiver exacta e esta será a primeira letra da raiz e se escreverá ao lado direito do número dado. Depois escreve-se o cubo justo desta letra abaixo do dito primeiro membro, e feita a diminuição, se escreva por baixo o resultado do qual se ajuntará o membro seguinte; e esta operação é própria do primeiro membro. 3º Tome-se o quadrado da letra radical, multiplique-se por três, e ao produto da letra radical ajunte-se uma cifra; some-se também o triplo da mesma raiz; somem-se estes dois números, e a soma se escreva debaixo do membro deixando uma letra*

[16] Este livro foi traduzido para português por Manoel Ferreira de Araújo Guimarães, *Curso Elementar e Completo de Mathematicas-Puras, ordenado por La Caille, augmentado por Marie* (Lisboa, 1800).

para a parte direita. Divida-se este por aquele, e o quociente será a segunda letra da raiz. Agora levantem-se ao seu cubo as duas letras da raiz, e do seu cubo se tire a diferença entre o membro em que estamos e as letras que lhe correspondem no número dado; e o resíduo se diminua do mesmo membro, e o que ficar se escreva debaixo, e se lhe ajuntará o membro seguinte para continuar a operação do mesmo modo. 4º Advirta-se que quando se divide qualquer membro pelo divisor, o quociente se deve tomar menor do que pode ser por razão dos produtos que depois se hão-de diminuir, no que se procede por tentativa. Quando se não puder dividir escrever-se-á cifra no quociente, e se abaixará o membro seguinte. Quando sair maior o número que se deve diminuir, do que o membro de quem se deve diminuir, é sinal que na divisão se tomou um quociente maior do que devia ser. Quando o triplo do quadrado da raiz achada com o triplo da raiz for igual ou menor que o resíduo do membro antecedente, é sinal que se tomou um quociente menor do que devia ser. Se na última elevação da raiz ao seu cubo sair o mesmo número dado, é sinal que temos feito bem a operação, e que o número dado é cúbico; e então é escusado fazer a diminuição. Porém esta se fará senão sair o número dado no dito cubo, e a que se ajuntará o último resíduo da operação, que será o número, se tivermos procedido sem errar. [...] § 533 Scholio. Ainda se pode fazer mais breve a operação antecedente diminuindo logo o cubo de A dos primeiros dois [?] de A, e saírá o mesmo resíduo 1145; e na terceira operação diminuindo o cubo M de todo o número A, se este fosse maior, e ficaria o último resíduo da conta. E o curioso q conferindo este método que tenho cogitado com os preceitos implicadíssimos que os Autores ensinam para tirar a raiz cúbica, verá que não é coisa que se não possa facilitar.» [ACL Ms. Azul 533, fls.165-167];

- **método proposto por Anastácio da Cunha nos *Principios Mathematicos*** – o método apresentado por Anastácio da Cunha, e que aplica ao cálculo da $\sqrt[3]{8,755}$, é o que se segue: *«como este número [8,755] é maior que 8 e menor que 27, também a sua raiz será maior que 2 e menor que 3: será pois 2 o primeiro carácter significativo da raiz buscada.* $\frac{8,755-2^3}{3\times 2^2}$*, isto é* $\frac{0,755}{12}$*, há-de ter maior valor que o carácter significativo que se segue (e para se ver, denote* $2+x$ *a raiz cúbica de 8,755; será* $8,755 = (2+x)^3 = 8 + 3\times 2^2 \times x + 3\times 2\times x^2 + x^3$*, e logo* $0,755 = 3\times 2^2\times x + 3\times 2\times x^2 + x^3$*, e logo* $\frac{0,755}{3\times 2\times 2} = x + \frac{3\times 2\times x^2 + x^3}{3\times 2^2}$*); e pois* $\frac{0,755}{12}$ *é =0,06 etc., veja-se se 6 (escrito no lugar competente) poderá ser o carácter que se segue ao achado 2; o que se executa formando a soma* $3\times 2^2\times 0,06 + 3\times 2\times 0,06^2 + 0,06^3$*, e averiguando (por meio da subtracção) se é não maior que 0,755; e pois não é* $3\times 2^2\times 0,06 + 3\times 2\times 0,06^2 + 0,06^3$

maior que 0,755, será 6 o carácter que se segue, mas escrito no lugar dos centésimos; e será 0,013184 (isto é $0,755 - \left(3 \times 2^2 \times 0,06 + 0,06^3\right)$ *o que resta de 8,755 depois de tirar* 2^3 *e* $3 \times 2^2 \times 0,06$ *e* $3 \times 2 \times 0,06^2$ *e* $0,06^3$*; e como* $2^3 + 3 \times 2^2 \times 0,06 + 3 \times 2 \times 0,06^2 + 0,06^3$ *é* $= (2 + 0,06)^3 = 2,06^3$*; e poderá logo a porção 2,06 servir para achar o seguinte carácter significativo, da mesma sorte que a porção 2 serviu para achar* $0,06$*; será pois menor que* $\frac{0,013184}{3 \times 2,06^2}$ *o valor desse seguinte carácter significativo, o qual se acha ser 1, isto é 0,001. Assim se continua até ao último carácter da raiz, no caso de por este modo se poder achar exacta; ou até chegar a decimais que se possam desprezar sem erro notável»* [Anastácio da Cunha 1790, pp.54-58].

Como se vê todos os métodos assentam no mesmo princípio, a decomposição do caso notável $(a + b)^3$, diferindo apenas no processo de cálculo. O proposto por Anastácio da Cunha é diferente, e mais simples, do que o que Monteiro da Rocha apresenta em aditamento nos *'Elementos de Arithemetica'*.

Antes de terminarmos a análise da tradução salientamos ainda dois pontos interessantes. O primeiro diz respeito à posição de Monteiro da Rocha, partilhada com Bezout, acerca dos números negativos, traduzindo assim fielmente do original e sem acrescento algum: *«os números que são precedidos do sinal* $(-)$*, chamam-se negativos; na Álgebra, daremos uma ideia mais clara deles. Entretanto devemos prevenir que não se há-de conceber como menores que 0, porque abaixo de nada não pode haver coisa alguma»* [Elementos de Arithmetica 1791, §.236]. O segundo diz respeito aos logaritmos, usando o original francês a palavra *«logaritme»* enquanto que a tradução portuguesa faz uso da notação moderna de log.

A propósito dos logaritmos foi adoptado para uso das aulas a nova edição das tabelas de logaritmos de Lacaille que Marie publicara em 1768 – *Tables de Logarithmes pour les Sinus & Tangentes de toutes les minutes du Quart de Cercle & pour tous les Nombres naturels depuis 1 jusqu'à 20000. Avec une Exposition Abrégée de l'usage de ces tables. Nouvelle Edition* (Paris, 1768)[17] –, com um capítulo introdutório (*'exposition abrégée'*) [Marie 1768, pp.1-53] onde Marie complementa e aprofunda o que Bezout expõe sobre os princípios e as regras de cálculo com logaritmos.

[17] O matemático espanhol Benito Bails ao publicar em 1804 as suas tabelas de logaritmos escreve acerca das tabelas de Lacaille: *«En nuestras tablas concurren circunstancias que las hacen sumamente recomendables. Sobre que están dispuestas con singular inteligencia, bastan para quantos cálculos pueden ocurrir en el estudui y pratica de la astronomia. Han hecho de ellas tal aprecio los astrónomos, que despues de apurada su primer edicion dispuesta por Mr. Deparcieux, de la Real Academia de las Ciencias de Paris, diéron y cuidáron otra los insignes Astrónomos, individuos del mismo cuerpo, el difunto Abate Lacaille, y Mr. de Lalande, y poco despues las imprimió por tercera vez el abate Marie, catedrático de matemáticas de la Universidad de Paris.»* [Benito Bails 1804, p.iv].

Da análise da tradução dos *Elementos de Arithmetica* podemos afirmar que os aditamentos de Monteiro da Rocha, para além de evidenciarem um pleno domínio dos conceitos, introduzem algumas melhorias a nível pedagógico pois clarificam alguns conceitos e exemplificam outros.

6.2 Análise dos *'Elementos de Trigonometria Plana por M. Bezout, Traduzidos do Francez'* (1774)

De todas as obras traduzidas esta é a menos fiel ao original francês. Para a redação da edição portuguesa Monteiro da Rocha fez uso de ambas as *trigonometrias* de Bezout ([Bezout 1764-69, v.2] e [Bezout 1770-72, v.1]) e como os alunos não haviam estudado anteriormente a geometria por este autor, mas sim por Euclides, viu-se obrigado a introduzir referências aos *Elementos de Euclides* que não constavam, obviamente, nos originais franceses e a modificar também algumas das demonstrações dadas no original.

> *«M. Bezout escreveu a Trigonometria Plana duas vezes, uma no seu Curso de Matemática para o uso da Marinha, e a outra no Curso ordenado para uso dos Oficiais de Artilharia. De uma e outra se tomaram e traduziram as coisas, que pareceram convenientes ao fim que nos foi proposto; ajuntando as ideias necessárias da medição das linhas e dos ângulos, conforme o autor tinha ensinado na Geometria, por supormos que os nossos leitores hão-de passar imediatamente dos Elementos de Euclides para a Trigonometria Plana. Esta mesma suposição nos obrigou a referir as citações aos sobreditos Elementos, e a alterar levemente algumas Demonstrações. Julga-se conveniente ajuntar não somente os Teoremas de Cotes sobre as variações dos triângulos rectilíneos, mas ampliar a doutrina do Autor sobre as propriedades dos Senos, Tangentes, etc., e dar uma Tábua de fórmulas relativas a este ponto mais completa do que as publicadas até ao presente. Porém, para se evitar todo o embaraço, poderão os principiantes na primeira lição omitir, sem prejuízo, tudo o que vai desde o nº 31 até ao nº 133, exceptuando somente os nºs. 33, 34, 47, 48 e 52 os quais são necessários para a inteligência das proposições essenciais da Trigonometria Plana, que adiante se hão-de demonstrar»* [Elementos de Trigonometria 1774, prefácio]

Por serem estes *Elementos de Trigonometria* baseados em dois originais distintos, não há por isso uma correspondência directa entre numeração dos parágrafos da tradução e dos originais. Monteiro da Rocha reúne na tradução capítulos comuns a ambos os *Cours*[18]: *«elementos de trigonometria plana, ou rectilínea»*; *«dos senos, tangentes, secantes...»* – este capítulo, por exemplo, é bem mais desenvolvido do que nos originais de Bezout, Monteiro da Rocha apresenta um extenso rol de fórmulas trignométricas que excedem em muito as usuais da trigonometria[19]; *«resolução dos triângulos rectângulos»*; *«resolução dos triângulos obliquângulos»*; *«do livelamento»*. Aproveitando ainda outros capítulos que só fazem parte do *Cours* da artilharia, são eles: *«das tábuas dos senos, tangentes, secantes...»*; *«uso da trigonometria no risco das plantas, ou cartas topográficas»*; *«da redução dos ângulos observados»*; *«método de suprir a trigonometria no risco das plantas»*; *«da bússola e do seu uso para configurar as partes miúdas de uma planta»*; *«da prancheta e o seu uso no risco das plantas»*.

A tradução portuguesa apresenta ainda dois novos capítulos que não fazem parte das obras originais, são eles: *«Da medição das linhas e dos ângulos»* e *«da variação, ou diferença dos triângulos rectilíneos»*[20]. Num certo sentido o primeiro destes é uma extensão de alguns temas tratados na '*trigonometria'* da Artilharia, especialmente do capítulo *«du Graphomètre»* onde Bezout faz a aplicação da trigonometria à medição dos terrenos, nele Monteiro da Rocha faz referência ao nónio – *nonnius* –, e descreve o seu funcionamento,

> *«Para que o Grafómetro sirva mais exactamente para a medida dos ângulos, costuma ajuntar-se na extremidade a aliada uma divisão, a qual, pelo modo com que corresponde às divisões do limbo, mostra as partes do grau de 5′ em 5′, ou de 4′ em 4′ etc.... A primeira ideia desta engenhosa divisão foi atribuída ao Doutor Pedro Nunes, Lente de Matemática nesta Universidade de Coimbra, e primeiro Cosmógrafo Mor do Reino; e por isso lhe deram os estrangeiros o nome de Nonnius.»* [Elementos de Trigonometria

[18] Os índice das matérias nas duas 'trigonometrias' de Bezout são os seguintes: Gardes du Pavillon et de la Marine – *de la trigonométrie plane ou rectiligne*; *dès sinus, cosinus, tangentes, cotangentes, sécantes, cosécantes*; *de la résolution des triangles rectangles; résolution des triangles obliquangles*; du *nivellement [segue-se depois o capítulo da trigonometria esférica]* [Bezout 1764-69, v.2]; Corps Royal de l'Artillerie – *de la trigonométrie plane*; *dès sinus, cosinus, tangentes, cotangentes, sécantes, cosécantes*; *des tables des sinus, tangentes, etc.; du graphomètre*; *de la résolution des triangles rectangles*; *résolution des triangles obliquangles*; *usages de trigonométrie pour lever et tracer les plans; de la manière de réduire les angles observes dans des plans inclinés*; *des méthodes par lesquelles ou suppliés à la trigonométrie, dans l'art de lever plans*; d*e la boussole e le son usage*; *de la planchette, e son usage pour lever les plants*; *du quart-de-cercle*; *du nivellement*; *du niveau d'eau*; *tables des différentes mesures.* [Bezout 1770-72, v.1].

[19] Bezout usa o termo *'quantidades trigonométricas'* e não funções trigonométricas, embora como João Caramalho faz notar a notação usada e o grande número de fórmulas apresentadas parecem preparar o caminho para a consideração de funções trigonométricas [Caramalho Domingues 2008] – esse rol de fórmulas e respectiva notação são da responsabilidade de Monteiro da Rocha.

[20] No original francês do curso de artilharia há um capítulo dedicado ao quarto de círculo – *«du quart-du-cercle»* –, que não foi traduzido.

1774, §.157][21]

No capítulo *«da variação, ou diferença dos triângulos rectilíneos»*, são estudadas as variações num triângulo quando se faz variar um dos seus lados,

> *«O uso destas analogias é, não somente para calcular o efeito, que produz a incerteza de uma das partes dadas sobre a parte calculada de um triângulo, e determinar os limites, dentro dos quais podemos segurar o resultado, sem calcular de novo o mesmo triângulo.»* [Elementos de Trigonometria 1774, §.199]

Preocupado em precisar o significado dos conceitos, escreve:

> *«Por Variação, ou Diferença de qualquer um triângulo, entendemos o pequeno aumento, ou diminuição que ela recebe, respectivamente à sua grandeza. Assim, poderá uma braça considerar-se como diferença sobre uma légua de distância, mas não deverá um palmo ter-se por diferença de uma vara. Estas pequenas variações, diferenças, costumam notar-se com a letra d posta antes da quantidade que as padece.»* [Elementos de Trigonometria 1774, §.199]

Segue-se o estudo das 3 situações possíveis, considerando para tal um triângulo ABC, de lados AB, BC e CA,

> *«$\mathrm{d}\,AB$ quer dizer a pequena diferença, ou variação da linha AB; $\mathrm{d}\,B$, e $\mathrm{d}\,ACB$, as variações respectivas dos ângulos B, ACB, etc. A parte, ou partes, que não variam, ou se supõem não variar, chamam-se constantes»*:

- 1^o caso: variação de um dos lados, mantendo-se constante o ângulo definido por esse lado e por o outro lado que, à semelhança do ângulo, também se mantém constante:

$$\mathrm{d}\,B : \mathrm{d}\,AC :: \sin C : BC, \text{ ou } \mathrm{d}\,B : \mathrm{d}\,BC :: \tan C : BC$$

[21] A título de curiosidade refira-se que anos mais tarde, em 1803 quando é vice-reitor, Monteiro da Rocha diligencia para a reedição das obras completas de Pedro Nunes – *«Sendo muito raras as Obras do Dr. Pedro Nunes, com que tanto acreditou esta Universidade, e a Nação Portuguesa, e devendo a mesma Universidade procurar as Conservações delas, a memória do Autor: Encarrego ao Dr. José Joaquim de Faria o cuidado, e Direcção da Reimpressão de todas as que separadamente, em diferentes tempos, foram impressas neste Reino, e nos Estrangeiros: ajuntando as inéditas de que há notícias, se poder descobrir onde existem os Manuscritos, e as memórias do Autor, que constarem do Cartório da Universidade de maneira que a Edição seja a mais Completa que for possível, e em tudo digna da mesma Universidade. Coimbra, quatro de Setembro de mil oito Centos e três; Vice-reitor em rubrica.»* [AUC IV-1^aE-15-2-43, fl.207v].

- 2^o caso: variação de um dos lados, mantendo constante o seu ângulo adjacente e o lado oposto a esse ângulo:

$$\mathrm{d}\,AC : \mathrm{d}\,B :: DC : \sin C, \text{ ou } \mathrm{d}\,AC : \mathrm{d}\,B :: AC : \tan B$$

ou

$$\mathrm{d}\,AB : \mathrm{d}\,C :: AC : \tan C$$

- 3^o caso: variação de um lado mantendo-se constantes os outros:

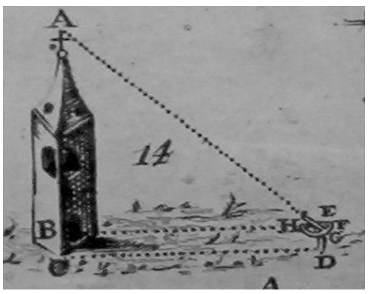
$$\mathrm{d}\,A : -\,\mathrm{d}\,B :: R \times BC : AC \times \cos C, \text{ ou } \mathrm{d}\,A : -\,\mathrm{d}\,C :: R \times BC : AC \times \cos C$$

  supondo $R = 1$, vem:

$$\mathrm{d}\,A : \mathrm{d}\,BC :: \csc B : AB$$

Depois deste estudo teórico segue-se a aplicação com um exemplo – *«conhecer a situação mais vantajosa, que devemos procurar nas partes dadas, para que influam o menos que for possível na parte, que havemos de determinar por meio do cálculo»* [Elementos de Trigonometria 1774, §.199]. Monteiro da Rocha como astrónomo e matemático numérico que é preocupa-se com o problema dos erros das observações e dos erros numéricos que se enfrentam no cálculo de determinadas grandezas, preocupação essa que se manifesta bem neste exemplo. O exemplo dado consiste em determinar através do cálculo trigonométrico a altura de uma torre, sendo para isso medida a distância da base da torre ao observador, bem como o ângulo de visão BDA, ângulo este afectado de um erro de medida,

> *«supondo que na medição da base se não receia erro algum, mas tão somente da parte do ângulo observado pelo instrumento; pergunta-se, que ângulo deve ser AEB [esse ângulo observado da altura da torre], para que o erro nele contido influa o menos que é possível na altura calculada AB [altura da torre]»* [Elementos de Trigonometria 1774, §.199].



Este problema configura a situação 1 (a figura de cima é elucidativa do problema em questão [Elementos de Trigonometria 1774, fig.14]), logo: $\mathrm{d}\,AB : \mathrm{d}\,AEB ::$ $AE : \cos AEB$, multiplicando os termos por: $\sin AEB$ e como, $AE \sin AEB = AB$ e $\sin AEB \times \cos AEB = \frac{1}{2}\sin(2AEB)$, vem: $\mathrm{d}\,AB = \frac{2AB \times \mathrm{d}\,AEB}{\sin(2AEB)}$, que nos dá a variação da altura da torre AB em função da variação do ângulo AEB. Sendo assim fácil perceber que a variação da altura será tanto menor quanto maior for o valor do denominador, i.e. quando o ângulo AEB é 45^o. Mas Monteiro da Rocha vai mais longe e coloca outra questão:

> *«Se quiséssemos saber os limites da segurança do lado calculado AB, supondo que da parte do instrumento não pudéssemos responder por mais do que até 10 minutos [?]»*

Para isso considera que a menor divisão da escala do instrumento é $10'$ de arco e lembrando que *«contamos as diferenças angulares por arcos que têm o raio igual à unidade»* – correspondendo assim 10 minutos de arco a $0.002908882\,\mathrm{rad}$ –, será então: $\mathrm{d}\,AEB = 0.002908882$. Supondo por exemplo que a torre tem de altura 151 palmos vem então: $\mathrm{d}\,AB = 0.88$ (considerando o ângulo de medição $AEB = 45^o$) ou seja, *«não terá a altura calculada um palmo de diferença»* em relação ao seu real valor.

No que diz respeito à errata que acompanha a tradução esta não nos merece especial do ponto de vista matemático, pois as 7 emendas sugeridas não são mais que correcções de autênticas gralhas. A tradução portuguesa é acompanhada por 44 figuras, que incluem todas as 26 do curso da marinha deixando apenas de fora 5 das 49 figuras que acompanham a *trigonometria* dos Artilheiros.

Embora se apoie mais fortemente na *trigonometria* do Curso dos Artilheiros, que na realidade é mais abrangente nas temáticas abordadas do que a *trigonometria* da Marinha, a tradução dos *Elementos de Trigonometria Plana, por M. Bezout* é uma tradução que cuida em aproveitar o melhor dos originais. A edição portuguesa, com a inclusão dos dois capítulos que não constam dos originais de Bezout, é mais completa e de certa maneira melhor que o conjunto dos dois originais franceses.

6.3 Análise dos *'Elementos de Analisi Mathematica por M. Bezout, Traduzidos do Francez'* (1774)

Os *Elementos de Analisi Mathematica* (Coimbra, 1774) [Elementos de Analisi 1774] tiveram em 1793, como já referimos, uma segunda edição, também em 2 volumes (álgebra + cálculo) – *Elementos de Analyse* (Coimbra, 1793) [Elementos de Analyse 1793-94] –, para a nossa análise iremos ter em conta estas duas edições. Pois para além da comparação da 1^a edição com o original francês, à semelhança do que temos vindo a fazer com as outras traduções, é também útil a comparação das duas edições portuguesas entre si, em virtude desta última dizer-se *'correcta e accomodada'*. Silvestre Pinheiro Ferreira afirma que esta 2^a edição se tornou num dos *«melhores elementos de cálculo que existem»* [Pinheiro Ferreira 1856-57a, p.21], Inocêncio da Silva, acusando-o de exagero, afirma que as adições introduzidas por José Joaquim de Faria, *«não passam de algumas poucas doutrinas e problemas traduzidos literalmente das lições de Matemática de Lacaille, que tinham por aquele tempo grande séquito.»* [Inocêncio da Silva 1858-1923, v.4 p.387]. É para o esclarecermos que estudaremos também a 2^a edição.

6.3.1 volume 1: álgebra

A 1^a edição portuguesa do primeiro volume dos *Elementos de Analisi* (1774) é uma tradução quase literal do texto de Bezout, facto que transparece logo pela consulta dos respectivos índices e pelas figuras que acompanham a tradução, precisamente as mesmas 71 do original francês. A diferença mais significativa são as referências feitas aos *Elementos de Euclides*, que não são feitas no original visto Bezout não o adoptar tendo escrito de raiz, como vimos, um volume específico para a geometria [Bezout 1764-69, v.2]. A errata que acompanha a edição portuguesa apesar de longa (são propostas 105 correcções), não faz mais do que corrigir gralhas tipográficas, não havendo correcções algumas de teor matemático[22]. Na tradução constam 19 notas de rodapé marcadas com um asterisco (*) no texto e depois desenvolvidas no fundo da respectiva página.

Vejamos as diferenças que a tradução de 1793 tem face à primeira tradução[23]. Comparando os índices constatam-se mudanças relativas à ordem e nomeação de alguns capítulos, mas que não se traduzem em mudanças do respectivo conteúdo. Das 71 figuras da 1^a edição, 6 não constam na 2^a (figuras: 37, 39, 41, 48, 52 e 71) e há ainda 3 figuras que foram redesenhadas, no total a 2^a edição tem 77 figuras. A errata da 2^a edição propõe 48 emendas a simples gralhas referentes ao texto desta mesma edição, não repetindo as gralhas da 1^a. Outra diferença apresentada diz respeito às notas de rodapé. A 2^a edição não tem notas de rodapé, incorporando no corpo de texto as que integravam a 1^a edição. Por fim registamos uma referência bibliográfica

[22] Como curiosidade apresentamos uma sugestão de emenda também ela curiosamente com gralha. Na página 145, linha 18 está: «$20\left(1+\frac{0{,}01}{2}\frac{(0{,}01)^2}{8}+\frac{(0{,}01)^3}{16}-\frac{5(0{,}01)^4}{128}+\frac{35(0{,}01)^4}{1280}-\text{, etc.}\right)$», a errata diz: *«onde está* $\frac{0{,}01}{2}$ *deverá ler-se* $\frac{0{,}02}{2}-$ »; obviamente devia dizer '$\frac{0{,}01}{2}-$'e ainda corrigir o expoente do termo '$\frac{35(0{,}01)^4}{1280}$' para '$\frac{35(0{,}01)^5}{1280}$'.

[23] Os [Elementos de Analisi 1774, v.1] têm 446 pp. e 3 folhas de estampas, com um total de 71 figuras; os [Elementos de Analyse 1793, v.1] têm 326 pp. e 7 folhas de estampas com 77 figuras.

que se faz na 2^a edição, quando é tratado o problema da resolução de um sistema de 4 equações e 4 incógnitas [Elementos de Analyse 1793-94, v.1 §.85], à *«Teoria Geral das Equações»,* de Bezout – *Théorie Générale des Équations Algébriques* (Paris, 1779) –, para aprofundamento da respectiva temática e que, obviamente, não é feita, nem o podia ser, na 1^a edição[24]. No que diz respeito aos conteúdos matemáticos não há praticamente mudança alguma assinalável entre as duas traduções.

Pode-se dizer que a 2^a edição faz uma revisão da 1^a, contudo o resultado final não é de modo algum substancialmente diferente e as mudanças que existem não suportam a ideia de que seja superior à edição de 1774. Vejamos agora o volume do cálculo infinitésimal.

6.3.2 volume 2: cálculo diferencial e integral

A 1^a tradução [Elementos de Analisi 1774, v.2] é uma tradução bastante fiel dos *«Principes de Calcul qui servent d'introductions aux Sciences Physico-Mathématiques»* [Bezout 1764-69, v.4]. A errata que acompanha este volume é extensa, sugerindo 73 correcções, mas que se verifica não passarem de gralhas. Há apenas uma correcção sugerida para a página 181, linha 8, que corrige *'Ka'* por *'KA'*, que sendo nitidamente uma gralha corrige, e bem, tanto a tradução como o original francês. Quanto às figuras (53) são as mesmas que acompanham a edição francesa. Na tradução de 1774 não se encontra qualquer nota de rodapé ou sinal algum que indique, ou sugira um aditamento por parte do tradutor.

No que diz respeito à edição de 1794 esta é praticamente igual à 1^a, acompanhando inclusive a numeração dos parágrafos (§.) e das matérias tratadas. A grande diferença entre as duas edições é a inclusão de um capítulo novo que não consta na 1^a edição – *«outras aplicações do cálculo diferencial»* [Elementos de Analyse 1793-94, v.2 §.82 (pp.90-99)], onde se faz o desenvolvimento em séries de Taylor de algumas funções. Assumindo que é possível, *«em geral desenvolver uma função de y de x em uma série da forma $A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ex^4 + ...$»*, cujos coeficientes se determinam diferenciando a expressão: $y = A + Bx + Cx^2 + Dx^3 + Ex^4 + ...$, *«sucessivamente na hipótese de dx constante»* e representando por V, V', V'', V''', V'''', ... o valor que toma y, $\frac{dy}{dx}$, $\frac{d^2y}{dx^2}$, $\frac{d^3y}{dx^3}$, $\frac{d^4y}{dx^4}$, $\frac{d^5y}{dx^5}$, ..., em $x = 0$, obtém: $y = V + V'x + \frac{V''}{2}x^2 + \frac{V'''}{2.3}x^3 + \frac{V''''}{2.3.4}x^4 + ...$Mostrando em seguida o *«uso deste teorema a alguns exemplos»*, tais como: $\log(a+x)$; $\log(a-x)$; $\sin x$; $\cos x$ e a^x. Este pequeno capítulo trata sem dúvida alguma

[24] A 1^a edição apenas escreve a este propósito: *«Posto que fiquemos obrigados a calcular os denominadores, que convém a todas as equações de um menor numero de incógnitas, contudo não é para temer, que esta regra traga consigo mais cálculos, do que é necessário; tudo aquilo, que se calcula por esta regra, entra necessariamente na quantidade, que se procura.»* [Elementos de Analisi 1793, v.1 §.85]. Sobre os trabalhos de Bezout nesta área veja-se [Liliane Alfonsi 2008].

de uma matéria importante cuja relevância vinha aumentando desde os trabalhos de Euler – *Introductio in analysin infinitorum* [Euler 1748, v.1 pp.46-60][25] –, e mais tarde reforçada com os trabalhos de Joseph Louis Lagrange (1736-1813) – *Théorie des Fonctions Analytiques [...]* (Paris, 1797) (sobre esta obra de Lagrande veja-se [C. Fraser 2005]). No entanto é evidentemente exagerada a opinião de Silvestre Pinheiro Ferreira, e que se difundiu até aos nossos dias, de que, *«O doutor José Joaquim de Faria, encarregado de dar uma nova edição dos Elementos de Álgebra de Bezout, traduzidos em português, enriqueceu de tal modo esta obra com as mudanças e adições que nela fez, que de um dos piores livros de matemática fez os melhores elementos de cálculo que existem»*; como bem faz notar Inocêncio da Silva, *«parece haver nisto seu tanto de exageração porque enfim, as preconizadas adições não passam de algumas poucas doutrinas e problemas traduzidos literalmente das Lições de Matemática de Lacaille, que tinham por aquele tempo grande séquito»* [Inocêncio da Silva 1858-1923, v.4 p.387]. Na verdade, o novo capítulo introduzido na 2^a edição não sendo uma tradução do correspondente capítulo do *Leçons élémentaires de mathématiques ou Éléments d'Algébre et de Géométrie*, de Lacaille [Lacaille & Marie 1784, pp.458-470] parece contudo nele ser inspirado.

Uma outra diferença que se encontra é a alteração da ordem de apresentação de alguns capítulos. Enquanto que na 1^a edição as quadraturas eram estudadas antes do estudo das funções, sin e cos, na 2^a essa ordem é alterada, embora o conteúdo de cada um dos capítulos permaneça exactamente o mesmo. Também é de referir que na 2^a edição os últimos dois capítulos, *«da integração das quantidades de duas ou mais variáveis»* e o *«das equações diferenciais»*, têm um ou outro exemplo a mais do que os fornecidos na 1^a edição. Quanto à errata esta é mais pequena na 2^a edição, sendo sugeridas 40 emendas que também, tal como na 1^a edição, não passam de correcções de gralhas. À semelhança da 1^a edição também não há sinal identificativo (ou nota de rodapé) que evidencie ou sugira aditamento do tradutor. Em relação às figuras que acompanham a 2^a edição, aí sim, notam-se diferenças. A 2^a edição acrescenta 13 novas figuras (passando para um total de 66), mas 4 das figuras da 1^a edição não têm lugar na 2^a.

À semelhança dos volumes para a Álgebra também as mudanças apresentadas nas duas edições referentes ao Cálculo são relativamente pequenas e por conseguinte a ideia de que a 2^a edição é substancialmente melhorada é nitidamente abusiva. Este facto é confirmado pela leitura do livro de Rodrigo de Ferreira da Costa [Ferreira da Costa 1825], onde o resumo que faz das matérias acompanha, ponto por ponto, tanto a 1^a como a 2^a edição.

[25] Ver na edição inglesa: 'On the development of functions in infinite series' [Euler 1988, v.1 pp.50-64].

6.4 Análise do *'Tratado de Mechanica, de Marie'* (1775)

O *Tratado de Mechanica*, de Marie, é também, à semelhança das traduções das obras de Bezout, bastante fiel ao texto francês[26]. Tem o mesmo índice das matérias, com o texto a acompanhar fielmente parágrafo a parágrafo (§.) o original e não se distingue sinal algum que sugira um potêncial aditamento do tradutor como ocorre nos *Elementos de Arithmetica* (1773). Por exemplo, a edição portuguesa não tem prefácio, nem traduz o *'Avertissement'* que consta do original e onde Marie apresenta o plano da obra [Tratado de Mechanica 1775, pp.v-viii]. Quanto às figuras a edição portuguesa tem as mesmas 201 numeradas, tal e qual o original francês – são essas figuras que compõem o manuscrito já referido, *Figuras de Mechanica* [BGUC Ms.3152], que Monteiro da Rocha mandou compor para uso das suas aulas.

Concentrando a nossa atenção na errata e nas 38 correcções aí sugeridas encontrámos, para além das simples gralhas tipográficas (30), 8 correcções de carácter científico. Como a edição portuguesa reproduz *ipsis litteris* as expressões matemáticas do original, as correcções sugeridas na errata dizem respeito tanto à tradução como ao original – o original francês não tem errata.

Vejamos então essas 8 emendas de carácter científico (usaremos a seguinte notação para identificar a localização do erro: 'p./l. (§.)' → 'página/linha (parágrafo)'):

1. p.106/l.23 (§.183): *«onde se lê: $\pm l$ etc., deverá ler-se $\pm al$ etc.»;* e p.111/l.20 (§.185): *«onde se lê: "Se m", deverá ler-se: "Se $m+\frac{1}{m}$"».* Trata-se do problema da catenária. Aqui estuda-se o caso da catenária, ou seja a forma que uma corda adquire quando está suspensa sob a acção da força gravítica pelas suas extremidades. Marie mostra que as equações paramétricas da curva são: $x = z\cos(\theta-\varphi)$, $y = z\sin(\theta-\varphi)$, sendo: $z = \frac{1-m^2}{2} + \frac{1-m^2}{2}\cos\frac{2m}{1+m^2}\varphi$, e $m^2 = \frac{b+a}{b-a}$ $(b > a)$ (φ é o parâmetro da curva; a, b, θ constantes; e z é a norma do vector (x, y)), afirmando (sem demonstração) que se m for um número inteiro, a curva é algébrica. Monteiro da Rocha na errata que propõe afirma que a curva será algébrica quando $m + \frac{1}{m}$ for inteiro e não apenas quando m o for. Esta correcção é criticada ferozmente, anos mais tarde na famosa 'polémica', por Anastácio da Cunha que a considera errada, acusando Monteiro da Rocha de incompetência – *«Não é possível tirar-se-lhe [a Monteiro da Rocha] o costume de dar por erróneo o que não entende! Podia lembrar-se do que lhe sucedeu com a equação da catenária na sua Tradução da Mecânica do Abade Marie; do absurdo que imprimiu nas erratas presumindo que emendava o autor; e devia ter algum respeito a quem está acostumado há muito tempo a emendar-lhe os seus erros.*

[26] O *Tratado de Mechanica* teve 3 edições: Coimbra: Imprensa da Universidade, 1775, 1785 e 1812 [H. Henriques 2004, p.188].

Mas só calcula bem os nossos lugares relativos. Fia-se em estar de alto, e eu por terra.» [A. Teixeira 1890-92, p.656]. Gomes Teixeira que estudou este problema dá razão tanto a Marie como a Monteiro da Rocha, pois a equação é ágébrica em ambos os casos (m ou $m + \frac{1}{m}$ inteiros) [Gomes Teixeira 1905][27]. Como muito bem afirma João Queiró, Monteiro da Rocha erra ao corrigir Marie mas não erra na 'correcção' que propõe [João Queiró 2000b].

2. p.123/l.26 (§.207): *«onde se lê HL, deverá ler-se HK»*. Trata-se do problema da roldana móvel e em saber a relação entre o peso M sustido pela roldana e a força necessária para a elevar. A correcção proposta está correcta mas o erro parece-nos nitidamente ser uma gralha que enfermava o original, transcrito na tradução, e que a errata corrige.

3. p.147/l.1 (§.241): *«onde se lê EF, deverá ler-se EB»*. Estamos perante o estudo do plano inclinado. É proposto o seguinte problema: *«Dada a curva AF, com os pesos A, B, e o comprimento do fio ACB, achar outra curva EB tal, que postos os dois corpos em qualquer parte delas e sejam sempre em equilíbrio»* [Tratado de Mechanica 1775, §.240]. A correcção proposta é correcta, mas o erro, mais uma vez, parece-nos ser uma gralha do original.

4. p.153/l.29 (§.253): «*onde se lê $SM : SN$, deverá ler-se $LM : LN$*». Aqui estuda-se a cunha e quer saber-se quais são as forças transmitidas às suas duas faces triangulares por força aplicada na sua base. A correcção proposta está correcta, a relação entre as forças e as suas direcções estava errada e a errata portuguesa corrige-a.

5. p.222/l.17 e 18 (§.358): *«onde se lê y' e y; e x' e x deverá ler-se Y' e Y; e X' e X»*. Estuda-se o movimento do centro de massa, mais concretamente o seguinte problema: dois corpos são lançados com velocidades iniciais arbitrárias, sendo cada um deles solicitado por uma força, para além da força de atracção que exercem entre si que varia na razão das suas massas, determinar, desprezando o atrito, o movimento do centro de massa. O erro é corrigido mas parece tratar-se de uma gralha.

6. p.302/ 2 últimas equações (§.452): *«o segundo membro das últimas duas equações deve multiplicar-se por V»*. O assunto em questão é a colisão elástica de 3 corpos, onde há conservação da *"força viva"* e da *"força morta"*, o que hoje se designa

[27] António José Teixeira no estudo que faz da polémica entre Anastácio da Cunha e Monteiro da Rocha ainda começa a analisar esta questão da catenária, porém não a conclui. Sobre a história matemática desta famosa curva veja-se [Leda Talavera 2008].

por conservação da energia cinética e da quantidade de movimento do sistema. A errata está correcta.

7. p.309/l.23 (§.462): *«onde se lê $\frac{M}{m}$, deverá ler-se $\frac{m}{M}$»*. O problema é determinar a aceleração de um corpo M que está ligado por um fio que passa por a gola de uma roldana a um outro corpo m assente num plano inclinado (de um ângulo ς com a horizontal). É um problema simples, contudo não percebemos o que está em causa quando o autor (Marie) escreve que a quantidade de movimento do corpo m, que é dada pela expressão: $\frac{Mm-m^2\sin\varsigma}{M+m}gt$, *« il faut pout qu'elle foit un Maximum, que* $\frac{M}{m} = -1 + \sqrt{\frac{1}{\sin\varsigma} + 1}$*»* [Marie 1774, p.374] – a quantidade de movimento mv é função de t monótona crescente para todo o $t > 0$.

8. p.340/l.5 (§.497): *«onde se lê $\frac{2}{3}a^2$, deverá ler-se $\frac{2}{3}a^3$»*. Estamos perante a determinação dos momentos de inércia. No caso em concreto pede-se a determinação dos momentos de inércia do cilindro em relação a vários eixos de rotação. A correcção proposta está correcta, mas mais uma vez parece-nos ser nitidamente a correcção de uma gralha.

Estas correcções que são propostas na errata estão na 2^a edição [Tratado de Mechanica 1785] integradas no próprio corpo do texto (a 2^a edição não tem errata).

6.5 Análise do *'Tratado de Hydrodynamica, de Bossut'* (1775)

O outro compêndio traduzido para servir as aulas da cadeira do 3^o ano foi o *Tratado de Hydrodynamica*[28]. Este livro em 1 volume foi *«traduzido e abreviado»* do *Traité élémentaire d'Hydrodynamique,* em 2 volumes, de Bosut [Bossut 1771][29], comparando os índices verifica-se uma quase equivalência das matérias tratadas, porém a edição portuguesa não tem prefácio, nem traduz, como já fizemos notar, o *'Avertissement'* do original.

A tradução portuguesa divide-se tal e qual o original em duas partes. A primeira é dedicada à hidrostática (3 capítulos) e a segunda à hidráulica (10 capítulos). É nesta 2^a parte, constituída no original francês por 11 capítulos, que a tradução portuguesa se diferencia. São suprimidos 2 capítulos – *«recherches experimentales sur la direction des particules d'un fluide dans l'interieur du vase oú elles se meuvent, et sur la contraction de la veine fluide au sortir de l'orifice»* e *«experiences et reflexions sur le movement*

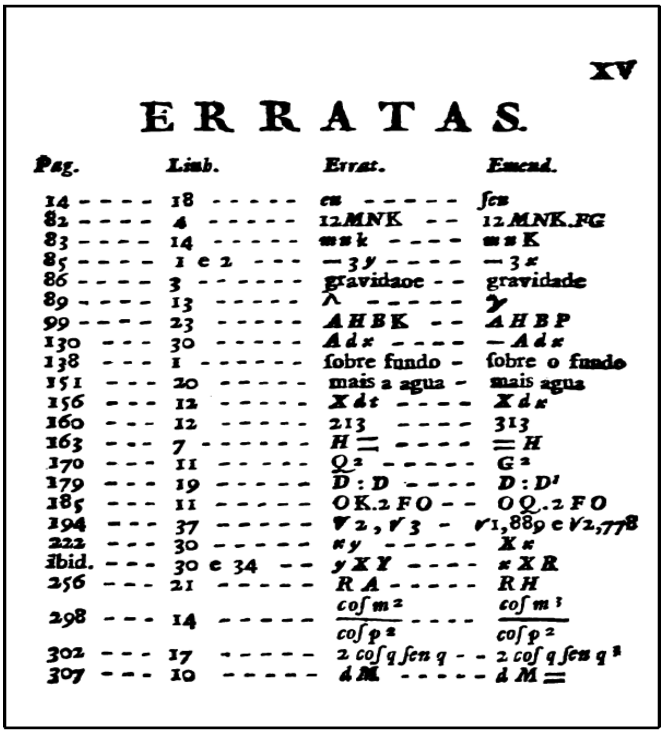
[28]Teve 2 reedições: Coimbra: Imprensa da Universidade, 1775 e 1813 [H. Henriques 2004, p.188].

[29]O 1^o volume tem: $(xxxvii + 394)$pp. + 9fls. com um total de 109 figuras; o 2^o: 444pp. + 7fls. com um total de 100 figuras.

des eaux qui sortent des reservoirs ou elles sont continues» [Bossut 1771, v.2 pp.1-19, 19-93] –, onde Bossut expõe e discute uma série de resultados experimentais ainda relativamente mal compreendidos sobre o escoamento de líquidos por orifícios (são dois capítulos onde a vertente de investigação científica se sobrepõe à exposição e ao ensino das matérias). Outra diferença entre o original e a tradução é que nalguns capítulos Monteiro da Rocha, motivado por preocupações pedagógicas, altera a ordem de exposição das matérias.

No que diz respeito a possíveis aditamentos estamos em crer que não existem, pois não encontrámos nenhum sinal que os identificasse. Em relação à errata (são 23 as emendas propostas) não encontrámos emenda alguma para além de evidentes correcções[30]. Por último uma palavra sobre as figuras. Das 209 (109 + 100) figuras que acompanham o original francês, 181 foram incluídas na edição portuguesa (algumas com pequenas simplificações mas no essencial fieis às originais). A diferença explica-se pela supressão dos 2 capítulos originais. São estas 181 figuras que compõem o já citado manuscrito, *Figuras de Hydrodynamica* [BGUC Ms. 3153].

A figura seguinte diz respeito à errata que acompanha a tradução portuguesa do errata que acompanha o *'Tratado de Hydrodynamica, de Bossut'.*



XV

ERRATAS.

Pag.	Linh.	Errat.	Emend.
14	18	en	sen
82	4	12MNK	12MNK.FG
83	14	mnk	mnK
85	1 e 2	$-3y$	$-3x$
86	3	gravidaoe	gravidade
89	13	^	γ
99	23	AHBK	AHBP
130	30	Adx	$-Adx$
138	1	sobre fundo	sobre o fundo
151	20	mais a agua	mais agua
156	12	Xdt	Xdx
160	12	213	313
163	7	$H =$	$= H$
170	11	Q^2	G^2
179	19	$D : D$	$D : D'$
185	11	OK.2FO	OQ.2FO
194	37	$\sqrt{2}, \sqrt{3}$	$\sqrt{1,889}$ e $\sqrt{2,778}$
222	30	xy	Xx
ibid.	30 e 34	yXY	xXR
256	21	RA	RH
298	14	$\frac{cos\,m^2}{cos\,p^2}$	$\frac{cos\,m^3}{cos\,p^2}$
302	17	$2\,cos\,q\,sen\,q$	$2\,cos\,q\,sen\,q^3$
307	10	dM	$dM =$

[30]O original francês também tem duas erratas (uma em cada volume), mas não passam de emendas a nítidas gralhas tipográficas. A errata portuguesa diz respeito só à sua própria edição.

Parte II

A *'FACULDADE DE MATHEMATICA'* E OS TRABALHOS MATEMÁTICOS DE MONTEIRO DA ROCHA

Capítulo 7

Os primeiros 50 anos da *Faculdade de Mathematica*: uma visão diacrónica

Durante os 50 anos em que se debruça o nosso estudo, um período temporal riquíssimo no plano político, social e cultural, tanto do país como do mundo, a Universidade passou por alguns momentos de crise[1].

Em 28 de Agosto de 1772 os Novos Estatutos da Universidade de Coimbra são aprovados pelo rei D. José (C.R. de 28-8-1772), investindo de plenos poderes o seu ministro Marquês de Pombal para proceder à Reforma da Universidade (estes serão recebidos pelo Reitor, em 29 de Setembro, das mãos do próprio Marquês que se havia deslocado, na qualidade de Lugar-tenente (equivalente a Vice-Rei), à própria cidade de Coimbra para proceder a todos os actos formais que a Reforma exigiu[2]).

O empenho do Marquês no projecto da Reforma é total, a troca de correspondência com D. Francisco de Lemos, informando-o de tudo o que se passa, é constante. Desde logo o Reitor procede a todas as diligências que os Estatutos ordenavam para a Reforma: matrículas, professores, aulas, construção dos estabelecimentos científicos das várias Faculdades e de outros edifícios universitários (biblioteca, imprensa, etc.)[3].

---

[1] Sobre a vida Universidade durante este período vejam-se preferencialmente: [Teófilo Braga 1898-1902] e [Brandão & Almeida 1937]. Em particular sobre a história de cada uma das várias Faculdades vejam-se: [Mota Veiga 1872] (Teologia), [A. Serra de Mirabeau 1872] (Medicina), [Castro Freire 1872] (Matemática) e [Simões Carvalho 1872] (Filosofia).

[2] Miguel Carlos da Mota e Silva, Secretário e Mestre-de-cerimónias da Universidade, escreveu um *«Diário da Visita»* do Marquês de Pombal, relatando todos os actos e cerimonial da instituição da nova Universidade [A. Vasconcelos 1917].

[3] Sobre a biblioteca da Universidade veja-se em Anexo um estudo de um catálogo elaborado, em 1798, pelo Ajudante de Biblioteca, Bernardo Leal, intitulado: *'Biblioteca Matemática e Filosófica que tem a Biblioteca Pública da Universidade de Coimbra, por Bernardo Alexandre Leal'* [Bernardo Leal 1798].

Com a morte de D. José I (1777) e o consequente afastamento de Pombal, originado pela mudança de governo levada a cabo pela Rainha D. Maria I, a acção de alguns agentes mais conservadores, que até aí haviam sido controlados pelo Rei, ressurge. Neste contexto, o projecto pombalino da Reforma da Universidade de Coimbra, para cuja implementação e solidificação ainda não havia decorrido o tempo necessário, viu-se ameaçado, o que comprometeu a sua concretização [Rómulo de Carvalho 2001]. A Universidade foi, por exemplo, acusada de fomentar leituras de autores proibidos, como Voltaire, Rousseau, Hobbes e '*outros autores que defendiam o deísmo, indiferentismo e tolerantismo*', promovendo, desse modo, a divulgação de doutrinas perigosas. É neste quadro histórico conhecido por a Viradeira que se dá a *'devassa inquisitorial dos militares heterodoxos de Valença'* e a prisão de José Anastácio da Cunha, em 1 de Julho de 1778 [Oliveira Ramos 2000, p.191]. Prevendo desde logo estas ofensivas dirigidas à Universidade, D. Francisco de Lemos redige a *'Relação do Estado da Universidade'* endereçada à Rainha [Francisco de Lemos 1777][4], onde expõe e defende as virtudes da Reforma iniciadas por D. José meia dúzia de anos antes. Aí identifica também uma série de problemas, cuja solução exigia atenção e amparo redobrados por parte da nova monarca.

D. Francisco de Lemos presidiria aos destinos da Universidade até 1779, sendo depois substituído por D. José Francisco de Mendonça (1725-1808)[5], cujo principal objectivo foi o de repor uma certa ordem que caracteriza este período da Viradeira (1777-1779), como expressa o Aviso Régio de 22 de Dezembro de 1779 que faz sentir ao novo Reitor o cuidado que causa,

> *«o ver a mocidade que a ela [Universidade] se vai instruir, muitas vezes levada do inconsiderado amor de saber mais, se aplica à lição voluntária de Livros de errada doutrina, e perigosos para os ânimos incautos e ainda mal instruídos, e por esta causa se precipita em desatinos, que insensivelmente os levam a perigar nas coisas contrárias à nossa santa religião...».*

O reitorado de D. José Francisco Mendonça, que se prolongou por 7 anos (1779-1785), retoma inclusive alguns dos costumes antigos, tais como o perdão de Actos, a dispensa de residência na cidade de professores e alunos, atingindo-se uma grave situação de relaxação dos estudos [Rómulo de Carvalho 2001, p.505]. Segundo Teófilo Braga, *«todos os actos do Principal Mendonça representavam um manifesto intuito de retrocesso, e a Universidade parecia volver aos tempos medievais»* [Teófilo Braga 1818,

[4] O relatório de Francisco de Lemos foi encontrado por acaso, por volta de 1880, e publicado por Teófilo Braga em 1894, como informa o editore da versão fac-similada de 1980 [Francisco de Lemos 1777, 'prefácio'].

[5] O Principal Mendonça foi nomeado Reitor da Universidade em 25 de Outubro de 1779, tomando posse em 30 de Abril de 1780.

p.354]. Este período da vida universitária é mordazmente caracterizado à época no poema satírico *'O Reino da Estupidez'* da autoria do estudante de Medicina Francisco de Melo Franco (1757-1823), que corre em Coimbra por volta de 1784 sob a forma anónima e manuscrita[6].

Neste poema Melo Franco ridiculariza o retrocesso da Universidade, fruto da reacção anti-pombalina em que a ciência havia sido destronada pela *Hipocrisia*, *Fanatismo* e *Superstição*. Sabendo que a deusa *Estupidez* se pretende instalar em Coimbra o Reitor convoca o Claustro Académico para saber se a Universidade a deve ou não receber. A sessão inicia-se com um violento ataque do Lente de Prima de Teologia à Reforma Pombalina e às ideias Iluministas, elogiando o *status quo* pré-Reforma, discurso este ao qual praticamente todos os Lentes assentam. Porém, há uma voz que se indigna, a de Tirceo,

> *«Das vossas mesmas bocas retumbaram // Cânticos de louvor nestas paredes. // O triunfo cantastes na presença // Do zeloso Ministro respeitado. // Que diferente linguagem hoje escuto! // [. . .] // Oh tu, sombra imortal, oh grão Ministro, // Da face do teu Deus, onde repousas // [. . .] // Vem um instante aparecer agora // [. . .] // Blasfémias ouvirás // [. . .] // Contra Tirceu um tal rancor fervia, // Que vivo o tragariam se a presença // Do sério presidente o permitisse. // Disfarçando, porém, com riso e mofa // A dissonante fala receberam. [. . .]»* [Melo Franco 1818].

A personagem Tirceo é identificada com Monteiro da Rocha – muitas das versões manuscritas que correm do poema identificam-na com José Monteiro da Rocha [Luís da Albuquerque 1975, p.108] –, o que mostra que ele era visto com símbolo e defensor da Reforma Pombalina da Universidade[7].

Em 1786 D. Francisco Rafael António de Castro (1750-1816) assume os destinos da Universidade num reitorado (1786-1799)[8] decidido a retomar o projecto pombalino

[6] O poema foi publicado em 1818 [Melo Franco 1818]; sobre o mesmo vejam-se os estudos de Luis de Albuquerque [Luis de Albuquerque 1975] e Ofélia Monteiro [Ofélia Monteiro 1982].

[7] *«No meio da indisciplina geral em que ia caindo a Universidade, era natural que o Dr. José Monteiro da Rocha, que tanto trabalhara na regeneração dos estudos com D. Francisco de Lemos, não considerasse o governo do Principal Mendonça como favorável ao novo regime pedagógico e se visse forçado a manifestar o seu voto individual no Conselho dos Decanos. Tratando-se da nomeação do Vice-Conservador da Universidade, António José Saraiva do Amaral, fez o Dr. Monteiro da Rocha consignar nas actas do conselho o seu protesto contra a inabilidade do nomeado. Foi isto comunicado pelo vice-reitor ao Principal Mendonça, que tratou imediatamente de obter do governo uma carta régia para que o voto individual de Monteiro da Rocha fosse trancado; efectivamente foi passada essa carta em data de 19 de Abril de 1784.»* [A. Correia 2011]. Este episódio é também mencionado no Reino da Estupidez: *«O douto secretário, que em Aveiro // Alçou já vara branca, e subescripsi // Põe no fim do papel [. . .]»*.

[8] D. Francisco Rafael António de Castro foi nomeado reitor em 3 de Dezembro de 1785 e tomaria

e que por isso mesmo contará com a ajuda inestimável de José Monteiro da Rocha enquanto Vice-Reitor (6 de Agosto de 1786)[9]. Sob a direcção destes dois homens intenta-se uma série de acções no sentido de redireccionar e reforçar o papel e os propósitos que haviam presidido à Reforma da Universidade[10]. É nesta altura que alguns projectos inacabados do tempo de Pombal são finalmente retomados: é o caso do Observatório Astronómico (ver capítulo 11) e do Jardim Botânico da Universidade. Durante este período produz-se também diversa legislação respeitante à *«economia das Aulas, Actos e Acções Académica»*, abarcando os mais variados assuntos, tais como os compêndios escolares, a Junta da Fazenda, a Imprensa da Universidade e os vencimentos e concursos dos professores. O recrutamento de professores e a progressão na carreira docente foi alvo de especial cuidado por parte destes responsáveis, culminando num importante articulado legislativo, o Alvará Régio de 1 de Dezembro de 1804, cuja redacção é geralmente atribuída ao Vice-Reitor José Monteiro da Rocha, que institui que a avaliação do mérito científico dos Opositores, os futuros professores da Universidade, seja realizada pela unanimidade dos Lentes da Congregação[11].

Em 1799 D. Francisco de Lemos é novamente nomeado Reitor da Universidade[12]. As duas décadas correspondentes ao seu reitorado foram marcadas pelas Invasões Francesas (1807-1811) que dificultaram em muito a vida universitária. Todavia o século XIX que entretanto se inicia traz consigo algumas novidades muito positivas para a Universidade. O definitivo Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra é finalmente concluído, entrando em funcionamento em Dezembro de 1799 e começando a publicar as suas *Ephemerides Astronómicas* a partir de 1803.

Em 21 de Janeiro de 1801 é criada a cadeira de Metalurgia na Faculdade de Filosofia, a ser ministrada no 4.^{o} ano em conjunto com a cadeira de Agricultura. Na Faculdade de Matemática são também criadas, por Carta Régia de 1 de Abril desse mesmo ano, as Cadeiras de Hidráulica e de Astronomia Prática (que adiante falaremos). Uma outra Carta Régia, também datada de 1 de Abril de 1801, encarrega

posse a 6 de Maio de 1786. A sua nomeação é consequência directa do mau ambiente que se vivia em Coimbra e na Universidade desencadeado pelo 'Reino da Estupidez' e outros poemas satíricos que também vão aparecendo.

[9] Para que Monteiro da Rocha pudesse ser nomeado Vice-Reitor é publicado um Aviso Régio, em 31 Julho 1786, declarando que os Vice-Reitores poderiam ser eleitos de qualquer Faculdade, e não só das Faculdades de Teologia e Cânones como os Estatutos Antigos determinavam; mais tarde pelo Alvará de 12 de Janeiro de 1811 é concedido o tratamento de Senhoria aos Vice-Reitores.

[10] *«O facto que melhor mostra o regresso ao espírito pombalino é talvez a nomeação, por Portaria de 6 de Agosto de 1786, para Vice-Reitor, do grande matemático e íntimo colaborador de Pombal e de D. Francisco de Lemos, José Monteiro da Rocha.»* [Ferreira Gomes 1972, p.59].

[11] A Carta Régia de 24 de Janeiro de 1791 havia já regulado as precedências sem prejuízo das vocações e dos estudos especiais que qualquer professor tivesse empreendido no exercício da sua actividade docentes [A. Serra de Mirabeau 1872, p.103].

[12] D. Francisco de Lemos é nomeado Reitor em 13 de Maio de 1799, tomando posse no dia 16 de Maio. Este seu segundo reitorado prolongar-se-ia até 28 de Outubro de 1821.

a Faculdade de Filosofia da organização de planos de viagem e expedições filosóficas pelas províncias e distritos do Reino, ordenando ao Reitor a escolha dos membros da Faculdade mais capazes para essas viagens. Em 1802, pela Carta Régia de 18 de Março, é criada a cadeira de Música sendo nela provido como professor José Maurício[13]. Em 1804 a Universidade vê partir para Lisboa José Monteiro da Rocha, que havia sido nomeado preceptor dos Príncipes (C.R. 18 de Agosto de 1804). Contudo, a ligação deste à Universidade não cessa: para além de se continuar a corresponder com Francisco de Lemos sobre assuntos académicos, publicará ainda vários trabalhos astronómicos nos volumes das *Ephemerides* e será graças à sua diligência que o Hospital da Universidade pôde contar com dois frascos de vacina contra a varíola e entrar no plano de vacinação que em 1812 a Academia das Ciências de Lisboa havia iniciado em Lisboa [A. Serra de Mirabeau 1872, p.114][14].

As Invasões Francesas e a consequente saída da Corte para o Brasil, em 29 de Novembro de 1807, donde só regressará em 1821, marcam um período difícil para o país e para a Universidade, que chega a encerrar durante o ano lectivo de 1810-11[15], vendo inclusivamente espoliada pelos franceses a Capela, a Secretaria, a Contadoria da Fazenda, a Biblioteca, a Imprensa e o Observatório Astronómico [M. Brandão 1938].

Na tentativa de lutar contra o invasor, é criado em 25 de Junho de 1808 um Batalhão Académico sob comando do sargento de Artilharia e estudante de Matemática Bernardo António Zagalo (1780-1841), com o objectivo de libertar o forte de Santa Catarina da cidade da Figueira da Foz e permitir assim o desembarque dos aliados ingleses que viriam ajudar na luta contra os franceses. Mais tarde sob a liderança do Vice-Reitor Manuel de Aragão Trigoso, que também ocupava o cargo de Governador Geral da cidade de Coimbra, o Laboratório Químico da Universidade, dirigido pelo professor de Química Thomé Rodrigues Sobral (1759-1829), torna-se uma verdadeira fábrica de pólvora e de munições para a guerra de defesa da cidade de Coimbra, encabeçada por muitos alunos e professores da Universidade[16] [A. Costa 1986].

Durante este período a Universidade sofre ainda de um problema, a ausência, entre 1808-1814, do Reitor D. Francisco de Lemos que havia integrado uma deputação a Baiona, a mando da Junta de Regência, para cumprimentar Napoleão Bonaparte (1769-1821).

[13] Este afirmará no seu compêndio *"Methodo de Música"*(Coimbra, 1806) que muitos dos seus conhecimentos musicais eram devidos a José Monteiro da Rocha [Rui Simões 2004, pp.11-13].

[14] Em 1812 a Academia das Ciências de Lisboa criou a Instituição Vacínica com o objectivo de promover a vacinação contra a varíola (a doenças das bexigas, assim era conhecida na época) na cidade de Lisboa.

[15] A Universidade foi mandada fechar por Aviso Régio de 1810, em 23 de Setembro do ano seguinte por um outro Aviso Régio a Universidade é reaberta.

[16] Deve-se também a Thomé Rodrigues Sobral a utilização de desinfectantes de cloro no combate a surto de peste que deflagrou em Agosto de 1809 na cidade de Coimbra.

Feita esta contextualização do período histórico-político sobre o qual incide o nosso estudo, vamos agora centrar-nos no objecto principal deste capítulo: o estudo da produção científica da Faculdade de Matemática nos seus diferentes aspectos e perceber em que medida os objectivos definidos nos Estatutos foram, ou não, de facto alcançados.

Para tal escolhemos 4 possíveis indicadores: as dissertações de doutoramento; a produção científica junto da Academia das Ciências de Lisboa (as memórias e concursos académicos); a publicação de livros e compêndios; os pareceres técnico-científicos que foram expressamente pedidos à Faculdade. A escolha destes 4 indicadores fornecerá na nossa opinião um instrumento suficientemente abrangente para dele se retirarem alguns dados estatísticos que ajudem a traçar e a compreender o quadro científico da Faculdade de Matemática no período 1772-1820. O levantamento das dissertações de doutoramento evidenciará os assuntos que a Congregação considerava pertinentes e que mereciam ser estudados e defendidos pelos estudantes nos Actos maiores da Faculdade; o estudo das memórias matemáticas e astronómicas publicadas pela ACL é um importante indicador se tomarmos em atenção que à época esta será a única instituição científica portuguesa responsável pela publicação de periódicos com trabalhos científicos[17]; o estudo dos livros e compêndios que ao longo dos anos foram publicados fornecerá uma visão da produção científica dos professores da Faculdade, tanto no que diz à qualidade como à modernidade dos assuntos publicados; por fim ao analisarmos o pedido de alguns pareceres para os quais a Faculdade, como instituição científica produtora de conhecimento, foi solicitada a pronunciar-se, permitir-nos-á avaliar para além do seu papel científico, o papel de prestador de serviço público e consequentemente o reconhecimento social da própria instituição pelas estâncias do poder[18].

7.1 O corpo discente

Interessa-nos aqui olhar sobre a Faculdade de Matemática no que concerne ao seus alunos, ou seja olhar para alguns indicadores que nos ajudem a tecer uma ideia mais precisa sobre as dinâmicas e a frequência estudantil da Faculdade no período de 1772 a 1820. Interessa-nos, em especial, saber o número de alunos que a frequentou, a relação de entradas e saídas, a taxa de sucesso/insucesso, o número daqueles que se formaram e as saídas profissionais dos mesmos. Na verdade é algo difícil fazer a contabilidade dos alunos ao longo destes 50 anos, pois obriga à consulta de vários livros de matrículas e a

[17] Só a partir de meados do século XIX é que esta hegemonia é quebrada. Primeiro com a fundação, em 1852, d' *O Instituto de Coimbra*, uma academia científica, literária e artística fundada em Coimbra e depois, mais tarde, em 1877, com a publicação do *Jornal de Sciencias Mathematicas e Astronómicas*, de Francisco Gomes Teixeira [Luís Saraiva 2008].

[18] Infelizmente estes pareceres encontram-se hoje desaparecidos.

ter em atenção as diferentes categorias de alunos (ordinários, obrigados e voluntários). Tanto quanto sabemos Alberto Prata no seu trabalho sobre a Faculdade de Filosofia [Alberto Prata 1989] foi o primeiro autor a apresentar uma série de tabelas estatísticas com os números relativos aos estudantes matriculados, entre 1772 e 1820, nas várias Faculdades (incluindo a de Matemática), porém os dados estatísticos que fornece divergem dos nossos, querendo-nos parecer que comete o erro de confundir matrículas com o número de alunos, que contabiliza como correspondendo a matrículas de alunos diferentes [Alberto Prata 1989, pp.69-70]. Esta confusão entre matrículas e número de alunos inflaciona os verdadeiros números da frequência universitária: atente-se, por exemplo, que um aluno que conclua com êxito o *curso mathematico* terá feito, pelo menos, 4 matrículas; por isto, em grosso modo, os números apresentados por Prata estão inflacionados de um factor de 4[19]. Apesar desta dificuldade há no trabalho de Prata informação estatística útil, pois estudou as matrículas (para ele n^o de alunos) de todas as 6 Faculdades académicas, no período 1772-1820, e nós apenas o fizemos para a Faculdade de Matemática.

Como se pode ver (anexo) na nossa 'tabela: frequência (número de alunos ordinários) da Faculdade de Matemática entre 1772-1820', foram cerca de 271 alunos que, num período de quase 50 anos (1772-1820), cursaram o curso de matemática, o que dá uma média de 5.6 por ano – Prata contabiliza, neste período, um total de 1028 alunos ordinários. Em 1777 Francisco de Lemos, algo desanimado, queixava-se do baixo número de matrículas registadas na Faculdade de Matemática (total de 4) [Francisco de Lemos 1777, pp.85-86]. Este baixo número era uma realidade transversal a quase todas as outras Faculdades: na Faculdade de Teologia, afirmava o Reitor [Francisco de Lemos 1777], contavam-se ao todo 21 alunos; na de Medicina, *«o seu número é limitado, e deveria ser maior»*; na de Filosofia *«sucede nesta Nova Faculdade o mesmo que na Matemática [...] só quatro Estudantes se têm matriculado como Ordinários»*. Só nas Faculdades de Cânones e Leis as coisas eram mais animadoras, *«as aulas de ambas estas Faculdades são as únicas, que actualmente são frequentadas na Universidade por um suficiente número de Estudantes»*. Esta falta de alunos (e consequentemente também a falta de professores) vai ser uma constante da instituição ao longo do período que estudamos.

Ao compulsarmos a documentação existente nos vários arquivos deparamo-nos amiúde com esta realidade que afligia os responsáveis institucionais e governamentais: em 1782, dez anos depois da Reforma, uma comissão constituída pelos decanos das 3 Faculdades científicas manifestava ao governo a sua preocupação com o *«abati-*

[19] Esta confusão – matrícula, aluno – acaba por se revelar, assim nos quer parecer, noutras tabelas do autor. Por exemplo em [Alberto Prata 1989, p.92] o autor refere-se a números previamente por si apresentados como de estudantes como sendo, agora, de matrículas.

mento e decadência em que se acham [as Faculdades naturais]», o que na sua opinião se devia a uma falta crónica de alunos e professores (documento, de 10 Junho de 1782, com parecer de Monteiro da Rocha, Vandelli e António José Pereira sobre *«a maneira de erguer as Faculdades de Sciencias»*) [ANTT Ministério do Reino Mç.512]; em 1787 o Reitor preocupado escreve ao Ministro, *«O número dos estudantes obrigados que actualmente andam matriculados no primeiro ano Matemático excede a cem [...] Ordinários da Faculdade são unicamente 4»* [ANTT Ministério do Reino Mç.512]. Este problema vai sendo sucessivamente, ao longo dos anos, alvo de preocupação.

Na verdade, se pretendêssemos medir o êxito da Reforma pelo número de estudantes que a Universidade reformada conseguiu atrair, estaríamos perante um insucesso. Os números desanimavam totalmente[20]. Francisco de Lemos estava bem ciente do problema e identificava as causas – a falta de saídas profissionais –, e propunha algumas soluções: legislar no sentido de que algumas profissões só pudessem ser desempenhadas por matemáticos formados pela Universidade. O Reitor defendia que os cargos de Cosmógrafo Mor e Engenheiro Mor fossem providos apenas por matemáticos formados em Coimbra e proponha ainda a criação de *«lugares de Cosmógrafos pelas Províncias, e Domínios»*, que empregariam também os graduados da Faculdade de Matemática [Francisco de Lemos 1777, pp.85-97].

Só muito mais tarde, em 1801, é que foi expressamente criada legislação (C.R. 9-6-1801) [A. Silva 1828b, pp.707-710], cuja redacção é atribuída a Monteiro da Rocha, que instituía então em cada comarca o lugar de Cosmógrafo a ser ocupado por um matemático, cujas funções seriam a elaboração uma carta topográfica da comarca de acordo com as regras estabelecidas para a Carta Geográfica do Reino[21]; bem como *«intender sobre todas as obras públicas [...] e outros ofícios análogos à Profissão*

[20] Estes números apresentados estão muito abaixo do 'numerus clausus' de 1200 alunos estabelecido pelo Marquês para os estudantes a matricularem-se na Universidade. Em carta para o Reitor o Marquês escreve, *«creio que se entenderá que são bastantes [o número de 1200 estudantes desejados para a Universidade]»* [DRP 1937-1979, v.1 pp.54-56].

[21] *«Para começar o levantamento e construção das cartas topográficas é necessário dar a cada um dos cosmógrafos um ou mais ajudantes, tirados do Corpo dos engenheiros. Todos devem usar do mesmo petipé, que deverá ser o da vara de que usou o professor Ciera nas operações dos grandes triângulos. Todas as cartas devem ser em papel da mesma marca. A geral da comarca dividida em concelhos a mil braças por polegada, a de cada concelho com todos os seus lugares a cem, e as dos prédios e terrenos de cada concelho a dez. E ouvindo o parecer de peritos deve também ordenar-se tudo o que pertence às aguadas e sinais, que devem representar as diversas qualidades dos terrenos e das suas produções. Com o mesmo parecer se estabelecerá a taxa, do que se há-de levar pelas cópias dos mapas dos prédios particulares, que hão-de ser pedidas pelos donos, as quais para terem fé publica deverão ser subscritas pelo escrivão, e assinadas pelo cosmógrafo. A cada um dos cosmógrafos se devem dar os instrumentos necessários, não somente para as operações topográficas, mas também para as astronómicas que dizem respeito à Geografia, como são as latitudes dos lugares principais da comarca, os eclipses da lua, do sol, dos satélites, e as ocultações das estrelas; observações que anualmente remeterão ao director do Observatório da Universidade: e não serão reconduzidos nos lugares, nem promovidos para outros, sem certidão dele em como cumpriram esta obrigação.»* [A. Teixeira 1888-90, v.37 pp.478-479].

dos Matemáticos»[22]. Os trabalhos de levantamento geodésico para a elaboração da Carta Geográfica do Reino foram iniciados em 1790 por Francisco António Ciera, que recorreu a Monteiro da Rocha a fim de que este construísse as réguas para a medição das bases geodésicas[23]. Tanto quanto sabemos não parece ter havido alguém nomeado, nos termos da lei, para o lugar de cosmógrafo de comarca, possívelmente para isso poderão ter contribuído, o peso excessivo dos magistrados na administração pública, bem como as verbas envolvidas.

Vejamos alguns números relativos aos estudantes para melhor se compreender a verdadeira dimensão do fenómeno. Antes da Reforma Pombalina, no período de 1724 a 1771, as Faculdades com mais alunos eram as Jurídicas (com um total médio de cerca de 90% de alunos) [António Vasconcelos 1988, p.121], com uma média anual, ao longo desse 47 anos, de 101 alunos para Teologia, 2260 alunos para Cânones, 298 alunos para Leis e 168 para o curso de Medicina – veja-se (anexo) a 'tabela: frequência Universitária entre 1724-1777' (para compreender melhor a Universidade antes da Reforma Pombalina veja-se [Taveira da Fonseca 1995]).

Considerando os números de Prata relativos à frequência destas Faculdades, no período pós Reforma, de 1772 a 1820, verifica-se um decréscimo significativo no número de estudantes, embora as Faculdades jurídicas continuem responsáveis pelo grosso das preferências estudantis. Nota-se contudo uma troca de preferências no que concerne a estas duas Faculdades: a Faculdade de Leis passa a ter mais estudantes que a Faculdade de Cânones – veja-se (anexo) a 'tabela: frequência Universitária entre 1772-1820'[24].

[22] Esta lei introduzia uma profunda reforma na administração do território, ao transferir um conjunto de competências tradicionais dos corregedores e provedores das comarcas para os novos funcionários da administração central do Estado: *«Que todas as Inspecções, e Intendências, que forem relativas, e respeitarem a quaisquer obras Públicas, Encanamento de Rios, Abertura de Barras; Direcção, e Alinhamento de Estradas, Demarcação de Terrenos, Laborações de Artes, e de Fábricas, Preparações, e Invenções de Máquinas; e assim mesmo quaisquer outros objectos, que exigem Conhecimentos, e Estudos da referida Faculdade, sejam privativa, e exclusivamente cometidas a Matemáticos Graduados, a fim de se evitarem os erros, que se fazem com gravíssimo prejuízo da Minha Real Fazenda, e irreparável detrimento do Público, por falta de princípios Teoréticos da mesma Faculdade.»* [C.R. 9-6-1801]. Para Adrien Balbi esta lei foi inspirada no modelo francês [A. Balbi 1822, v2 p.cvj].

[23] *«Sendo estas operações, entre todas as da matemática, as que requerem maiores conhecimentos, já para a escolha de métodos, já para o modo de as pôr em prática, vejo-me de necessidade obrigado a comunicar as minhas ideias a quem, sendo da mesma profissão, esteja em estado de me tirar algumas dúvidas que ocorreram, e de lembrar novos métodos que facilitem e tornem mais segura a execução desta obra. Em Portugal não há quem melhor me possa ajudar do que o Dr. José Monteiro da Rocha, que foi meu mestre em Coimbra. Este homem de engenho raro, que sem dúvida pode entrar no número dos grandes matemáticos da Europa, pode contribuir muito com as suas luzes nesta expedição [carta c.1790]»*, citada em [H. Mendes 1965]. Estas réguas ainda hoje existem e estão à guarda do Instituto Cadastral e Geográfico. A questão da elaboração de um levantamento topográfico do país havia, por volta de 1788, começado a ser alvo de discussão no seio da Academia das Ciências, devendo Monteiro da Rocha, segundo parecer de Custódio Gomes VilasBoas, dirigir os trabalhos. [H. Dias 2003, p.384] – tal acabou por não acontecer.

[24] Fernando Taveira da Fonseca afirma que no período de 1700 a 1771 as faculdades jurídicas nunca

Nota-se que na frequência universitária no período que antecede a Reforma uma predominância pelos cursos de carreira Eclesiástica em detrimento dos cursos de Leis e Medicina, ou seja de cursos vocacionados para o seguir de uma carreira civil. Tal enquadra-se bastante bem no paradigma social do ambiente dos poderes do chamado Antigo Regime, em que as classes nobreza e clero se situavam no topo da hierarquia social (vejam-se: [Gonçalo Monteiro 1993, pp.333-379] e [Manuel Hespanha 1993, pp.287-301]; bem como [Taveira da Fonseca 1995], em especial o capítulo 1 – *'efectivos estudantis'*).

Já no período pós-pombalino, que estamos a estudar, os números passam a espelhar uma nova realidade, *uma sociedade estabelecida no mérito pessoal, mais do que no nascimento.* Se atentarmos nos dados de Prata (acautelando as considerações que sobre os mesmos já fizemos) vemos que o número de alunos matriculados nos cursos Teológico e Direito Canónico representa agora só 36,54% do total das matrículas, distribuindo-se as restantes matrículas pelos cursos civis[25]. Se olharmos mais precisão para o número de matrículas imediatamente antes e depois de 1772 – ver (anexo) 'tabela: número de matrículas imediatamente antes e depois de 1772' –, verifica-se que a redução de matrículas foi na ordem dos 75%, sendo nas Faculdades jurídicas onde se verifica a maior diminuição (especialmente à custa da Faculdade de cânones). A Universidade é também uma realidade social, e como bem reflecte Prata, *«como tal, é transmissora de concepções culturais e de mecanismos ideológicos que supõe e suportam determinadas estruturas mentais»* [Alberto Prata 2000, p.291] e os números expressam-no.

Interessa-nos especificar agora os dados referentes aos alunos matriculados nos cursos científicos e destes os que se referem especialmente aos matriculados na nova Faculdade de matemática. No período em que nos debruçamos a estatística da frequência (número de alunos) da Faculdade é apresentada (anexo) na 'tabela: frequência (número de alunos) da Faculdade de Matemática entre 1772-1820'. Porém se compararmos o número de matrículas das 3 Faculdades de *'Sciencias Naturais'* ('tabela: total de matrículas nas Faculdades científicas, de 1772-1820') verifica-se que é em Medicina (67.80%) que a grande percentagem de alunos se matricula quando opta por uma carreira científica. Tal facto é bastante compreensível se atendermos às poucas saídas

chegaram a contar menos de 80% dos alunos que frequentavam a Universidade e após a Reforma o computo *«dos alunos dos dois direitos já não representa, em média, senão 51,9%»* [Taveira da Fonseca 1995, p.51]. Acrescente-se, ainda, que segundo este mesmo autor se verifica, no período de 1579-84 até 1771, uma *«tendência ascendente dos efectivos estudantis»; esta tendência seguirá mesmo uma expressão exponencial %»* [Taveira da Fonseca 1995, p.35].

[25] Um outro facto que salta dos números é a deflação da quantidade de matrículas. Nos 47 anos que antecederam a Reforma passaram pela Universidade cerca de 132869 estudantes em oposição aos 21675 (contabilizados por Prata) nos 48 anos após a mesma Reforma, o que significa passar de uma média anual de 2827 alunos para cerca de 452.

profissionais dos cursos ministrados nas Faculdades de Matemática e Filosofia.

Que alunos eram estes que procuravam a Faculdade de Matemática, quando tinham que escolher um curso na Universidade? Qual a sua proveniência social e geográfica? Na tentativa de dar a resposta a estas questões elaborámos um mapa da proveniência social e geográfica dos alunos e para o efeito resolvemos estudar o grupo de alunos que obtiveram o grau de Bacharel. Escolhemos este grupo pois, como Fernando Taveira da Fonseca reflecte no seu trabalho *«é de presumir que a origem geográfica do conjunto de graduados reflecte satisfatoriamente a do conjunto de estudantes. O contrário pressuporia uma "mortalidade académica" selectiva por áreas geográficas, o que não parece verosímil»* [Taveira da Fonseca 1995, p.155][26]. Acrescente-se que este grupo de alunos representa uma amostragem que nos parece bastante significativa, pois representa 55% do total de alunos que ao longo do período temporal em estudo frequentaram, como ordinários, a Faculdade. Também, no que diz respeito à questão da origem social dos alunos serve, evidentemente, o mesmo argumento. Através dos livros de Exames, Actos e Graus é possível identificar grande parte de cada um destes alunos individualmente e depois através dos Livros de Matrículas identificar a sua origem geográfica[27], visto que no acto de matrícula o estudante ter que entregar uma certidão de idade passada pelo pároco da sua terra de residência – ver (anexo) 'tabela: origem social dos alunos da Faculdade de matemática'. Para a Faculdade de Filosofia escreve Prata: *«desde o filho do proprietário de terras e dos bem apadrinhados socialmente até aos filhos de doutores, passando inclusivamente por familiares do Santo Ofício, todos frequentavam a nova instituição. Com base nesta amostragem, tudo indica que, pelo menos, uma parte dos alunos da Faculdade de Filosofia, pertencia a famílias bem posicionadas socialmente e com alguns haveres»* [Alberto Prata 1989, p.97][28]; para a Faculdade de Matemática os dados são idênticos.

Outro aspecto que nos merece particular atenção é aquele que se prende com o insucesso escolar. Uma maneira simples de o medir é contabilizar o número de alunos

[26] O conceito de *'mortalidade Académica'* é para este autor o indicador da taxa de sucesso dos alunos e espelha-se no número de alunos que chegam a obter o grau como o corolário esperado da sua vida universitária.

[27] No acto da matrícula o estudante tinha que entregar uma certidão de idade passada pelo pároco da sua terra de residência. No Arquivo da Universidade de Coimbra existe uma fonte de documentação importantíssima de que nos servimos para o estudo estatístico que temos vindo a tratar, trata-se: dos Livros de Matrícula desde 1772 até 1820; dos Livros de Exames, Actos e Graus; e dos Livros dos Actos Grandes e Graus de Doutor existentes no AUC.

[28] Como este autor esclarece no seu estudo este ponto não foi conclusivo devido à pequena dimensão da amostra que conseguiu tratar, apenas 30 alunos de um total de 108 alunos formados na faculdade de filosofia. Fernando Taveira da Fonseca no seu trabalho dá os seguintes valores para o perfil das proveniências sociais dos alunos nos 70 anos que antecedem a Reforma: Nobres 15.6%; Letrados 26.1%; Clérigos 1.5%; Homens de Negócio 7.5%; Lavradores 15,6%; Militares 13,1%; Oficiais Mecânicos 10,6%; outras 10,0%.

ordinários que se graduaram em Bacharel. Todavia, embora o grau de Bacharel fosse o princípio do fim de um percurso académico que poderia ainda envolver mais 3 títulos (Bacharel Formado, Licenciado e Doutor), resolvemos contabilizar também os outros graus académicos que foram obtidos ao longo do período em análise – anexo: 'tabela: graus académicos obtidos na Faculdade de matemática'. Foram 271 alunos, como já vimos, que frequentaram a Faculdade de Matemática com o objectivo de nela se graduarem, destes 149 finalizaram com sucesso o seu curso. O que corresponde a uma taxa de sucesso de 55% (equivalendo a 3.10 alunos graduados por ano).

Para os outros graus académicos obtidos na Faculdade temos uma média anual de: 2.71 Bacharéis Formados; 0.67 Licenciados e 0.60 Doutorados; constatando-se que um quinto dos bacharéis prosseguiam a sua formação até aos graus de licenciado e doutor (ver anexo: 'gráfico: percentagem dos vários graus relativamente ao grau de Bacharel').

Comparando os graus obtidos nas 6 Faculdades da Universidade – anexo: 'tabela: graus obtidos pelos estudantes nas várias Faculdades' –, verifica-se que os doutorados face aos bacharéis, isto é o número de alunos que prosseguem além do grau mais baixo que pode ser obtido na respectiva Faculdade, é bastante satisfatório para a Faculdade de Matemática que ocupa o 2^o lugar com 19.49%, logo atrás da Faculdade de Teologia com 63,23% (antes da Reforma a procura de graus superiores são uma minoria: 3.32% Cânones; 11.55% Leis e 3.5% Medicina [Taveira da Fonseca 1995, p.793].

Quanto aos alunos que obtêm o grau de bacharel, o seu número é maior nas Faculdades Jurídicas: 30.66% para Cânones e 43.17% para Leis, do total de Bacharéis Formados na Universidade (ver em anexo a tabela e o gráfico que expressam a percentagem dos vários graus obtidos em cada uma das Faculdades relativamente ao total de graus respectivos), sendo curioso notar que há uma diminuição na percentagem do total dos doutores que provêm destas Faculdades (29.91% e 24.96%, respectivamente), embora continuem a contribuir com mais doutores. Curioso é o caso da Faculdade de Teologia onde cresce, e muito, o peso relativo desta Faculdade para os doutores da Universidade, face à sua pequena contribuição para bacharéis, também, o mesmo se passa, porém com percentagens mais pequenas, para a Faculdade de Matemática.

Convém olhar com mais detalhe este grupo dos Doutores, pois é deles que saem os professores da Faculdade [Estatutos 1772, v.3 pp.146-150].

7.2 O corpo docente

O papel principal da Universidade, e consequentemente da Faculdade de Matemática, é de ensinar e graduar. Se antes da Reforma Pombalina o ensinar e graduar são momentos relativamente autónomos, como faz notar e bem Fernando Taveira [Taveira da

Fonseca 2000], depois da Reforma passam a ser todo um trajecto contínuo o de ensinar e avaliar, dependendo a graduação dos momentos de avaliação[29]. E os *«exercícios literários»* estatutariamente definidos são disso um bom exemplo. A Universidade passa a ser a instituição que ensina, através de um grupo docente próprio e autónomo (no que diz respeito a cada Faculdade per si) e gradua através das provas e Actos a que o estudante se vai submetendo ao longo do seu percurso académico. Analisado que foi o corpo discente, vejamos então o corpo docente da Faculdade de matemática.

Os primeiros professores da Faculdade foram doutorados por decreto em 1772. Os Estatutos reconheciam que para dar aulas na Faculdade só estavam habilitados como docentes aqueles que possuíssem grau de doutor e ao contrário das Faculdades de Teologia, Jurídicas e Medicina que já tinham um corpo docente antes da Reforma, as Faculdades de Matemática e de Filosofia como novas que eram não tinham professores[30]. Foi assim necessário o seu provimento e assim o Estado reconheceu o mérito científico daqueles que viriam a ser os 4 primeiros professores da Faculdade, doutorando-os. Foram eles: José Anastácio da Cunha (1744-1787) , para a cadeira de Geometria; José Miguel Franzini (?-1810) para a cadeira de Álgebra; José Monteiro da Rocha para a cadeira de Foronomia; António Miguel Ciera (1725?-1782) para a cadeira de Astronomia. Destes 4 professores só Anastácio da Cunha não foi logo provido em 1772, sê-lo-á em 1773[31].

[29] Antes da Reforma os alunos através de um processo cumulativo adquirem os conhecimentos, que inclusivamente podem em parte ser obtidos fora da própria Universidade, em instituições equivalentes, sendo o momento dos Actos o momento último do percurso estudantil. Porém, a Universidade é a única instituição que reconhece os graus obtidos em Universidades estrangeiras.

[30] Na verdade aquando da Reforma houve um grande número de professores das 'velhas' faculdades que foram compulsivamente jubilados. No caso da Faculdade de Medicina todo o seu corpo docente foi mesmo todo renovado pelo Marquês de Pombal, por Portaria de 28 de Setembro de 1772: *«Em observância das ordens que Tenho de El-Rei meu Senhor: Hei por serviço de Sua Majestade Jubilar nas Cadeiras extintas da Faculdade de Medicina, que até agora se regeram, a saber: [5 professores das cadeiras e menciona 8 doutores que «se conservem as Pensões, que até agora venceram. O secretario da universidade o participe assim aos sobreditos Lentes, e lhes passe os Despachos necessários para com eles requererem as Cartas das suas respectivas Jubilações.»*

[31] Ciera, Franzini e Monteiro da Rocha são incorporados como lentes na Faculdade de Matemática pelo Decreto de 11 de Setembro 1772: *«Atendendo às Letras de Miguel Franzini: José Monteiro da Rocha: E Miguel António Ciera: Hei por bem nomear ao Primeiro para Lente da Cadeira de Álgebra: ao Segundo para Lente da Cadeira das Ciências Físico-Matemáticas: E ao Terceiro para Lente da Cadeira de Astronomia, que mandei novamente criar na Universidade de Coimbra.»*; e no dia 9 de Outubro foi-lhes concedido o grau de Doutor, como se lê na Portaria de 7 de Outubro: *«[...] Hey por serviço de Sua Magestade, que no dia Nove do Corrente Mez das nove horas da manha em diante, [...] Os lentes Miguel Franzini, Miguel Ciera, e Joze Monteiro da rocha recebam o mesmo Grão, e se encorporem na Faculdade da Matemática [...] Na do dia dez a da Abertura da Matemática [oração de abertura da faculdade]: E na do Dia onze a das Ciências Naturais e Filosóficas [a Medicina ficaria para o dia 9, à tarde]»*. Anastácio da Cunha seria nomeado Lente de Geometria, no ano seguinte, a 5 de Outubro de 1773: *«(...) Sendo bem informado que José Anastácio da Cunha, que até agora se empregou na Companhia de Bombeiros do Regimento de Artilharia da Praça de Valença do Minho, há toda a Ciência necessária para reger a dita Cadeira com bom proveito dos Discípulos: Hei por Serviço de Sua Majestade nomeá-lo, como nomeio, Lente de Geometria para a sobredita Universidade, onde*

Como dissemos acima foi no ano de 1777 que a Faculdade formou os primeiros doutores e é deste grupo que irá sair o primeiro contingente de professores para provir as necessidades docentes da própria Faculdade (anexo: 'tabela: graus académicos obtidos na Faculdade de Matemática'). Em 1778 a Faculdade de matemática vê-se diminuída no seu corpo docente: Anastácio da Cunha é preso pela Inquisição nesse ano e Franzini vai para Lisboa para preceptor dos Príncipes. No ano seguinte, em 9 Junho de 1779, a Congregação da Faculdade de Matemática é realizada com os dois únicos professores que lhe resta, *«os dois Lentes que há de Matemática a saber – Ciera e Monteiro»*. Em 1780 Ciera irá para Lisboa para estabelecer a Real Academia da Marinha [Fátima Costa 2009, p.192]. A nomeação de professores provisórios – '*Substitutos interinos'* –, será ordenada pela Carta Régia de 7 de Novembro de 1778 [DRP 1937-1979, v.1 p.279]. Exceptuando os 4 primeiros professores a Faculdade teve entre 1772 e 1820 mais 23 professores – (anexo) 'tabela: professores da Faculdade de Matemática no período de 1772-1820'. Recordando o número de Doutores formados na Faculdade de Matemática: 29; verificamos que houve 5 Doutores que não ingressaram na carreira docente universitária (foram eles: José Joaquim Vitorino (1760-?), José Simões de Carvalho, Francisco José de Lacerda de Almeida (1750-1798), António Pires da Silva Pontes (1750-1805), Frei Alexandre de Gouveia (1731-1808)[32] e João Gonçalo de Miranda Pelejão), o que equivale a uma percentagem algo significativa de cerca de 17%). Há um outro dado que merece alguma atenção que é o número de alunos que se inscreveram no 5^o ano, ano de Repetição, e que chegaram inclusivamente a pedirem tema para elaborarem a dissertação de doutoramento, mas que um por um qualquer motivo desconhecido para nós, não se chegaram a doutorar[33]. No período em estudo (1772-1820) encontrámos 40 temas propostos para dissertações, e que poderiam levar a igual número de doutoramentos, contudo só se efectuaram 29, o que equivale a 72.50%. Destes dados podemos ficar a conhecer uma outra *«taxa de insucesso»*, no que ela diz respeito aos doutoramentos, e que se situa nos 27.50%.

Na 'tabela: professores da Faculdade de Matemática (1772-1820)' (em anexo) constata-se que a média anual de professores formados na própria Faculdade é de 0.47, ou seja a Faculdade forma em média 1 professor de 2 em 2 anos[34]. Comparado

deverá logo dar principio às suas respectivas Lições» [DRP 1937-1979, v.1].

[32] Alexandre de Gouveia foi Bispo de Pequim entre 1785 e 1808, sobre a sua vida e obra missionária veja-se [António Abreu 2004].

[33] O pedido dos temas de doutoramento dos vários alunos era feito à Congregação da Faculdade de Matemática, pois segundo os Estatutos este era o órgão que estipulava o tema da dissertação, analisando as várias actas dessas Congregações foi possível conhecer estes números.

[34] Este número parece-nos bastante razoável, no sentido que é superior aos anseios dos responsáveis que consideravam 1 doutorado (que equivaleria a 1 professor). Na realidade não é, nem era efectivamente assim) de 3 em 3 anos como o número suficiente para suprir as eventuais necessidades da faculdade em termos docentes [ANTT Ministério do Reino Mç.512].

com as outras Faculdades (anexo: 'tabela: número de professores por Faculdade'), verifica-se que a Faculdade de matemática é aquela que tem o corpo docente mais pequeno (4.80%) quando comparado com o total dos professores da Universidade, e também quando comparado com o corpo docente das Faculdades científicas (24.11%), sendo neste grupo a Faculdade de Medicina a que apresenta maior peso relativo com 41.96%, a qual se segue a Filosofia com 33.93%.

É capaz de ser interessante apresentar aqui alguns dados referentes ao corpo docente no final do período em questão, 1820, quando a Universidade vai ser alvo de grandes mudanças e reformas, causadas pelas correntes liberais que então sopram pelo país, para tal veja-se (anexo) a 'tabela: variação do corpo docente das Faculdades durante o Vintismo' (consulte-se também [Reis Torgal 1990]). Neste período a Faculdade de Matemática tem um acréscimo de 23.08% no seu corpo docente, embora o seu peso relativo face às outras Faculdades permaneça bastante idêntico. Se isolarmos as 3 Faculdades científicas, a de Matemática é a única que vê o seu corpo docente aumentar, pois a Faculdade de Medicina mantém os seus 16 professores e a Faculdade de Filosofia sofre um decréscimo de 16.67%. No período de 1820-1823 ('gráfico: peso relativo do corpo docente nas 3 Faculdades científicas (1820-1823), em anexo) verifica-se que o aumento relativo do corpo docente da Faculdade de Matemática é 7%, tendo em todas as outras diminuído.

Outro indicador que nos merece atenção é o que se prende com os vencimentos dos professores. Antes da Reforma Pombalina os professores mais bem pagos da Universidade eram os da Faculdade de Medicina, tanto no vencimento mais alto, o respectivo Lente de Prima, como na média dos vencimentos ('tabela: vencimentos auferidos pelos Lentes das várias Faculdades, imediatamente antes da Reforma 1772). Comparando os vencimentos pré e pós Reforma das 4 Faculdades 'antigas', são precisamente as jurídicas que vêem um maior aumento nos ordenados, e são também estas Faculdades cujos professores, depois da Reforma, auferem os vencimentos mais altos ('tabela: vencimentos dos professores das Faculdades da Universidade aquando da Reforma (1772)'). Esta realidade permanecerá inalterada até à década de 90, apesar de segundo os Estatutos as novas Faculdades científicas serem *«em tudo iguais às demais»*.

Olhando agora para os vencimentos dos professores da Faculdade de Matemática verifica-se que a cadeira de Astronomia é a que tem um ordenado mais alto, com o seu lente a ganhar anualmente 600$000 reis, pois era a cadeira maior, isto é a mais prestigiada da Faculdade ('tabela: vencimentos dos professores da Faculdade de Matemática aquando da Reforma (1772)'). Segundo os Estatutos os professores mais novos, em início de carreira, ingressavam na sua Faculdade começando por leccionar cadeiras menores, pois a importância de um professor estava intimamente ligada à cadeira que leccionava.

No que diz respeito à média do vencimento a Faculdade de Matemática estava entre os mais altos, ficando só atrás das Faculdades de Leis e Cânones ('tabela: vencimentos médios nas várias Faculdades aquando da Reforma (1772)'). E quando comparado com os vencimentos médios das outras Faculdades científicas, verifica-se que o vencimento médio da Faculdade de matemática é 11.16% mais elevado que o da também nova Faculdade de filosofia e 21.85% mais elevado que o da Medicina.

Se agora olharmos para os gastos totais da Universidade com os vencimentos dos respectivos Lentes ('tabela: despesas por Faculdade com os vencimentos dos respectivos professores') vê-se que são as Faculdades Jurídicas e de Medicina que têm maior despesa com os seus professores (têm mais cadeiras e consequentemente de mais professores). Quanto aos gastos despendidos por cada Faculdade com os vencimentos dos seus próprios professores verifica-se que a Faculdade de Matemática é de todas as Faculdades não Jurídicas aquela que paga melhor aos seus professores – os valores dos vencimentos que apresentamos nas diferentes tabelas e que respeitam aos vencimentos aquando da Reforma (1772) são os que estão expressos na Provisão Régia de 22 de Outubro de 1772 que estipula todos os vencimentos do pessoal docente e não docente das várias Faculdades e da Universidade.

Pela Carta Régia de 24 Janeiro de 1791 são estipuladas novas normas relativas à carreira, determinando que esta se passe a fazer segundo um quadro administrativo e não em função das cadeiras. Esta lei estipula também os novos vencimentos dos professores das respectivas Faculdades, esbatendo as diferenças entre as Faculdades jurídicas e as restantes. No ano de 1793 (Outubro e Dezembro) é publicada mais legislação que vem modificar profundamente a vida administrativa das Faculdades, nomeadamente a Carta Régia de 6 de Dezembro que declara *«todas as Cadeiras das Faculdades inteiramente iguais»*. Mais tarde em 1804 (alvará de 1 de Dezembro), cuja concepção é da responsabilidade de Monteiro da Rocha, é regulamentado o acesso à carreira docente.

As questões que se prendem com a origem social e geográfica dos professores merecem também a nossa atenção. Se em relação à origem geográfica foi possível saber a proveniência ditos professores, pois através dos livros de matrícula é possível obter sem dificuldade esta informação. Já o mesmo não podemos, infelizmente, dizer acerca da sua origem social pois não nos foi possível conhecer a profissão dos pais da maior parte.

Quanto à origem geográfica, temos que dos 27 professores: 2 são estrangeiros (italianos – Franzini e Ciera); 1 nasceu no Brasil; 14 são oriundos de cidades e 10 oriundos de aldeias ou pequenas vilas rurais – 'gráfico: origem geográfica do professor da Faculdade de Matemática'. Se compararmos com o corpo docente da nova Faculdade de

Filosofia (41 professores), onde também a maior parte dos professores são oriundos do meio citadino, mas com uma percentagem mais expressiva de 63.41%, e idêntica no que diz respeito aos oriundos de aldeias e vilas rurais (36.59%), há porém uma diferença significativa no que diz respeito à percentagem dos docentes nascidos no Brasil. Na Faculdade de Filosofia 17.07% (7 professores) são naturais da colónia e apenas 3,70% (1 professor) o são na Faculdade de Matemática (sobre a origem social dos professores da Faculdade de Filosofia veja-se [Alberto Prata 1989, p.129]).

Procurando agora vislumbrar o possível perfil do professor da Faculdade de Matemática, no que se relaciona com a vida social e política do país, socorremo-nos do estudo de Reis Torgal [Reis Torgal 1990][35]. Segundo o autor a Universidade vivia apoiada num forte conservadorismo, *«que lhe condicionava uma atitude mental pouco favorável a romper com as estruturas existentes (...), a Universidade não era tanto um órgão "público", mas sim – já o dissemos – um organismo "corporativo"de tipo "senhorial"e "eclesiástico". Os professores estavam, assim, sujeitos a um espírito que não favorecia a afirmação da sua individualidade, sobretudo em termos de um individualismo liberal»* [Reis Torgal 1990, p.141]. Apesar deste ambiente resistente e contrário à mudança trazida pela Revolução Liberal de 1820 (ano final do período que estudamos) a verdade é que veremos alguns professores da Faculdade de Matemática empenhados na causa política (Tomás Aquino de Carvalho (1787-1862), José Joaquim de Faria (1759-1828), Manuel Pedro de Melo).

Como se pode ver na tabela – corpo docente –, em 1820, a Faculdade de Matemática disponha de um corpo docente de 10 professores um total de 8.85% dos professores de toda a Universidade (e $\frac{1}{4}$ dos professores das 3 Faculdades científicas: Medicina 40% e filosofia 35%). Quanto à origem geográfica desses lentes, nos anos de 1820-1823: 30.77% eram do Minho; 30.77% da Beira; 23.08% da Estremadura; e 7.69% oriundos do Algarve.

7.3 Os doutoramentos da Faculdade de Matemática

Os doutoramentos revelam-se de especial interesse pois são o último grau de uma possível habilitação académica e o único que possibilita a ascensão à carreira docente [Estatutos 1772, v.3 p.161]. A obtenção do grau de doutor obedecia a um formalismo académico bastante ritualizado que herdava muitos preceitos dos velhos estatutos (veja-se [Estatutos 1772, v.1 pp.221-226]), interessa-nos apenas sublinhar que o estudante para obter este grau tinha que frequentar mais um ano – 5^o ano, o *'ano de*

[35] Outros trabalhos que merecem toda a atenção para quem quer estudar estas questões ligadas à vida da Universidade (professores, funcionários e estudantes) são por exemplo: [Gonçalves Barreto 1969] e [Torgal & Vargues 1984].

repetição' [Estatutos 1772, v.3 p.161] –, onde frequentaria obrigatoriamente as cadeiras do 3^o e 4^o ano (os mesmos Estatutos exprimiam a conveniência do aluno também assistir às aulas dos outros anos mas tal era deixado à sua consideração) e escreveria uma dissertação sobre um tema previamente estipulado e defenderia teses sobre vários temas interrogados pelos vários professores da Faculdade,

> *«O Repetente, depois das cerimónias costumadas, principiará por uma Dissertação, que deve ter composto por si mesmo, desde o princípio do ano de Graduação, debaixo da direcção do seu Presidente, sobre o assunto, que lhe for determinado pela Congregação da Faculdade»* [Estatutos 1772, v.3 p.108].

Os Estatutos mandavam que as teses fossem depois depositadas na biblioteca da Universidade onde se formaria um *«Catálogo Geral de Matérias»* no qual se referenciariam. Em 1787, já no reinado de D. Maria I, o Aviso Régio de 17 de Março de 1787 estipula que as teses mais válidas se mandassem publicar, com o objectivo expresso de mostrar além-fronteiras os trabalhos científicos realizados na Universidade de Coimbra [ACFM 1982-83, v.1, p.57]. Mais tarde esta disposição é alterada através do já referido Alvará de 1 de Dezembro de 1804 que obriga os Doutores Opositores a redigirem uma Dissertação que seria depois impressa por *«aprovação da Congregação da Faculdade»* [José Maria de Abreu 1851, p.79][36].

Entre 1772 e 1820 doutoraram-se 29 estudantes e houve ainda 11 alunos que pediram tema para dissertação, mas que por motivos que desconhecemos acabaram por não prestar as provas, não obtendo portanto o grau de doutor – uma taxa de sucesso de 72.50%. Das dissertações defendidas apenas conseguimos localizar 10 manuscritas na BGUC [BGUC Secção de Reservados Ms.1367]; encontram-se ainda 2 teses impressas, que curiosamente estão localizadas na Biblioteca da Ajuda e não na Biblioteca da Universidade de Coimbra como à primeira vista seria de esperar!

Sobre que temas versavam estas dissertações? Seriam trabalhos científicos de relevo, merecedores de «ombrear» com o que se produzia em outras universidades europeias? Em anexo apresenta-se a lista 'autor – título – presidente – ano do doutoramento' das dissertações localizadas[37], sendo que metade delas, como se vê, correspondem às defendidas pelos primeiros doutorados na Faculdade (apenas não encontrámos nem o tema nem a tese de José Joaquim Vitorino, um destes primeiros doutorados);

[36] Infelizmente não nos foi possível localizar este catálogo das teses, embora no catálogo da biblioteca pessoal de Monteiro da Rocha, existente ba BA, aparecesse listado um dossier com teses defendidas na Universidade – *«Theses da Universidade de Coimbra (são 206)»* –, e que também não encontrámos.

[37] Em anexo apresenta-se também a relação dos 29 temas que conseguimos elencar (os estudantes que não defenderam provas estão assinalados com um asterisco e a data apresentada indica quando a Congregação fixou o tema).

as restantes: 3 são dos anos 80; 2 dos anos 90 e uma já do século XIX, de 1801. Das dissertações listadas só 2 são presididas por um professor já formado na própria Faculdade (Manuel José Pereira da Silva que se doutorara em 1777); todas as restantes são presididas por um dos 4 primeiros professores nomeados por decreto, ocupando Monteiro da Rocha o maior número de presidências (50%); nas dissertações defendidas em 1777 Monteiro da Rocha, tal como Ciera, preside a duas, já Anastácio da Cunha e Franzini presidem a uma cada um. Olhando para os temas destas dissertações verificamos que a larga maioria (75%) são de astronomia; 17% de matemática e 8% de física-matemática; com os professores a orientarem temas diferentes daqueles que leccionavam. Temos Anastácio da Cunha, Lente de Geometria, a presidir uma dissertação de astronomia; o mesmo se passa com Franzini, que leccionava Álgebra. Já Monteiro da Rocha, que em 1777 leccionava a cadeira do 3^o ano, dirige Vitúrio Lopes da Rocha e António Pires da Silva Pontes ambos com temas de astronomia, presidindo em 1793 a dissertação *'Quantitatibus negativis et imaginariis Logarithmine sint tribuendi, et quales?'*, uma tese de matemática. Já Ciera orienta um tema de foronomia quando tinha a seu cargo a cadeira do 4^o ano. Temos assim a seguinte distribuição por temas: matemática 24.14% (7 dissertações); física-matemática 34.48% (10 dissertações); e astronomia 41.38% (12 dissertações).

A análise de cada uma destas teses está para lá dos objectivos deste nosso trabalho, contudo pode-se ficar com uma ideia da pertinência dos temas escolhidos no quadro das matérias leccionadas na Faculdade, bem como no seu enquadramento das questões científicas da época. Nas dissertações de matemática temos trabalhos sobre funções, desde a resolução de equações algébricas, integração e diferenciação e logaritmos. No campo da física-matemática temos estudos do movimento de rotação, movimento de corpos em meios resistentes, a corda vibrante, atracção de um esferóide e uma tese – *'Machinarum, vaporum esse agentium, motum definire'* (1820) –, de carácter mais prático sobre a máquina a vapor. As 12 dissertações de astronomia (são todas anteriores a 1803) versam desde temas eminentemente teóricos (a importância da ciência astronómica, o problema da estabilidade do universo, a órbita do Cometa *'annis 1532 et 1661 observatus'*); a temas de astronomia teórico-observacional (refracção atmosférica, o problema das paralaxes considerando a Terra um esferóide ou um elipsóide, e o movimento dos cometas).

7.4 A produção científica junto da Academia das Ciências

Em 1 de Fevereiro de 1780 é anunciada na Gazeta de Lisboa a criação da Academia Real das Ciências de Lisboa, que havia sido fundada na véspera de Natal do ano anterior por um grupo de homens liderados pelo Duque de Lafões, primo da Rainha D. Maria I, preocupados com o desenvolvimento do país[38]; o seu objectivo era, portanto, fomentar o desenvolvimento da ciência e da técnica em Portugal e contribuir utilmente para o desenvolvimento económico e social do país, como tão bem expressa em 1781 José António de Sá (?-1819):

> *«Vendo que este tem sido o caminho, por onde principiaram a dirigir-se as Nações industriosas, que fazem a opulência da Europa [...]. Os Ingleses, a quem se deve o estabelecimento da Agricultura, das boas Artes, e do Comercio, a nenhuma outra coisa confiaram o seu progresso que ao fundamento das Academias; razão porque com tanta vantagem as erigiram em Dublin e Clark na Irlanda, em EdimBürgo na Escócia, e na mesma Corte de Londres. Os Franceses, logo que pretenderão postergar o jugo Inglês, o que, bem a nossa custa, conseguirão felizmente, imitaram o mesmo plano, nem de outro modo pensou o grande Colbert poder fugir a terrível politica, que os infelicitava. Esta mesma razão porque em 1751 Jorge, pretendendo o florescimento dos seus estados hereditários, fez erigir uma Academia das Artes, e das Ciências em Gottingem Electorado de Hanover, o que também imitou a Imperatriz Rainha [...]. Chegaria ainda a Nação Portuguesa em um dia a dar leis de independência, e indústria as Nações estranhas. Estas grandes esperanças se fazem mais firmes vendo que as Colunas, em que se estriba a nossa Academia, são a ciência e a indústria livres de afectação e prejuízos, tendo por objecto o bem da Pátria [carta de José António de Sá para Visconde de Barbacena, então o Secretário da Academia (5-2-1781)]»* [Cristóvão Aires 1927, pp.161-163].

Tal desiderato do *«bem da pátria»* expressa-se sublimemente na sua divisa: *'Nisi Utile est Quod Facimus Stulta Est Gloria'*[39].

A ACL vem nitidamente ocupar o lugar que em princípio estaria reservado à Congregação Geral das Ciências da Universidade de Coimbra – *«A nossa Sociedade poderia ser bem suprida pela Congregação Geral das Ciências, que se intenta fazer em Coim-*

[38] A Academia das Ciências foi criada em 24 de Dezembro de 1779, tendo a sua 1^a Sessão particular sido realizada em 16 de Janeiro de 1780 – nesta sessão, que a Gazeta de Lisboa noticia, são eleitos os membros efectivos, que segundo os seus Estatutos seriam de 24 sócios, 8 por cada uma das 3 Classes: ciências da observação; ciências relacionadas com o cálculo e a 3^a que incluía a língua e a literatura. A sua denominação Real só é instituída pelo Aviso Régio de 13 Maio de 1783.

[39] *«Escolheu a nova corporação para seu sello a figura de Minerva com as armas Reaes na sua Egida, e por deviza o verso de Fedro Nisi utile est quod facimus stulta est gloria [Se não for útil o que fizermos, a glória será vã] A natureza desta Sociedade assàz explica o sello, assim como a deviza mostra o fim para que se ajuntou.»* [J. Jesus 2004] – leia-se também o prólogo do 1^o volume das memórias científicas [MACL 1797, 'prologo'] onde se expressam as linhas mestras e orientadoras da ACL. Porém para uma leitura e reflexão mais substanciada sobre os propósitos da ACL, veja-se [Simões & outros 2006, pp.35-73].

bra, mas receio, que este estabelecimento se não execute tão cedo. [carta do Visconde de Barbacena para Domingos Vandelli]» [Cristóvão Aires 1927, p.51][40]. Por isso o seu surgimento é recebido com alguma resistência por parte da própria Universidade, que a encara como uma rival[41], circulam inclusive cartas anónimas contra a nova instituição. Porém há alguns professores que lhe louvam o aparecimento e que se tornam desde logo sócios. Domingos Vandelli (1730-1816), professor de história natural e química, é um dos fundadores; Dallabella e Monteiro da Rocha, dois dos seus primeiros sócios,

> *«Ilmo. e Exmo. Sr. a notícia circunstanciada da abertura da Academia, que V. Exa. me fez a honra de comunicar, alentou o meu espírito há muito tempo desanimado, para conceber novas esperanças dos progressos literários da Nação. É verdade, que frustrado de outras, deveria estar acautelado para não crer facilmente nestas; mas o zelo incansável de V. Ex.ª e a sublime direcção do Sr. Duque são motivos, que me desvanecem todas as dúvidas, e me fazem esperar que este útil Estabelecimento chegue por fim a vencer todas as preocupações vulgares, e a produzir os importantíssimos efeitos que tem por objecto. Da minha parte contribuirei com o que permitirem as minhas forças, e as ocupações na Universidade [carta de José Monteiro da Rocha para o Visconde de Barbacena (17-7-1780)]»* [Cristóvão Aires 1927, p.125].

Será curioso referir a estupefacção manifestada pelo Visconde de Barbacena (16-02-1781) ao que parece ter sido uma sugestão de Vandelli para que as memórias a imprimir pela Academia fossem sujeitas a aprovação pela Universidade [Cristóvão Aires 1927, p.78].

Um dos objectivos da novel Academia era a publicação de trabalhos científicos dos seus sócios – *«não só para que sejam uma prova do efectivo trabalho dos Académicos, mas para que sirvam a promover a utilidade pública, objecto da Instituição da*

[40] As palavras de Correia da Serra são muito elucidativas *«Todos os estabelecimentos porém do Senhor Rei D. José I foram para melhorar o ensino, nem os breves anos que sobreviveu às reformas, nem a multidão de cuidados que tamanha empresa havia mister para consolidar-se, lhe deram azo para mais fazer. Restava porém hum passo que dar para as Luzes se arraigarem, e acelerar seus progressos. Portugal ficará devendo ao Feliz e Pacífico Reinado de Maria I.»* [J. Jesus 2004]. Para mais veja-se [Lima dos Santos 1985, pp.312-323] onde se examinam as tensões iniciais entre as duas instituições.

[41] Um dos motivos para que não tivesse sido criada a Congregação Geral das Ciências, uma espécie de academia das ciências a sediar na própria Universidade, foi a suposta colisão de interesses com as três Faculdades científicas por parte das Faculdades jurídicas e de teologia: *«Eu no Plano das Ciências Naturais da Universidade tinha unido as três Faculdades em uma Academia com o nome de Congregação Geral anunciada no princípio do Livro 3º dos Estatutos, cujo Regulamento formava a 4ª parte dele. [...] Mas aquela 4ª parte ficou suprimida, porque se advertiu e receou que o dito Estabelecimento haveria de ganhar tal preponderância na opinião pública, que ficariam escurecidas e desprezadas as Faculdades Positivas [Monteiro da Rocha em carta de 12 de Fevereiro de 1795 para Garção Stockler, Secretário da ACL]»* [ACL Processo Académico de José Monteiro da Rocha, pp.2-3].

Academia» [MACL 1797, 'prologo'] (nos seus estatutos (1780) vem expresso que os sócios deveriam *«ao menos apresentar todos os anos uma Memória, ou algum outro testemunho da sua aplicação»* [Silvestre Ribeiro 1871-1914, v.2 p.40]. Assim, em 1789 começam a ser publicadas as *'Memórias Económicas da Academia Real das Sciencias de Lisboa, para o adiantamento da agricultura, das artes, e da industria em Portugal, e suas conquistas'*; em 1792 as *'Memórias de Litteratura Portugueza, publicadas pela Academia Real das Sciencias de Lisboa'*; e em 1797 as memórias de matemática e física[42].

7.4.1 As *memórias* científicas publicadas

A 1^a série das memórias científicas engloba um período temporal de 42 anos (1797-1839), tendo sido publicados 12 tomos num total de 20 volumes que reúnem 211 memórias: 78 em ciências exactas (36.9%); 76 em ciências naturais (36%); 57 em ciências morais e literatura (27.1%) [Luís Saraiva 2008]. No período que tratamos (1772-1820) foram publicados (desta 1^a série) 55 memórias científicas da classe de cálculo (em 6 tomos por 10 volumes)[43], em anexo mostra-se a distribuição das memórias por tomo/volume. Destas 55 memórias ('gráfico: distribuição das memórias da classe de cálculo por temas'): 21 são de matemática (38.18%); 31 de astronomia (56.36%) e 3 de navegação (5.45%). Em anexo especifica-se a distribuição das memórias dentro de cada tema (usámos a mesma classificação de Luis Saraiva [Luis Saraiva 2008, p.6]). Nas memórias de matemática os temas de álgebra e de cálculo ocupam a maior fatia: 38.10% e 33.33%, respectivamente.

As duas memórias de astronomia teórica são de José Monteiro da Rocha – *'Determinação das órbitas dos Cometas'* [MACL 1799, t.1] –, e de Damoiseau de Monfort (1768-1846), sobre os asteróides Palas e Ceres [MACL 1812, t.3 n.2] – sobre este francês que veio servir no exército português na década de 1780, veja-se mais à frente o nosso capítulo sobre as efemérides astronómicas. Francisco António Ciera (1763-1814), filho de Miguel Ciera, publica uma memória com umas tabelas astronómicas – *'Tábuas do nonagésimo para a latitude de Lisboa, reduzida ao centro da Terra* $38^o27'22''$*'*. A maior parte das memórias publicadas de astronomia são de observações astronómicas (estrelas, eclipses solares, satélites de Júpiter) realizadas tanto em Portugal como no Brasil,

[42] Estas memórias irão ter várias mudanças de nome ao longo dos anos. Começam por se chamar Memórias da Academia Real das Ciências de Lisboa (1797), para logo, em 1799, no tomo II mudarem de nome para, Memórias de Matemática e Física da Academia Real das Ciências de Lisboa. Em 1815 mudariam outra vez o nome para História e Memórias da Academia Real das Ciências de Lisboa, e em 1823 para História da Academia Real das Ciências de Lisboa.

[43] Tomo 1 (1797); Tomo 2 (1799); Tomo 3, n^{o}1 (1812); Tomo 3, n^{o}2 (1812); Tomo 4, n^{o}1 (1815); Tomo 4, n^{o}2 (1816); Tomo 5, n^{o}1 (1817); Tomo 5, n^{o}2 (1818); Tomo 6, n^{o}1 (1819); Tomo 6, n^{o}2 (1820).

com o objectivo de determinar as coordenadas geográficas dos locais de observação.

No que diz respeito aos 24 autores das memórias ('tabela: distribuição por autores'), a sua maioria são autores nacionais (79.17%), o que não é de estranhar visto a maior parte dos sócios da ACL serem portugueses (20 dos autores são sócios da ACL) – 3 são estrangeiros (12.50%) e 2 de nacionalidade desconhecida, por serem memórias anónimas (8.33%).

Quanto às suas habilitações académicas (interessam-nos apenas os autores nacionais): 10 (41.67%) têm habilitação matemática obtida na Faculdade de Matemática, sendo 3 (12.50%) professores na Faculdade (José Monteiro da Rocha, Manuel Joaquim da Costa Maia e Manuel Pedro de Melo). Os 3 professores da Faculdade publicam no total 5 memórias (3+1+1), apenas 9.09% do total. Se considerarmos o conjunto dos autores com habilitação matemática concedida pela Faculdade observamos que são responsáveis pela publicação de mais de metade das memórias (30 memórias, i.e. 54.55%). Monteiro da Rocha publica em matemática 2 memórias e em astronomia somente 1! (a maior parte do seu trabalho astronómico é publicado nas *'Ephemerides Astronómicas do OAUC'*), mas esta é a única memória de astronomia teórica publicada por um académico português.

No conjunto dos autores com mais de 5% de publicações ('tabela: memórias por autor') só constam 7 autores (Bento Sanches Dorta, Mateus Valente do Couto, Francisco de Borja Garção Stockler, Custódio Gomes Vilas Boas, Francisco António Ciera, Francisco Simões Margiochi e José Monteiro da Rocha), contudo foram no seu conjunto responsáveis por mais de metade do total de publicações (6 foi o número máximo de publicações realizadas por um único autor, Bento Sanches Dorta).

7.4.2 As *memórias* não publicadas

Segundo os Estatutos da Academia das Ciências de Lisboa todas as memórias apresentadas pelos sócios *«e quaisquer outras que se ofereçam à Academia»* ficariam pertença da instituição podendo ou não ser incluídas nas memórias impressas [ACL 1780]. Segundo Silvestre Ribeiro a ACL estabelece (10-9-1786) que teriam cabimento na sua *«Colecção de Memórias»* todas aquelas que os sócios quisessem submeter a um comité de avaliação a ser criado para esse fim. As memórias seriam enviadas a 3 censores, que desconhecendo o autor das mesmas, redigiriam um relatório, *«cumprindo-lhes aconselhar o que lhes parecesse mais conveniente para a perfeição da memória, assim no seu objecto principal, como no estilo e método [...] O autor da memória, tomando conhecimento das censuras, podia reformá-la no sentido das ponderação ou advertências dos censores, ou sustentar o seu trabalho, replicando por escrito, afim de novamente ser examinada a mesma memória.»* [Silvestre Ribeiro 1871-1914, v.2 pp.39-45]. Não sabemos quantas memórias foram submetidas para eventual publicação, nem os eventuais pareceres dos árbitros, conhecendo-se hoje apenas dois maços ([ACL Ms. Azul 351] e [ACL Ms. Azul 352]) contendo um conjunto de 34 (2 são repetidas) memórias manuscritas que não foram publicadas. Destas 32 memórias: 17 (53.12%) são de matemática e 15 (46.88%) de astronomia. Quanto à sua autoria, 8 não identificam os respectivos autores e as 24 restantes foram escritas por 15 autores, dos quais 10 (66.67%) são portugueses – 2 (13.33%) são professores da Faculdade de Matemática e 1 (6.66%) aí formado.

São desconhecidos os motivos da sua não inclusão nos vários tomos de memórias que a ACL publicou, do que dissemos anteriormente seríamos até levados a supor da sua menor qualidade científica mas pensar tal é redutor. Estando o seu estudo para além dos objectivos deste trabalho é contudo possível dizer alguma coisa sobre as mesmas. Comecemos pelas memórias estrangeiras. São 5 os autores estrangeiros, todos eles figuras mais ou menos importantes das ciências da época: Johann Hieronymus Schröter (1745-1816), astrónomo alemão com importantes trabalhos observacionais em especial dos planetas – a ele se deve a observação e identificação (1793) da anomalia da fase de Vénus (uma maior concavidade do que a geometria previa). É precisamente sobre os seus trabalhos sobre o planeta Vénus que diz respeito a memória que enviou à ACL – *'Extracto da noticia de huma nova determinação do periodo de revoluçao em seu axe do Planeta Venus'* (1791)[44]; Christian Gottlieb Kratzenstein (1723-1795), professor de Física Experimental na Universidade de Copenhaga, e sócio das Academias Reais de Copenhaga, Estocolmo e S. PetersBürgo, concorreu ao concurso lançado pela ACL, em 1782, do qual saiu ganhador com a memória – *'Dissertatio de vera lege, fecundum quam projecta corpora per medium resistens moventur'* (s.d.) (veja-se o nosso capítulo das quadraturas pois de certa maneira Kratzenstein está relacionado com a polémica travada entre Monteiro da Rocha e Anastácio da Cunha); Jean-Charles, chevalier de Borda (1733-1799), matemático e astrónomo francês responsável por ter inventado um protocolo relativamente fácil e prático para a determinação a bordo das longitudes pelas distâncias lunares. A memória que a ACL não lhe publica diz respeito ao uso do círculo de reflexão – *'Descripção e uso do Círculo de Reflexão com diferentes métodos para calcular as observações náuticas'* (s.d.) (veja-se o nosso capítulo das longitudes); Nevil Maskelyne (1732-1811), astrónomo real inglês (1765-1811) – *'Aviso aos Astrónomos a respeito do Cometa de 1532, e 1661, que se espera em 1788'* (1786)[45];

[44] Sobre a actividade astronómica se Shroeter, veja-se [Sheehan & Baum 1995].

[45] Trata-se de um memorando que o astrónomo real inglês faz publicar em Londres em 1786, instando os astrónomos a observar o cometa esperado para o ano de 1789, e que João Jacinto de Magalhães, também membro da Royal Society, faz chegar à ACL (carta para o Visconde de Barbacena, de 26-11-1786) apelando *«para que o fenómeno de que trata este papel não escape de ser observado nos países meridionais dos domínios de Portugal»* [Cristóvão Aires 1927, pp.245-46].

Anton Felkel (1740-c.1800), matemático austríaco dedicou grande parte da sua actividade matemática à feitura e publicação de tabelas numéricas, tendo em 1776 publicado uma tabela de factores primos dos números de 1 a 10000000 que não têm divisão inteira por 2, por 3 ou por 5 [A. Felkel 1776]; a memória que envia à ACL intitula-se *'Propositiones prævia de ligibus Virium Celeritatis, Ascensus et quarumdam aliarum proprietatum vera curronavis'* (1795).

No que diz respeito aos autores portugueses também entre eles há figuras maiores da nossa ciência e alguns vêem outros seus trabalhos publicados pela ACL. António Pires da Silva Pontes Leme, um dos primeiros doutorados na Faculdade de matemática, foi enviado em 1777 para a demarcação das terras brasileiras; João Jacinto de Magalhães (1722-1790); Teodoro de Almeida; Custódio Gomes VilasBoas (1744-1808); José Maria Dantas Pereira (1772-1836) e José Monteiro da Rocha[46].

7.4.3 *Concursos* e *prémios* da ACL

Outro dos objectivos iniciais da ACL foi o estabelecimento de concursos científicos com atribuição de uma medalha às memórias premiadas *«são de ouro [as medalhas] de valor de 50$reis, tem uma banda a Deusa Minerva com a divisa da Academia, e no exergo, Sub. Imp. Marie I Augustae: no revés uma Coroa cívica com o letreiro: Victori. Acad. Scient. Lusitana.»* [Gazeta de Lisboa 1780, 2^o Sup. n.XXVII] (inicialmente os prémios instituídos eram 1 por classe e por ano, mas a partir de 1792 chegaram a ser postos a concursos vários temas para a mesma classe)[47]. Logo em Junho de 1780 a ACL lançou os programas para os dois anos seguintes, 1781 e 1782, e em Outubro desse mesmo ano o programa do concurso para 1783 [Gazeta de Lisboa 1780, 2^o Sup. n.XXVII] e [Gazeta de Lisboa 1780, 2^o Sup. n.XLIII]. A partir do ano seguinte (1781) os programas são estabelecidos com 3 anos de antecedência.

Pouco se sabe sobre o processo de avaliação dos trabalhos submetidos a concurso, que concorriam sob o anonimato de uma divisa e só no caso da memória vencedora era

[46] A memória que faz parte deste conjunto é *'Parte de hûa carta do Dr. José Monteiro da Rocha em data de 6 de Fev. de 1786 na qual se contem algumas observaçoens curiosas sobre a Regra das Quadraturas approximadas de M. Fontaine'* (1786) [ACL ms. Azul 352 (12)] – não é um trabalho científico mas acompanha o seu trabalho sobre as quadraturas [Monteiro da Rocha 1797b] e está relacionada com a polémica travada com Anastácio da Cunha e foi publicada por António José Teixeira (veja-se mais à frente o nosso capítulo 9).

[47] *«[a Academia das Ciências de Paris] propunha questões: eles [os Académicos] trabalhavam na solução delas com ardor: uns ouviam com docilidade as reflexões dos outros e todos eles se aproveitavam [...]»*, escreve Monteiro da Rocha, em 1783-84, em carta ao Secretário da ACL expondo as suas ideias sobre o papel e os objectivos que deveriam nortear a novel instituição portuguesa [ACL Ms Azul n^{o}975]. Efectivamente nos seus Estatutos de 1780 (§.21) regimentam-se os concursos: *«No fim de Julho haverá outra Assembleia pública, em que a Academia instruirá o Público dos seus Estatutos e progressos naquele ano; e distribuirá os prémios, que se tiverem proposto, lendo-se as memórias que forem coroadas»* [ACL 1780].

revelado o seu autor, *«os bilhetes das outras se queimaram fechados, como a Academia o havia anunciado»*. Desconhecem-se os referees, sabemos que por exemplo Monteiro da Rocha foi certamente de vários, pelo menos de um (concurso das quadraturas de Fontaine) há disso certeza conforme o próprio atesta.

No período de 1780 a 1820 a ACL lançou 87 concursos na classe das *'sciencias exactas'* (nestes 40 anos só em 7 anos não houve concursos: 1804-1806; 1809-1810 e 1813-1814), o que dá uma média de 2.64 concursos por ano. Alguns temas para os quais não foram apresentados trabalhos ou, se existentes não se revelaram meritórios foram sendo repetidamente propostos em diferentes anos, no total foram lançados a concurso 41 temas diferentes[48] – veja-se (anexo) a 'tabela: distribuição dos temas a concurso'[49] –, sendo os de matemática e foronomia os de maior percentagem (39.02% cada um), navegação 17.08% e os especificamente de astronomia 4.88%.

No que diz respeito aos concorrentes infelizmente a informação é escassa, no que conseguimos compulsar junto da Gazeta de Lisboa apenas (!) encontrámos um professor da Faculdade de matemática: Manuel Coelho da Costa Maia, que concorreu e ganhou um dos temas a concurso (ver o nosso capítulo 9). Parece que os professores da Faculdade de Matemática não se interessavam pelos concursos.

7.5 A publicação de livros entre 1770-1820

Outro dos pontos que também mereceu a nossa atenção foi a questão das publicações (livros, compêndios, etc.) feitas entre 1772 e 1820. Para esse estudo recorremos a fundamentalmente a três obras que elencam os trabalhos científicos e literários que a imprensa portuguesa e colonial publicou ao longo da sua história, são eles: [Rodolfo Guimarães 1909][50], [Gonçalves Rodrigues 1992, v.1] e [Camargo & Moraes 1993]. No período temporal alvo do nosso trabalho foram publicados 153 obras relacionadas com as ciências matemáticas (estão contabilizadas também as 37 reedições que neste período eventualmente se fizeram de algumas obras), notando-se um aumento gradual do número de publicações, sendo o ano de 1801 o ano em mais se publicou: 12

[48]Nos anos de 1818 e 1819 a ACL escreve sobre os concursos para esses anos: *«resolveu a Academia tornar outra vez a publicar para os dois anos seguintes os programas dos anos de 1816, e 1817 [para 1818 e 1819]»*.

[49]Na apresentação dos temas a concurso na 'classe de cálculo' a ACL discriminas as seguintes áreas: cálculo, astronomia, navegação, hidráulica e artes mecânicas. A nossa classificação engloba na foronomia os temas de hidráulica e artes mecânicas.

[50]Rodolfo Ferreira Dias Guimarães (1866-1918), publicou em 1900 *«uma inovadora Bibliografia dos trabalhos matemáticos portugueses, estabelecida de acordo com as normas do Congresso Internacional de Bibliografia das Ciências Matemáticas de 1889»* [Luís Saraiva 1997] intitulada, *Les Mathématiques en Portugal au XIXe siècle* [Rodolfo Guimarães 1900]. Em 1909 é publicada uma segunda edição [Rodolfo Guimarães 1909] onde tratou de toda a produção bibliográfica matemática de Portugal ao longo da sua história.

publicações (antes de 1801 há vários anos em que nada se publica: 1776, 1777, 1782, 1786, 1787 e 1794: depois de 1801 não há ano em que se não publique) – ver (anexo) 'gráfico: n^o de publicações/ano'.

No total das 153 publicações, 47 (30.72%) são traduções: destas 39 (82.98%) são de obras francesas; 6 (12.77%) de obras inglesas e uma (2.13%) obra portuguesa e outra italiana. Nestas incluem-se os autores franceses adoptados para as cadeiras da Faculdade de Matemática: Bezout, Bossut e Marie; bem como vários outros autores: Saurin, Saint-Cyran, Lagrange[51], Carnot[52], Lacaille, Cousin, Legendre, Lacroix, Francoeur[53]. As obras inglesas traduzidas são os *Elementos de Euclides* da versão de Simson, traduzidos por Bruneli (1^a edição de 1768) para uso primeiramente do Colégio dos Nobres e depois da Universidade de Coimbra[54]; a tradução do *'Ensaio de táctica Naval, de John Clerk'*, por Manuel do Espírito Santo Limpo, em 1810; o *'Tratado de Artilharia, por João Muller, trad. do Inglês para uso da Real Academia Militar, de John Muller'*, traduzido por António Teixeira Rebelo (1793); a *'Relação do Doutor Herschell sobre o descobrimento do 6 e 7 satélites de Saturno e sobre a natureza do seu anel comunicada à Real Sociedade de Londres'* (desconhecemos o tradutor); o *'Breve Tratado de Whist que contém as leis do jogo e algumas regras'*, traduzido por Luis de Vasconcellos Botelho (1^a edição em 1753); e o *'Atlas Celeste de Flamsteed [...] correcto e aumentado por Lalande e Mechain'*, traduzido e publicado por Francisco António Ciera e Custódio Gomes Vilas Boas (1804). A obra italiana é a tradução da *'Arquitectura Militar, trad. do Italiano para uso da Academia Real de Fortificação, Artilharia e Desenho de Antoni'* (6 vols.), por Pedro Joaquim Xavier. Quanto à obra portuguesa que contabilizámos, embora não publicada em Portugal, foi a *'Mémoires sur l'Astronomie Pratique'* (Paris, 1808), tradução de Manuel Pedro de Melo de alguns trabalhos de Monteiro da Rocha publicados nas Efemérides Astronómicas do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra [Monteiro da Rocha 1808].

Analisando agora as publicações no que diz respeito às temáticas abordadas – ver (anexo) 'tabela: distribuição dos livros por temas' –, constata-se que cerca de 2/5

[51] Manuel Jacinto Nogueira da Gama traduziu a *Theoria das Funções analyticas, que contêm os principios de calculo differencial* (1799), passado logo dois anos de Lagange a ter publicado em Paris: *Théorie des Fonctions Analytiques [...]* (Paris, 1797).

[52] Esta tradução também de Manuel Jacinto Nogueira da Gama diz respeito às Réflexions sur la métaphysique du calcul infinitésimal, de Lazare Carnot (1753-1823), e publicado também em Paris dois anos – *Reflexões sobre a metaphysica do calculo infinitesimal* (1799).

[53] Alguns deles foram publicados no Brasil para o ensino militar. Sobre o ensino militar o estabelecimento do ensino militar no Brasil veja-se: [Luis Saraiva 2004] e [W. Valente 1999], em especial o capítulo IV *'os cursos militares e a definição dos conteúdos de matemática'* (pp.89-108). Sobre os livros publicados no Brasil veja-se também [H. Henriques 2004].

[54] Brunelli poderá ter usado a versão latina, que Simson a par da sua tradução inglesa também publicou. Nós, possivelmente errando, contabilizámo-la como tendo sido feita da tradução inglesa que se tornou famosa.

(39.22%) das publicações são sobre temas de matemática pura (aritmética, geometria e trigonometria, álgebra e cálculo), ocupando a matemática aplicada (exceptuando a astronomia) um total de 22.22%[55], a astronomia ocupa 21.57%.

Interessará agora olhar para os autores das publicações; qual será a percentagem de autores professores na Faculdade de Matemática e de formados na Faculdade?

Ao total das obras publicadas correspondem no total 61 autores, sendo apenas 7 (11.48%) professores na Faculdade de Matemática (Fr. Joaquim José de Maria Santíssima; Francisco de Paula Travassos; José Anastácio da Cunha; José Joaquim Rivara; José Monteiro da Rocha; Manuel Pedro de Melo; e Tomás d'Aquino de Carvalho); e 11 (18.03%) formados em matemática na Faculdade (António Pires da Silva Pontes; Custódio Gomes VilasBoas; Fr. Bento de S. José; Francisco António Ciera; Francisco Vilela Barbosa (1769-1846); Francisco Xavier Monteiro de Barros (1778-1824); Garção Stockler; João Manuel de Abreu; José Saturnino da Costa Pereira (1773-1852); Manuel Jacinto Nogueira da Gama (1765-1847)[56]; Mateus Valente do Couto). Os restantes autores (43, 70.49%) têm as mais diversas formações, desde militares, a Bacharéis da Universidade de Coimbra, filósofos naturais e outros sem formação específica. Olhando com mais detalhe para os tradutores das obras estrangeiras (um total de 26, 42.62%), só encontramos 2 (7.69%) professores da Faculdade de Matemática: Monteiro da Rocha e José Joaquim de Faria (curiosamente como responsável pela 2^a edição dos *Elementos de Analyse* (1793-94), que já atrás discutimos).

7.6 Os pareceres científicos da Faculdade de Matemática

José Monteiro da Rocha na qualidade de professor da Faculdade de Matemática é chamado a pronunciar-se sobre questões técnico-científicas que envolviam duas importantes obras públicas dos finais do século XVIII [Jesus & Silva 2004, p.229], a abertura da barra de Aveiro (1781) e o encanamento do rio Mondego (1800).

Já em Julho de 1780 a propósito de uma questão de águas que opôs a Universidade e os Padres Crúzios, da Ordem dos Cónegos Regulares da Santa Cruz, Monteiro da Rocha fizera parte de uma comissão consultiva da Universidade para o assunto. Ao contrário das obras de Aveiro e do Mondego, obras públicas e por isso sob a alçada governamental, esta questão das águas com os padres Crúzios é de âmbito local. Os Regulares de Santa Cruz viam na causa da seca das suas fontes o desvio de água que a Universidade fazia das minas de que era proprietária perto do Convento da Freiras, em Celas [ACD 1984, p.130] e que era indispensável tanto para o abastecimento do

[55] Física-Matemática, 5.88%; compêndios, 5.23%; óptica, 0.65%; marinha, 5.88%; engenharia/artilharia, 4.58%.

[56] Sobre Nogueira da Gama, que traduziu como vimos duas importantes obras, a de Carnot e Lagrange, vejam-se: [Caramalho Domingues 1999] e [A Harden 2010].

Jardim Botânico da Universidade e dos moradores da parte alta da cidade como para o abastecimento do Convento de Santa Cruz. No sentido de se chegar a um acordo amigável entre as partes determinou-se uma vistoria (30-Jul-1780) às minas. Monteiro da Rocha que, juntamente com Tomás Pedro da Rocha, Lente de Direito, integra a comissão da Universidade vem assegurar no seu relatório que,

> *«estava persuadido e certo pelo que observou e pelas mais razões que ponderou que os nascentes das águas que por parte da Universidade se tem descoberto e cheguem a descobrir são diversas dos que correm para a Fonte da Nogueira e Sereia dos P. Crúzios assim pela distância de latitude e altura e tão diversos situações e pelo que os vedores disseram de que as minas da Universidade não cortarão a veia das que vão para as ditas fontes de Sta. Cruz e que os Padres não têm direito certo e infalível as diversas águas da Universidade»* [ACD 1984, pp.146-150].

Na argumentação de Monteiro da Rocha o teor científico é o único invocado, dando consistência aos propósitos da Universidade que se via confrontada com um embargo proposto pela outra parte.

Quanto à Barra de Aveiro o seu assoreamento contínuo, notório a partir do século XVI [Dias, Ferreira & Pereira 1994, p.189], trazia drásticas consequências para a saúde pública, para a actividade agrícola e piscatória, bem como para toda a actividade marítima e comercial (p.ex. a indústria do sal). No século XVIII a barra encontrava-se bastante assoreada comprometendo a salubridade da zona e a segurança da navegação, tendo sido empreendidas várias tentativas para a abrir [Dias, Ferreira & Pereira 1994, pp.189-194]. Em 26 de Junho de 1752 o engenheiro Carlos Mardel (1696-1763) fora encarregado de examinar o local e de fazer um plano da obra, com projecto e orçamento dos trabalhos a executar, sendo três anos mais tarde criada a Superintendência da Barra de Aveiro (C.R. de 6-10-1755)[57]. Em 13 de Fevereiro de 1757, João de Sousa Ribeiro (?-1772), capitão-mor de Ílhavo, inicia obras de abertura de uma barra na Vagueira, conseguindo com sucesso, em Dezembro desse mesmo ano, abrir para o mar as águas do rio [H. Mendes 1974, p.186]. Por volta de 1768 essa mesma barra parece ter atingido o limite de funcionamento; dando conta disso a Câmara Municipal de Aveiro enviou ao Governo, em 1771, um relatório bastante circunstanciado das más condições existentes, apelando para a urgência de uma solução [H. Mendes 1772-73][58]. Porém,

[57] *«[...] a primeira iniciativa de gestão das obras do porto decorreu da resolução fundamental da Coroa, do poder central entenda-se, no sentido de criar uma nova Instituição, por carta régia de 6 de Outubro de 1755, com a nomeação do 1º Superintendente, logo a 30 de Outubro.»* [Amorim 2008].

[58] A nova barra, que funcionaria até cerca de 1768, pecou sempre por instabilidade e pouca segurança [H. Mendes 1972-74, v.43 pp.82-83]. A lei de reorganização das Alfândegas, de 22 de Novembro de

só no reinado de D. Maria I é que o poder central reconhece a necessidade premente de se encontrar uma solução eficaz com a construção de uma barra definitiva, nomeando para isso o engenheiro Guilherme Elsden que, em Novembro de 1778, propõe um vasto programa de trabalhos centrado na abertura de uma nova barra e na navegação do rio Vouga até São Pedro do Sul. A possibilidade da manutenção e recuperação da barra aberta por João de Sousa Ribeiro não se coloca por ser considerada uma despesa inútil, uma vez que a sua localização é má força da permanente instabilidade provocada pela mudança constante dos movimentos das areias e das correntes. Com a morte de Elsden, em 1779, numa fase em que ainda não se tinha começado a obra e se estava a ultimar o projecto, é contratado o arquitecto hidráulico veneziano Giovanni Iseppi (João Iseppi) para dirigir os trabalhos. O projecto do italiano, aprovado por Aviso Régio de 2 de Agosto de 1780, compreende: a abertura da barra já existente, dando saída às águas estagnadas; a construção de um cais na cidade de Aveiro, evitando as enchentes com danos na saúde pública; o desimpedimento dos valados e canais da laguna e o enxugamento das terras inundadas, bem como a navegação do rio Vouga até São Pedro do Sul.

Em 25 de Agosto de 1781 Iseppi é despedido após discordâncias com os colaboradores portugueses, Isidoro Paulo Pereira e Manuel de Sousa Ramos, que defendiam as primitivas ideias de Elsden. É na sequência deste despedimento que Monteiro da Rocha é chamado para *«visitar as obras da Barra, e as mais que são concernentes à Ciência Hidráulica, que é do seu instituto ensinar teoricamente na mesma Universidade [...], [e lhe sejam facilitados] todos os projectos, planos, mapas, e máquinas que ele quiser especular, e miudamente examinar; para que possa em benefício da mesma ciência fazer um claro juízo das referidas obras [A.R. 6-12-1781]»* [Gomes de Carvalho 1814, p.219]. Nada sabemos sobre a informação prestada por Monteiro da Rocha relativamente às duas propostas que estavam em cima da mesa: a do engenheiro militar inglês, Guilherme Elsden, e seus colaboradores, de abrir uma barra nova, e a do arquitecto hidráulico veneziano, Iseppi, de solidificar e melhorar a barra existente aberta por João de Sousa Ribeiro em 1757. Sabemos é que em Novembro de 1783 a obra é suspensa (A.R. 22-11-1783). Porém testemunhos posteriores, principalmente depois de 1802, entre os quais o de D. Rodrigo de Sousa Coutinho, criticam os doutores que diziam impossível a abertura da barra de Aveiro. O mais provável é estarem a referir-se a Monteiro da Rocha, a única figura com este estatuto cujo parecer científico foi solicitado a fim de resolver adequadamente este problema[59]. Todavia, Francisco

1774, proíbe o despacho de fazendas secas vindas do estrangeiro através da alfandega do porto de Aveiro, o que pode significar que a barra não estava em boas condições de funcionamento nem os serviços portuários e alfandegários decorriam em boas condições.

[59] *«Foram mandados suspender seus trabalhos [de Iseppi] em 1783, talvez em consequência do voto contrário à abertura da Barra, que se supõe deu José Monteiro da Rocha, que sobre isso foi consultado,*

António Gravito, Superintendente da Barra de Aveiro (1779-1788), em carta (30-5-1784) para Fr. Manuel do Cenáculo, afirma que a paralisação da obra se deveu aos desentendimentos entre os engenheiros e o arquitecto[60]. O desconhecimento do parecer de Monteiro da Rocha não permite clarificar esta questão.

A obra só será retomada, e de forma provisória, em 1791, já com um novo governo mariano presidido por José de Seabra da Silva. Os trabalhos realizados, com vista ao escoamento da laguna para melhorar as condições de saúde pública, surtiram um efeito de curta duração. O mar em pouco tempo desfez esta obra. Em 1802, D. Rodrigo de Sousa Coutinho chamará Reinaldo Oudinot (1747-1807), que então dirigia a obra da barra do Douro, e o seu colaborador, Luís Gomes de Carvalho, para realizarem um novo projecto para a abertura da barra de Aveiro. O projecto será apresentado e aprovado no mesmo ano dando-se início à obra que decorrerá sem interrupções até à abertura de uma nova barra, em 1808, durante o governo de Jean-Andoche Junot (1771-1813), e que é a barra actual do porto de Aveiro [APA 2008].

A outra obra importantíssima de hidráulica em que Monteiro da Rocha se vê envolvido é o encanamento do rio Mondego. A importância deste rio, que atravessa praticamente todo o centro do país, para a agricultura e comércio do rio foi reconhecida desde muito cedo [Vandelli 1791].

A obra do seu encanamento tinha como objectivo o desassoreamento dos férteis campos baixos do Mondego e a reconstrução e melhoramento da via fluvial (que era navegável até à foz do Dão, a mais de 70 km da foz do rio) (A.R. 28-3-1791). Para a obra de regularização do rio Mondego será nomeado Estêvão Dias Cabral (1734-1811), ex-jesuíta, matemático e hidráulico português, regressado do exílio em Itália em 1788. Já no ano anterior, em Junho de 1790, José de Seabra da Silva, ministro do Reino, tinha ordenado a Estêvão Cabral para passar em Coimbra e observar os estragos causados pelas inundações *"com ruína da Lavoura e Navegação"* e dar parecer sobre o projecto de melhoramento que Guilherme Luís António Valleré (1727-1796) havia elaborado em 1788 [Matos 1980, v.1 p.276 (n.97)][61]. O alvará que regulamenta as obras aprova o projecto elaborado por Estêvão Cabral e manda executar a proposta de abertura

e visitou a Barra em 1781, [...]» [JC 1836, p.109].

[60] *«a obra da barra, de que está feita a quarta parte estaria concluída ou próxima a isso se não mandassem parar em Novembro de 1781, por intrigas que armaram os engenheiros portugueses com o arquitecto hidráulico veneziano ao ponto de S.M. o mandar retirar; e eles que ficaram desassombrados logo quiseram alterar o Plano do dito arquitecto que eu entendo se deve executar à risca, e por esta dúvida se suspendeu a obra até decisão que ainda não aparece. Neste ponto o que se pretende é que S.M. mande continuar a obra na conformidade do Plano do arquitecto.»* [BPE COD. CXXVII/1-8 (1561), 234].

[61] Estêvão Cabral, em carta de 5 de Agosto de 1790, escreve a Correia da Serra: *«Fui a Coimbra por causa do Mondego e dei a primeira volta aquele rio, cuja história é interessantíssima, não menos que do Tejo; mas me dá esperança de poder falar do Mondego a seu tempo muito mais demonstrativamente do que falei do Tejo (...) [remetida de S. Vicente da Beira, Castelo Branco]»* [BACL Ms.1945].

de um novo leito regular e permanente para o rio entre Coimbra e a Figueira da Foz. Estêvão Dias Cabral ficará à frente da obra até 1800, pois em 11 de Janeiro desse ano entra em vigor um Decreto, por tempo indeterminado, que manda suspender todas as obras públicas e despesas por conta da Real Fazenda nas diferentes repartições [AHM, 1ª Divisão 11ª secção cx.18 n.2].

Em 16 de Outubro de 1800 foi escolhida a Faculdade de Matemática para dar um parecer sobre o estado e situação da obra,

> *«[...] encarrega a Faculdade de Matemática de proceder aos necessários exames e vistorias de tal empreendimento a fim de informar ao Príncipe Regente para que possa tomar as convenientes providências.»* [ACFM 1982-83, v.2 pp.40-41].

O Visconde de Vila Nova de Cerveira e Marquês de Ponte de Lima, Tomás Xavier de Lima Teles da Silva (1727-1800), tal como em 1781 tinha confiado em Monteiro da Rocha para elaborar um parecer sobre a obra de abertura da barra de Aveiro, volta a elegê-lo passados quase vinte anos para emitir um novo parecer sobre uma obra pública que exigia conhecimentos técnicos e científicos de hidráulica[62]. Em 27 de Novembro de 1800 o Secretário da Congregação de Matemática, António José de Araújo Santa Bárbara, pede a Estêvão Dias Cabral os elementos do projecto e da obra (mapas, planos e projectos das obras até à data executadas e das que ainda pretendia executar), bem como a José de Magalhães de Castelo Branco, Superintendente da mesma.

Não se conhece a resposta de Estêvão Cabral à Congregação, porém no relatório que envia a D. João percebe-se qual terá sido o conteúdo dessa sua resposta[63]. É muito crítico dos termos em que a Congregação o contactou, de modo formal e por interposta pessoa e considera que o pedido que esta lhe fizera ultrapassa aquilo que foi ordenado pelo Aviso Régio de 16 de Outubro de 1800, no entanto decide não só escrever um relatório para a Faculdade de Matemática como enviar os desenhos pessoais que tinha em mãos. Diz ainda que o mapa da obra se encontra nas mãos do Príncipe e que não tem nenhum em sua posse. Na memória dirigida ao Príncipe, Estêvão Cabral justifica ainda tecnicamente as soluções tomadas e faz a defesa dos trabalhos realizados, do seu

[62] Em 2 de Novembro de 1800, José Monteiro da Rocha escreve a Francisco de Lemos dizendo, *«P.S. A comissão do Mondego é honrosa para a faculdade, mas de natureza delicada, e bem crítica. Ainda a não publiquei, porque me acho só com o Pereira. Miranda chegou doente, Maia e Santa Barbara adoeceram em Braga. Em havendo com quem fazer Congregação a publicarei, e se entrará na execução, custe o que custar.»* [A. Teixeira 1888-90, p.588].

[63] *«A Sua Alteza Real, o Principe Regente Nosso Senhor sobre o estado do Encanamento do Mondego no fim do anno de 1800. Cazaes do Campo, 7 de Dezembro de 1800. Estevão Cabral»*, [BNRJ Colecção Portugal I-32.33A.015].

custo e das vantagens da despesa feita[64]. Entretanto José Monteiro da Rocha pôs em marcha o levantamento hidrográfico do Mondego, desde a foz até Coimbra[65].

Em 9 de Fevereiro de 1802 o Secretário de Estado do Reino, Luís Pinto de Sousa, 1^o Visconde de Balsemão (1735-1804), escreve ao director da Faculdade de Matemática, Monteiro da Rocha, solicitando-lhe o Relatório, de modo a evitar o prejuízo criado com a suspensão da obra – a Congregação da Faculdade de Matemática após mais de um ano ainda não havia respondido ao Governo e só o fez em 12 de Junho de 1802. Não encontrámos esse Relatório, no entanto, tudo nos leva a crer que fosse desfavorável em relação ao trabalho executado por Estêvão Cabral.

D. Rodrigo de Sousa Coutinho (para quem o Visconde de Balsemão transferiu o parecer do Governo sobre o relatório da Faculdade de Matemática) critica duramente não apenas Estêvão Cabral, que considera um charlatão, mas também a Faculdade de Matemática, cujo relatório considera mau[66]. Monteiro da Rocha um ano depois em carta ao seu amigo D. Francisco de Lemos acusa o ex-ministro de ter dificultado a tarefa da Faculdade na sua avaliação à obra do Mondego[67]. Em 7 de Julho de 1807, António de Araújo de Azevedo, 1^o Conde da Barca (1754-1817), Secretário de Estado dos Negócios Estrangeiros e da Guerra, levanta a suspensão das Obras do Mondego e encarrega José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838) dos reparos e plantações, para a segurança das mesmas obras [AHMOP MR 18, fls.90-91]), nomeando-o Superintendente do Rio Mondego e Obras Públicas de Coimbra, Director Hidráulico das Obras de Encanamento do mesmo rio e Provedor dos Marachões. Em Setembro de 1807 José Bonifácio começa a exercer o cargo [Simões Carvalho 1872, p.305].

A criação, em 1801, da Cadeira de Hidráulica na Faculdade de Matemática (C.R. de 1-4-1801) parece-nos ser consequência directa da existência destas obras, principalmente desta última, do Mondego,

[64] Em 9 de Dezembro de 1800 o Marquês de Ponte de Lima remete a José Monteiro da Rocha o parecer que o Superintendente, José de Magalhães de Castelo Branco, lhe dirigiu [AHMOP Mr.17, fl.54] – não encontrámos este relatório, não se conhece portanto o conteúdo da resposta do superintendente ao pedido da Congregação.

[65] *Mappa Topografico do rio Mondego no estado em que se achava no principio de Fevereiro de 1801 mandado tirar por ordem da Congregação da Faculdade de Matemática, por M. A. Macamboa, Actual Mestre das Obras da Universidade* [Arquivo IGP CA-325].

[66] *'Representação a S.A.R. O Príncipe Regente sobre a obra do encanamento do rio Mondego [D. Rodrigo de Sousa Coutinho, 2-10-1802]'*, transcrito em [Rodrigo Sousa Coutinho 1993, v.2 pp.328-331].

[67] *«O mesmo ministro [ex-ministro, D. Rodrigo de Sousa Coutinho] que fez empatar a consulta sobre o Mondego com um parecer que deu, e que não sei qual é, mas certamente há-de ser quimérico. Já se sabe que havia de ser aplaudida, se tivesse corrido pela repartição dele. A presunção está pela congregação de que sabe o que diz sobre a matéria, e de que não tinha motivo algum de paixão ou de interesse que a desviasse da verdade, que o governo bem poucas vezes ouve em tais casos. Se aquela objecção ainda é de algum escrúpulo, estimarei que se me dê vista [carta de 8-10-1803]»* [A. Teixeira 1888-90, v.37, p.564]. Se Francisco de Lemos lha enviou ou não, não sabemos.

«uma nova cadeira de Hidráulica onde se ensine com toda a extensão não somente a teórica sublime da hidrostática, hidrodinâmica, resistência de fluidos, construção e teórica das máquinas que servem para elevar e construir as águas para diversos usos da vida; mas em que além disso se ensine muito por miúdo descendo até aos maiores detalhes práticos a arquitectura hidráulica, a fim de se criarem entre nós pessoas hábeis, para entender e dirigir quaisquer trabalhos hidráulicos, como encanamentos de Rios, Aberturas de Barras, Aquedutos, Canais de Rega, ou de Navegação; aproveitar ou dirigir correntes para mover os diversos engenhos de Pisões, Fiação, Moedura, como para satisfazer completamente a outros fins não he suficiente ter lido, e meditado Bernoulli, D'Alembert, Bossut, [Pronos], [Belidor], [Perronet], [Guilherlmini], [Sabre] e outros Teóricos e Práticos, sem que tenham juntamente visto, e observado algumas das principais Obras Hidráulicas construídas em alguns Países da Europa, e aprendido a maneira de as dirigir com mais acerto e economia [...].» [AUC IV-1^{a}E-8-3-4 Legislação Académica].

Pela mesma Carta Régia é criada também a Cadeira de Astronomia Prática. O surgimento destas cadeiras no panorama lectivo da Faculdade decorre da necessidade de encontrar novas respostas cientificamente actualizadas, indispensáveis para a actividade do OAUC e para a realização de obras públicas de engenharia hidráulica[68].

7.7 A viagem de Manuel Pedro de Melo

Para regente da cadeira de Hidráulica foi nomeado (A.R. 1-6-1801) Manuel Pedro de Melo (à data professor na Academia Real da Marinha) , que foi enviado para a Europa em viagem de estudo para organização da cadeira (C.R. 20-10-1801)[69].

Esta viagem de Manuel Pedro de Melo ia ao encontro dos pontos 13 e 14 do Regulamento do recentemente criado OAUC (1799), que estabelecia a necessidade de se encetarem com carácter periódico (de 10 em 10 anos) viagens científicas tanto a observatórios astronómicos como a instituições científicas estrangeiras: *«E isto que tenho*

[68] A minuta para a elaboração da carta régia que criará estas cadeiras foi elaborada por José Monteiro da Rocha [A. Teixeira 1888-90, v.36 p.590].

[69] *«Havendo Eu criado nessa Universidade a cadeira de Hidráulica Prática, e nomeado para Lente dela ao Doutor Manuel Pedro de Mello [...], seria muito conveniente, que, na conformidade do que pareceu à Congregação da Faculdade de Matemática, antes de dar o sobredito Doutor principio às suas lições, fizesse ele uma viagem por diferentes países, e estados da Europa para ver, observar, e examinar as principais Obras de Hidráulica, que neles há; e assim mesmo o modo, e método de as dirigir com acerto, perfeição, e economia (...) se vença como se presente fosse na Universidade, o inteiro ordenado da sua cadeira, com todas as Propinas e mais Próis, que por ela lhe pertencerem; e que alem disto se contribua por essa Universidade com uma Ajuda de Custo da quantia de 600mil reis [Provisão do Príncipe em Carta dirigida ao Reitor, 20-10-1801]»* [AUC cx.164].

disposto a respeito da Astronomia Prática, igualmente se executará relativamente a todas as outras Ciências práticas, estabelecidas na mesma Universidade, nos tempos e circunstâncias, que mais oportunas forem, como um dos meios mais próprios e mais eficazes para animar e promover o adiantamento delas.» [C.R. 4-12-1799][70]. Nas instruções para a viagem, redigidas por Monteiro da Rocha em 20 de Dezembro de 1801 [Castro Freire 1872, p.81][71], são delineadas as directrizes dessa missão que compreenderá não só a hidráulica como também a astronomia – *«A viagem não deverá limitar-se ao objecto da sua cadeira, mas estender-se à de Astronomia, visitando Observatórios e trazendo notícias, objecto de cujo desempenho ele é muito capaz. Sobre isso mandarei a V. Ex.ª alguns artigos mais especificados [carta de Monteiro da Rocha para Francisco de Lemos, 30-8-1801]»* [A. Teixeira 1888-90, v.37 p.56].

No tocante à hidráulica as instruções focavam a visita às grandes obras relativas a barras, rios, diques, canais, pontes, etc.; bem como obras que houvessem sido mal sucedidas neste género, *«a fim de indagar as causas do ruim sucesso; observar as diferentes máquinas hidráulicas empregadas com bom êxito nos trabalhos das terras alagadas, com todas as circunstâncias, e remetendo os modelos competentes»* –, *«e tudo inquirir, e a todos os respeitos.»* [Silvestre Ribeiro 1871-1914, v.5 pp.55-56][72].

Já para a astronomia José Monteiro da Rocha recomendava:

> *«Diligenciar adquirir notícias, multímodas, acerca dos Observatórios de Greenwich, de Paris, de M. Zach; e fosse proposta a correspondência deles com o de Coimbra, particularizar a natureza e especialidades da proposta. Convinha desenganar os astrónomos a respeito do clima de Portugal; estavam persuadidos de que era ele de uma perpétua serenidade, quando aliás (em Coimbra principalmente) é tudo ofuscado pelas nuvens e nevoeiros, de sorte que passa muitas vezes o ano inteiro sem haver uma dúzia de noites serenas, próprias para observações; Empregar todas as diligências para experimentar os telescópios de Herschel, e fazer juízo, se seria con-*

[70] O ponto 13 que diz respeito exclusivo à Astronomia estabelece: *«Logo que houver um Ajudante perfeitamente instruído na teórica, e bem desembaraçado na prática das Observações, e de comportamento tal, que com crédito da Universidade possa aparecer nos países estrangeiros, mandar-se-á visitar Observatórios, onde a arte de observar estiver na maior perfeição, para tomar conhecimento do modo, com que neles se pratica, da qualidade dos seus instrumentos, e de tudo o mais, que convier [...]»* – nomeadamente no estabelecimento e promoção de contactos institucionais, vem: *«deixando estabelecidas correspondências para se fazerem as Observações da Universidade de acordo com as dos ditos Observatórios [...]»* [C.R. 4-12-1799].

[71] Castro Freire afirma que estes apontamentos constavam de 15 parágrafos, Silvestre Ribeiro só transcreve 9 [Silvestre Ribeiro 1871-1914, v.5 p.55]. No processo académico de Manuel Pedro de Melo há umas *«Instrucçoens para huma viagem hydraulica»*, não assinadas nem datadas (parecendo ser cópia), com 11 parágrafos exclusivas a assuntos de hidráulica (e não referindo nada relativo à astronomia) [AUC cx.164].

[72] Em anexo transcrevemos as *«Instruções para huma Viagem Hidraulica»*.

veniente dar uma grande soma por um instrumento desses; Conferenciar com Lenoir, que em Paris começava a ter grande reputação de construtor de instrumentos astronómicos, sobre o preço, condições e formas de um círculo pequeno, portátil, como o que serviu a Méchain nos triângulos de Dunquerque, e de outro maior, como o que se fizera para o Observatório de Paris.»[73].

Pouco se sabe sobre a forma e até que ponto as instruções da viagem foram cumpridas, bem como os contactos com estrangeiros de Manuel Pedro de Melo, pois, segundo Castro Freire, o seu espólio terá ardido num incêndio em 1821 [Castro Freire 1872, pp.81-82][74]. Sabia-se que tinha concorrido e ganhado um concurso sobre o paralelogramo de forças instituído pela Academia das Ciências de Copenhaga [Pinheiro Ferreira 1856-57a] e que havia trabalhado no Observatório de Paris sob a direcção de Delambre. Porém, hoje, temos conhecimento de que essa colaboração com o astrónomo francês foi bastante estreita, nomeadamente na redacção e elaboração do seu *Astronomie Theorique et Pratique* [Delambre 1814][75], e graças a ela terá sido possível a Delambre uma leitura crítica mais atenta das Ephemerides do OAUC, bem como de alguns trabalhos de Monteiro da Rocha nelas incluídos[76].

Torna-se claro que durante o período de 1772 a 1820 a produção matemática da Faculdade, isto é dos seus professores, é praticamente residual face ao que se produziu e publicou no país. Convém contudo realçar que se isto é verdade em relação à matemática (pura), já não o é no que diz respeito à produção astronómica. Se tivermos em conta a produção astronómica, durante o período que estudamos, produzida

[73]As instruções incluíam também: *«Tomar nota do estado em que encontravam os estudos públicos de todos os ramos das ciências naturais; compêndios; regulamento das escolas; forma de exames; Travar relações com pessoas de maior crédito houvessem granjeado na prática de qualquer das ciências, e participar se conviria mandar alguém a estudar ou aperfeiçoar-se com essas pessoas; Indagar qual seria mais conveniente, se fazer encomenda de instrumentos científicos para Londres se para Paris; estabelecendo um procurador ou agente, que também se incumbisse da remessa das publicações periódicas mais importantes; Participar para Coimbra, se estaria à venda alguma colecção de livros raros, de manuscritos e estampas, que parecesse conveniente adquirir para a Biblioteca da Universidade; Estabelecer relações de troca de objectos e produtos dos gabinetes de História Natural com o de Coimbra».* [Silvestre Ribeiro 1871-1914, v.5 pp.55-56].

[74]Manuel Pedro de Melo regressou a Portugal em 1815. Durante o tempo em esteve fora (pelo menos de 1801 a 1813) a cadeira de Hidráulica foi leccionada José Joaquim de Faria, que havia regido Foronomia 1787-93 [AUC Processo do Professor José Joaquim de Faria].

[75]Na organização do arquivo do Bureau des Longitudes existente no Observatório Astronómico de Paris, Michelle Chapront-Touzé [M. Chapront-Touzé 1998, p.10] identificou junto do arquivo de Delambre uma série de documentos atestando esta estreita colaboração. Recentemente (Novembro de 2010) aquando de uma nossa visita aos arquivos do Observatório de Paris podemos constatar este facto, que nos parece significativo e merecedor de atenção em estudos futuros.

[76]É nesta altura que Manuel Pedro de Melo publica em Paris (1808) numa tradução 4 trabalhos astronómicos de Monteiro da Rocha, *Mémoires sur l'Astronomie Pratique* (Paris, 1808) [Monteiro da Rocha 1808].

no seio da Faculdade de Matemática e do seu Observatório Astronómico (veja-se a Parte III deste trabalho) os números expressam outra realidade. Se tal não é revelado nas estatísticas que atrás analisámos isso deve-se ao facto de não termos entrado em linha de conta com os vários artigos e memórias publicadas ao longo dos 13 volumes (1803-1820) das *Ephemerides Astronómicas do OAUC*. Ramos Bandeira afirma que lhe parece *«que a actividade da Faculdade de Matemática gravitou muito em redor do seu Observatório.»* [Ramos Bandeira 1937-42, p.102], o período de tempo sobre o qual nos dedicamos não é tão longo como o considerado por este autor (1803-1872), inclui apenas as primeiras duas décadas desse século, contudo é evidente que durante esta vintena de anos a produção astronómica da Faculdade de Matemática é notável tanto em termos de quantidade .

Capítulo 8

Os *'Elementos de Mathematica'* de Monteiro da Rocha: *'Elementos de Arithmetica'* e *'Elementos de Algebra'*

Uma análise profunda dos manuscritos *'Elementos de Mathematica'* [ACL Ms. Azul 371] e *'Elementos de Algebra'* [ACL Ms. Azul 397] implicaria uma abordagem diferente do estudo maioritariamente descritivo que apresentaremos. Implicaria, desde logo, um estudo comparativo com outras obras e outros autores, nomeadamente os autores que ao longo dos dois textos são citados, no sentido de estabelecer paralelismos e destacar eventuais diferenças, não só no que respeita à ordenação das matérias mas especialmente, para averiguar da sua qualidade relativa, no que diz respeito aos conteúdos. Por exemplo muitos dos autores citados por Monteiro da Rocha são os mesmos que Inácio Monteiro (1724-1812), também ele jesuíta e autor de uma obra de matemática de carácter didáctico – *Compêndio de Elementos de Matemática*, 2 vols. (Coimbra, 1752-54) –, refere. Implicaria também um enquadramento mais fundamentado destas obras no contexto do ensino da Companhia de Jesus, e no seio da qual como vimos Monteiro da Rocha obtivera o grosso da sua formação, o que com toda a certeza traria novos elementos para perceber melhor as particularidades do ensino jesuítico da colónia brasileira; mais especificamente do seu importante Colégio da Baía, e, possívelmente, perceber a especificidade e relevância do estudo e do ensino da matemática no âmbito de todo o programa pedagógico da Companhia. Contudo, e apesar de estarmos bem cientes desta necessidade e pertinência, não iremos proceder a esse estudo tão aprofundado, pois este implicaria uma disponibilidade de tempo e recursos que manifestamente não dispomos e certamente se o fizéssemos comprometeríamos outros capítulos e temas do nosso trabalho.

Como já referimos a Academia das Ciências de Lisboa reuniu em vários maços temáticos os manuscritos matemáticos de José Monteiro da Rocha. No *maço I* reuniu os manuscritos n^{o}s 15, 16,17 e 35: *«que são Aritmética; Álgebra; Geometria; e Cálculo integral e diferencial; em 4 Tomos»* [ACL Processo Académico de José Monteiro da Rocha, p.5][1]. Segundo os relatores da Comissão estes 4 manuscritos fariam parte de uma obra, em 4 tomos, sobre matemática, que o autor haveria escrito *«há mais de 55 anos»*. Hoje na ACL apenas é possível localizar os volumes respeitantes à aritmética e à álgebra (desconhece-se a localização do de trigonometria[2] e cálculo infinitesimal), o que impossibilita perceber os 4 manuscritos fariam parte, ou não, de uma obra pensada e organizada como um futuro compêndio de matemática – uns *'Elementos de Mathematica'*[3].

O manuscrito que trata da aritmética, tem por título precisamente *'Elementos de Mathematica'* e divide-se em 2 partes: para além da aritmética propriamente dita (intitulada de *'Elementos de Arithmetica'*) é iniciado com uma primeira parte intitulada de *'Prolegómenos'*, onde Monteiro da Rocha dá a entender que pretende ensinar outras matérias para além da aritmética. O facto do manuscrito de álgebra se intitular *'Elementos de Álgebra'* e estar estruturado e organizado de modo semelhante aos *'Elementos de Arithmetica'* sugere a intenção da sua integração numa única obra. Também nos *'Elementos de Arithmetica'* o autor diz que tratará de determinado tema nos seus *'Elementos de Algebra'* (por exemplo em [ACL Ms. Azul 371, fl.66]), e nestes faz-se por vezes no correr do texto referências aos primeiros, o que reforça a ideia de conjunto.

Dos 4 manuscritos a Comissão considerou as, *'Lições sobre vários pontos interessantes de Matemática'* (tomo IV), i.e. a parte respeitante ao cálculo infinitesimal,

[1] *«15. Um manuscrito em 4^{o}, que trata da Aritmética, conclui em uma nota escrita depois do índice: está completo, e tem por título 'Elementos de Mathematica'; 16. Outro manuscrito semelhante, que trata dos elementos de Álgebra: conclui no §.550, tendo depois duas estampas; 17. Outro manuscrito semelhante: tem por objecto a Geometria elementar, e a Trigonometria, distribuída aquela em 322 §§; e esta em 63, com 12 estampas; [...] 35. Um manuscrito com o título – Lições sobre vários pontos interessantes da Matemática – em folhas avulsas, contendo 635 §§, referidos a 6 estampas; e havendo mais 20 páginas avulsas, que tratam do mesmo objecto»* [ACL Processo Académico de José Monteiro da Rocha, pp.8-9].

[2] Na ACL existe um manuscrito de José Monteiro da Rocha, com o título em grego – $\Upsilon\Pi OMNHMATA$ $\pi\alpha\nu\tau o\delta\alpha\pi\varkappa\varsigma$ $\epsilon\pi\iota\varsigma\eta\mu\varkappa\varsigma$ [s.l., s.d., 48pp.] [ACL Ms. Azul 55] –, escrito em latim e trata de trigonometria (o estar escrito em latim impossibilita-nos um estudo detalhado). Porém no relatório da Comissão os relatores escrevem: *«é exposição (feita em latim) de muitas fórmulas trigonométricas [mais de 300]; mas não é um Tratado de Trigonometria»*: por conseguinte não será o manuscrito 17.

[3] Tanto Mafalda Sofia Pedroso como Valter Roque, aquando dos seus trabalhos, apenas tiveram conhecimento da localização do volume referente à aritmética. A identificação do manuscrito referente à algebra, que não está datado nem assinado, deve-se a João Caramalho Domingues.

como o *«mais bem trabalhado»*, acrescentado porém que não se deveria imprimir como um só tomo separado, *«sem examinar bem se ele depende essencialmente do que fica dito nos outros 3 tomos, para poder ser considerado, como um Tratado de Cálculo integral e diferencial, que dependa unicamente dos princípios, que se acham em qualquer outro compêndio»* [ACL Processo Académico de José Monteiro da Rocha, p.6]. Em relação ao manuscrito de geometria escrevem que o autor parece ter querido seguir o método de Clairaut, e não o de Euclides,

> *«não procura vencer, nem suscitar a dificuldade da teoria das paralelas; supõem-se somente a possibilidade de poderem haver duas rectas existentes em um plano que tenham os seus pontos equidistantes; e também na medida dos ângulos por arcos de círculo e outras proposições relativas aos incomensuráveis se não demora muito em suas demonstrações.»* [ACL Processo Académico de José Monteiro da Rocha, p.6].

Os manuscritos não estão datados, atribuindo-lhes os relatores uma data anterior a 1770 (*«há mais de 55 anos»*), em virtude do que é escrito nos *'prolegómenos'*,

> *«tem enchido a matemática de descobrimentos [vários matemáticos famosos que acaba de citar], e as suas nações de glória. Ao som destes aplausos está dormindo Portugal. Ignoram-se geralmente os primeiros elementos destas Faculdades; e há tal, que entende que a Matemática e Necromancia tudo é o mesmo. Faltam professores nas cidades mais populosas, e servimos de riso aos estrangeiros. Para acordar os meus nacionais deste letargo, escrevo esta obra na língua vulgar, com a vista de utilizar aos curiosos, que por omissão inculpável não estudaram outra. Se corresponder a aplicação ao engenho penetrante, de que são dotados os Portugueses, receberão as Matemáticas entre nós maiores aumentos. Assim como descobrimos no mundo novos países com a espada, descobriremos na República das letras novo terreno com a pena»* [ACL Ms. Azul 371, fls.5r-6]

Como é sabido logo após a expulsão e fecho dos colégios jesuítas o ensino primário e secundário, sob a responsabilidade do Estado, encontra sérias dificuldades durante a década de 60 por falta de professores para as escolas de Gramática Latina entretanto criadas (1759) em cada cidade e vila do país [Rómulo de Carvalho 2001, pp.432-437, 452-462]. Assim, pela afirmação de Monteiro da Rocha parece certo considerar que o manuscrito tenha sido escrito antes de 1770 e tê-lo-á sido, possívelmente, antes do seu regresso do Brasil, em 1766, entre os anos 1760 e 1766. Quando Monteiro da Rocha regressa do Brasil o ensino menor nas grandes cidades de Lisboa, Porto, Coimbra e

Évora, era já uma realidade, ao contrário do resto do país onde a falta de professores era manifesta, como informa, em 25 de Agosto de 1765, o Rei o Director Geral dos Estudos D. Tomás de Almeida [António Leite 1982, p.600]. O mesmo também já sucedia no Brasil, nas cidades do Rio de Janeiro e da Baía (veja-se [Banha Andrade 1981] e [J. Ferreira Gomes 1982]). Por conseguinte a afirmação: *«Faltam professores nas cidades mais populosas»*, retractará uma situação que se verificou nos anos imediatamente seguintes à expulsão dos jesuítas e ao fecho dos seus colégios [António Leite 1982].

Outro dado importante para a datação dos manuscritos são as referências bibliográficas, ou melhor a falta delas. Sobre os melhores compêndios para o estudo de matemática sugeridos por Monteiro da Rocha, dos autores modernos (como ele próprio se lhes refere) apenas menciona: Christian Friedrich von Wolff (1679-1754), Noel Regnault (1683-1762) e Inácio Monteiro, cujas obras são anteriores a 1760 [ACL Ms. Azul 371, fls.13-13v] – o *Eléments d'Arithmétique* (Paris, 1764) de Bezout, por exemplo, não é mencionado.

Como o manuscrito *'Elementos de Mathematica'* é composto por duas partes – *'Prolegómenos'* e *'Elementos de Arithmetica'* – trataremos cada uma delas em separado; em seguida, numa terceira secção, analisaremos o manuscrito *'Elementos de Algebra'*.

8.1 *'Elementos de Mathematica: Prolegomenos'*

> *«Verumtamen quanta caeteris quoque Scientiis, atque artibus a mathematica Scientia prodeat utilitas, discemus utique considerantes, quod contemplantibus quidem, ut Rhetoricae, atque huiuscemodi omnibus, quaecumque in sermone positae sunt, perfectionem, ordinemque addit»* Proclo[4]

Com esta citação de Proclo Lício (412-484d.C.) sobre a importância e a utilidade da matemática inicia Monteiro da Rocha os *'Prolegómenos'*[5].

Estes ocupam 32 páginas, dividindo-se em 4 secções e estas em 40 parágrafos numerados:

- *I. Excelência, Origem e progressos da Matemática* (composto por 8 parágrafos);

[4] A citação é tirada do comentário de Proclo ao primeiro livro dos Elementos de Euclides [G. Friedlei 1967, p.24] – *«Finally, how much benefit mathematics confers on the other sciences and arts we can learn when we reflect that to the theoretical arts, such as rhetoric and all those like it that function through discourse, it contributes completeness and orderliness...»* [G. Morrow 1992 p.21].

[5] Há ainda outra citação de Platão: *«"Si quis ab omnibus artibus segregaret numerandi, dimetiendique, et ponderandi peritiam, vile quidam esset, quod uniuscujusque restaret", Phileb. [Platão]»* (não conseguimos identificar a citação) – em tradução livre: *«Se alguém subtraísse de todas a artes a capacidade de contar, medir e pesar, o que restaria de cada uma havia de ser algo sem valor»*. Agradecemos ao Bernardo Mota a tradução desta citação.

- *II. Objecto e Partes da Matemática* (3 parágrafos);

- *III. Método de Estudar Matemática* (13 parágrafos);

- *IV. Explicação dos termos, e notas familiares na Matemática* (16 parágrafos).

Na secção I Monteiro da Rocha começa por definir o objecto da matemática: a quantidade – *«Pelo nome de Matemáticas entendemos o grande corpo de Faculdades, que tratam da quantidade»*[6] (reflexão que desenvolverá na secção seguinte) –, segundo o autor ciência vasta e diversa que se estende a todas as áreas da vida humana:

> *«Ninguém ignora, que a força de cálculo se tem indagado nestes últimos tempos a natureza admirável da luz, as leis da sua propagação, refrangibilidade, aberração, as causas, efeitos, e diferenças espantosas do som; as forças do ímpeto, leis do movimento, fenómenos da atracção. Ela ajuda a fraqueza do homem com a incrível força das máquinas. Levanta com formosura os edifícios; defende com vantagem as cidades; forma com terror do inimigo os exércitos. Ela descobre a grandeza da Terra, a situação dos impérios, e monarquias, a extensão prodigiosa dos mares, e no meio das ondas mostra o rumo direito aos navegantes. Ela passando da terra ao Céu nos ensina a portentosa grandeza dos astros, os seus admiráveis movimentos, e distâncias; e por meio dos telescópios tem aberto o comércio do nosso globo com os outros planetas, lançando uma ajuda da terra ao Céu, que nos chega os olhos um milhão de vezes mais perto daquelas ilustres obras da mão de Deus.»* [ACL Ms. Azul 371, fl.3]

A Matemática tem um evidente papel prático. Mas o seu domínio é bem mais vasto devido ao seu papel fundador e fomentador de todo o conhecimento – a Matemática é universal –, conferindo uma perfeição e um entendimento superior a todo o conhecimento:

> *«A este amplíssimo teatro de conhecimentos sublimes, se deve acrescentar a perfeição, e cultura do entendimento, que neles se consegue (...), adquire um critério mais delicado, e um tino mais esperto para indagara verdade nas outras matérias. A experiência continuada dos séculos antigos e a testemunha mais abonada do que digo. Já no tempo do Quintiliano era*

[6] No século XVIII o termo *'quantidade'* tem um vasto significado, designando lato senso qualquer coisa que pode aumentar ou diminuir. Nesse amplo sentido a unidade não era considerada uma quantidade, mas já o era a sequência numérica 2, 3,... (quantidade discreta); e a linha, por exemplo, uma quantidade contínua. Sobre a definição de número, quantidade e unidade veja-se [Encyclopédie 1751-1772, v.11 p.202, v.13 p.653, v.17 p.401].

opinião comum dos sábios, que as outras aproveitaram depois de aprendidas somente, mas a matemática era útil no mesmo exercício de se aprender. O grande Hipócrates aconselhava o seu filho Tesalo, que se aplicasse a Matemática para saber bem a Medicina; e até na arte Oratória conforme ao juízo do Proclo não se pode trabalhar um discurso bem ordenado, sem tomar primeiro o gosto aos Elementos da Matemática.» [ACL Ms. Azul 371, fl.3r]

Para dar ênfase à afirmação Monteiro da Rocha discorre seguidamente sobre os pontos e os autores mais marcantes da História da Matemática.

Na segunda secção debruça-se sobre os dois ramos da Matemática – a pura e a aplicada:

«Como pois a Matemática não se ocupa senão da quantidade, está claro que se deve dividir em tantas partes, quantas são as espécies da mesma quantidade. [...] A quantidade divide-se em duas grandes espécies: abstracta e concreta. Quantidade Abstracta é uma atenção considerada, sem fazer caso da matéria em que está [...]. Quantidade concreta é a extensão considerada na mesma matéria em que está. Por esta razão se divide bem a Matemática em duas grandes partes. A primeira se chama pura, e abstracta, porque trata da quantidade prescindindo da matéria. A segunda se chama finita, e aplicada, porque nela se aplica a teoria da Matemática pura a vários ramos das artes naturais, que são susceptíveis de cálculo.» [ACL Ms. Azul 371, fl.6r]

Compreendendo a matemática pura duas partes: a aritmética e a geometria,

«A aritmética trata da quantidade discreta cujas partes se consideram desunidas, como é o número que se compõe de muitas unidades. A Geometria trata da quantidade contínua, cujas partes estão enlaçadas entre si, como em um cubo, em uma pirâmide. A Trigonometria que ensina a análise dos triângulos é um ramo da Geometria; e a Álgebra é uma Aritmética mais universal, que facilita muitas demonstrações da Geometria, e abre um caminho admirável para a solução de muitos problemas de suma dificuldade.» [ACL Ms. Azul 371, fl.7]

A matemática aplicada divide-se *«em tantas espécies, quantos são os corpos de diversa natureza que se oferecem a nossa contemplação»*:

«Não e possível pois que a Matemática mista compreenda tudo, ainda que os modernos lhe tem aumentado muito as partes. A Estática, Mecânica,

Hidrostática, Hidráulica, Aerometria, Pirotecnia, Óptica, Dióptrica, Catóptrica Perspectiva, Astronomia, Gnómica, Geografia, as duas Arquitecturas são os ramos principais da Matemática aplicada. Não me detenho a explicar o objecto de todas estas Faculdades nem a ordem, com que as pretendo tratar» [ACL Ms. Azul 371, fl.7].

Na 3^a secção, a mais extensa (12 páginas), são abordadas questões de natureza didáctica, dando Monteiro da Rocha alguns conselhos sobre o melhor método para o estudo destas matérias: *«aprender sem método, é fazer jornada por fora do caminho, gastando muito tempo, e tolerando imenso trabalho, para andar muito pouco»* – e se tal é verdade para qualquer ciência, é-o ainda mais para a matemática devido ao seu carácter universal. Seguindo o filósofo iluminista alemão Christian F. von Wolff (1679-1754) – *«como ensina Wolfio no excelente comentário sobre o estudo da matemática, impresso no tomo 5 dos seus Elementos»*[7] –, enumera os 3 graus hierárquicos do conhecimento matemático: o 1^o ligado apenas ao conhecimento e domínio relativamente superficial dos conceitos e dos termos específicos da matemática, que designa por a *'inteligência das verdades da matemática'*; o 2^o a *'inteligência das demonstrações'*, ou seja o conhecimento e domínio dos princípios, das regras e relações matemáticas; e por fim o 3^o patamar de conhecimento, aquele que é capaz de combinando conceitos produzir e criar novo conhecimento. Estas ideias iremos também encontrá-las nos iluministas franceses, nomeadamente, como vimos, em Bezout.

Para estudar matemática o estudante necessita seguir algumas recomendações. Uma é a que diz respeito à generalidade das demonstrações, advertindo que as figuras muitas vezes usadas servem apenas como ajuda *«que se dá ao entendimento pela porta dos sentidos, para conhecer uma verdade abstracta aplicável a todas as figuras daquela espécie»*, e à necessidade de ter clara a profunda distinção que existe entre as verdades teóricas e práticas, sendo as primeiras exactas e as segundas apenas aproximadas,

> *«Por exemplo na teórica é infalível, que a área de um triângulo é metade do produto da sua base pela altura, sem ter mais nem menos um só ponto. Porém na prática alguma coisa será na realidade diversamente do cálculo, tanto por não termos construído um triângulo com linhas perfeitamente rectas, como por não termos medido exactamente a sua base, e altura; operações que nenhum homem no mundo pode fazer perfeitas»* [ACL Ms. Azul 371, fl.10]

[7] Christian F. von Wolff, *Elementa matheseos universae*, 2 vols. (Halle, 1713-15). Em 1743-52 publicou-se uma nova edição: *Elementa Matheseos Universae, Editio Nova priori multo autior et correctior*, 5 vols. (Génova, 1743-52). Sobre a vida e obra de Wolff consulte-se [M. Hettche 2008].

A outra prende-se com as cadeias de raciocínios matemáticos, característica intrínseca da disciplina, e para a qual o estudante deve ter atenção redobrada, devendo o principiante ter especial cuidado no que diz respeito às demonstrações, pois a troca dos termos das proposições que as compõem não é arbitrária; se há casos em que a inversão dos termos de uma proposição é irrelevante há outros em que não é assim de todo (i.e. $(p \implies q) \neq (q \implies p)$).

As últimas advertências de Monteiro da Rocha dizem respeito a um item importante no processo de aprendizagem, os livros e os compêndios – à sua organização interna e inteligibilidade das matérias que apresentam. Avisa que o aluno não deve estudar por vários livros ao mesmo tempo, *«em outras matérias pode permitir-se esta variedade, para recreação, na matemática serviria para encher o entendimento de confusão»*, pois cada autor encadeia e relaciona de maneira diferente os diversos assuntos e por conseguinte muitos livros criam, eventualmente, muita confusão. Como o estudo dos conceitos deve ser feito passo a passo, o aluno deve apreciar criticamente a sua própria evolução não devendo avançar de matéria em matéria sem a sua compreensão total, pois sendo o conhecimento matemático cumulativo *«não é possível, que entenda o que vai para diante, quem deixa alguma coisa para trás, sem a entender»* [ACL Ms. Azul 371, fl.12].

Esta característica da matemática condiciona também a ordem das matérias em que deve ser ensinada – *«A primeira coisa que se deve estudar é a Aritmética, depois dela a Geometria, e Trigonometria Plana»* –, bem como a escolha dos próprios compêndios a adoptar para a sua aprendizagem. Deve por isso o aluno principiar por os que tratam aquelas matérias e, *«daqui por diante o melhor é estudar os tratados pela mesma ordem, que se escrevem no Curso de Matemáticas»*. Esta parte termina assim com uma lista de referências bibliográficas, tanto de autores antigos como de modernos. Dos antigos sugere, *«P. Dechales, 4 tomos, edição do P. Varcin»*[8]*; e dos modernos «Christiano Wolfio, 5 tomos»*[9], acrescentando ainda para todos aqueles que não querem ser matemáticos de profissão – *«para esta classe de pessoas tem saído belíssimos compêndios»* – os melhores que se *lembra*, são:

> *«Frid. Weideri Inst. Mathem*[10]*; Synopsis mathemat. do P. António Thomaz, 2 tomos*[11]*; Entretiens mathematiques do P. Noel Reignauld 3 to-*

[8]Claude-François Milliet Dechales s.j. (1621-1678), *Cursus seu mundus mathematicus*, 3 vols. (Lugduni, 1674), com uma reedição em 4 vols. por Amati Varcin, em 1690.

[9]C. Wolff, *Elementa Matheseos Universae, Editio Nova priori multo autior et correctior*, 5 vols. (Génova 1743-52).

[10]Johann Friedrich Weidler (1691-1755), *Institutiones Matheseos selectis observationibus Illustratae in usum Praelectionum Academicarum* (Wittenberg, 1736).

[11]Antoine Thomas s.j. (1644-1709), *Synopsis mathematica complectens varis tractatus quos hujus scientiæ tyronibus et missionis sinacæ candidatis breviter clare concinnavit* (1685). António Tomás

> *mos*[12]*; e em português Elementos de mathematica, 2 tomos pelo P. Inácio Monteiro*[13]*»* [ACL Ms. Azul 371, fls.13-13r].

O facto de só referir estes pode levar a pensar que talvez já não tivesse acesso a uma boa biblioteca de modo a poder citar, eventualmente, outros com mais propriedade. Por exemplo, no seu *Sistema Físico-Matemático dos Cometas* [Monteiro da Rocha 2000], que escreve por ocasião da passagem do cometa Halley em 1759 (ver capítulo16), ou seja imediatamente antes da expulsão dos jesuítas, Monteiro da Rocha é exaustivo com as muitas referências bibliográficas que faz, o que nos leva a supor que toda essa bibliografia citada lhe estava inteiramente acessível (tratar-se-ia da rica biblioteca dos jesuítas do Colégio da Baía).

Este assunto das referências bibliográficas é interessante e merece alguma reflexão. É verdade que nos *'prolegómenos'* Monteiro da Rocha é parco em referências, porém nos *'Elementos de Arithmetica'* estas são mais abundantes chegando a referir e citar outros autores e obras, inclusivamente, precisando quando tal se justifica o número das respectivas páginas – alguns dos autores citados são, por exemplo: Tacquet, Lamy, Leibniz, António Pereira, Secchi, Monnier, Mersenne. Já no que diz respeito aos *'Elementos de Algebra'* é curioso o facto de não serem feitas referências bibliográficas algumas; Inácio Monteiro por sua vez lista uma série de *«autores para melhor instrução»* desta matéria: 'Regnault, *Entretiens Mathématiques*[14]; Lamy, *Elemens de Mathématique*[15]; Brixia, *Elementa Matheseos*[16]; Bruenetti (Francisco Xavier), *L'Aritmetica Comum e Speciosa* (1737)[17]; Wolff [não refere a obra]; Reyneaut, *Analyse Démontrée*[18]; L'Hôpital, *Analyse des Infiniment petits* (1696)[19]; Fontenelle, *Eléments de la*

leccionou no Colégio das Artes de Coimbra, entre 1678-1680, e aí terá escrito este livro [Han Qi 2003, p.106].

[12]Noel Regnault, *Entretiens mathématiques sur les nombres, l'algèbre, la géométrie, la trigonométrie rectiligne, l'Optique, la propagation de la lumière, les Télescopes, les Microscopes, les Mirroirs, l'Ombre & la Perspective*, 3 vols. (Paris, 1743).

[13]Inácio Monteiro s.j., *Compendio dos Elementos de Mathematica: necessarios para o estudo das sciencias naturaes, e bellas letras; composto para o uso dos estudantes portuguezes, e para servir de introducção no estudo das mathematicas aos curiosos destas sciencias*, 2 vols. (Coimbra, 1754-56).

[14]Noel Regnault s.j., *Entretiens mathématiques sur les nombres, l'algèbre, la géométrie, la trigonométrie rectiligne, l'Optique, la propagation de la lumière, les Télescopes, les Microscopes, les Mirroirs, l'Ombre & la Perspective*, 3 vols. (Paris, 1743).

[15]Bernard Lamy (1640-1715), *Elemens des mathematiques: ou, Traite de la grandeur en general, qui comprend l'Arithmetique, l'Algebre, l'Analyse, et les principes de toutes les Sciences qui ont la Grandeur pour objet* (Paris, 1680).

[16]Fortunato da Brescia (1701-1754), *Elementa Matheseos ad Mechanicam Philosophiam* (Brescia, 1750).

[17]Francesco Saveria Brunetti (1693-?), *Dell' Aritmetica Comune e Speciosa* (1731).

[18]Charles René Reynaud (1656-1728), *Analyse démontrée, ou la Méthode de résoudre les problèmes de mathématiques*, 2 vols. (Paris, 1708).

[19]Guillaume François Antoine, ou Marquis de l'HospitalL'Hospital (1661-1704), *Analyse des Infiniment Petits pour l'Intelligence des Lignes Courbes* (Paris, 1696).

Géométrie (1727)[20]'. O facto de Monteiro da Rocha citar na aritmética e não citar na álgebra poderá estar relacionado com o período em que efectivamente escreveu esses dois trabalhos.

Como a aprendizagem da matemática está intimamente ligada a uma linguagem muito própria e a símbolos bastante específicos, que fracamente dominados condicionam à partida a sua compreensão senão mesmo impossibilitando-a, a última secção do *'Prolegómenos'* é dedicada ao esclarecimento e à sistematização de alguns termos e conceitos matemáticos – *«Antes de entrar neste estudo é necessário saber a linguagem dos matemáticos»*[21]. Expondo o que se entende por: definição matemática, axioma, proposição, postulado, teorema, problema, lema, corolário, escólio e por os sinais das operações aritméticas: '$-$'; '$+$'; '$\times$'; *«o sinal* $\frac{A}{B}$ *tendo uma quantidade por cima, outra por baixo, significa, que se há-de tomar a superior repartida pela inferior»*; do sinal de igual '$=$'; dos sinais de desigualdade '$<$', '$>$' e do sinal de raiz quadrada, $\sqrt{}$.

Inácio Monteiro no seu *Compêndio dos Elementos de Matemática,* numa introdução também designada de *'Prolegómenos geraes'* e bastante similar à de Monteiro da Rocha, também faz uma *«Explicação dos termos, e notas familiares na Matemática, e do método Geométrico»*, bem como a *«ordem, que deve seguir nestes estudos quem pretende saber Matemática»*[22].

Este tipo de introdução com considerandos sobre a importância e o papel da matemática é herdeira de uma longa tradição de que Cristóvão Clávio, um dos mais importantes autores jesuítas e o principal responsável por lançar as bases do ensino desta disciplina no seio do sistema educativo dos colégios da ordem, foi um importante cultor[23]. No seu *'In Disciplinas mathematicas Prolegomena'*, uma introdução em 7 páginas ao seu comentário aos *Elementos de Euclides*, Clávio debruça-se sobre este tema, destacando em dois breves parágrafos a histórica da matemática – *'Inventores mathematicarum disciplinarum'* e *'Euclidis Atque geometriae commendatio'*[24].

[20] Bernard le Bovier de Fontenelle (1657-1757), *Elements de la Geometrie de l'Infini* (Paris, 1727).

[21] Com especial cuidado, diz, no estudo feito pelos autores modernos que obrigam necessariamente a saber álgebra: *«para entrar no estudo de qualquer tratado, porque todos se encontram semeados de cálculos analíticos. E querer entendê-los sem os pré-requisitos necessários, é o mesmo que quer ler grego, sem entender os caracteres»* [ACL Ms. Azul 371, fl.12r].

[22] Sobre o *Compêndio dos Elementos de Matemática* de Inácio Monteiro veja-se: [Ana Rosendo 1998a] (em especial o capítulo 3, pp.77-161) e [Ana Rosendo 1998b].

[23] Cristóvão Clávio (Christopher Clavius) (1538-1612) foi um dos matemáticos mais influentes da Companhia de Jesus e da própria história da matemática do século XVI e XVII. Da sua obra destacam-se *Euclidis elementorum* (Roma, 1574), *Geometrica practica* (Roma, 1604) e o *Commentarius in sphaeram Johannis de Sacrobosco* (1570), que juntamente com outros foram reunidos postumamente em: *Christophori Clavii e Societate Jesu Opera Mathematica quinque tomis distributa* (Mainz, 1611-1612) – disponível on-line aqui: http://mathematics.library.nd.edu/clavius/.

[24] André Tacquet (1612-1660), um outro importante matemático jesuíta, que viu o seu *Elementa geometriae* (1654) traduzido em várias línguas, inclusive em português por Manuel de Campos, tam-

Este importante debate sobre o papel e o estatuto científico da matemática iniciara-se na antiguidade com Aristóteles, prolongando-se até ao século V com Proclo. No século XIV o debate, que ficou conhecido como *Quaestio de certitudine mathematicarum*, intensifica-se na confrontação da matemática euclidiana com o modelo de ciência aristotélico, com muitos filósofos a considerarem que as abstracções matemáticas não podiam desempenhar um verdadeiro papel no conhecimento do mundo natural [Bernardo Mota 2008]. Mas é nos séculos XVI e XVII que a discussão atinge o ponto mais alto, e finalmente uma solução, ao definir o papel desta disciplina na construção da moderna cultura científica ocidental [Bernardo Mota 2008, pp.300-308]. Ao tornar-se uma das maiores instituições de ensino da história, a Companhia de Jesus teve um papel fundamental na disseminação, institucionalização e solução do debate sobre o estatuto das matemáticas, desempenhando Clávio um importante papel na clarificação desta problemática bem como na sua institucionalização dentro do programa curricular da Companhia [Bernardo Mota 2008, p.134]. Rivka Felday resume bem o papel da obra de Clávio:

> *«After more than fifty years of involvement with teaching the mathematical sciences at the Collegio Romano, Clavius succeed is leaving a remarkable legacy, which secured the tradition of Jesuit science. The institutionalization of a course in mathematics in all Jesuit colleges offering a three-year philosophical course was the basis for creating a tradition. From the very beginning mathematics had acquired a special (though not unproblematic) status, for it was the only course among the different branches of philosophy taught by a specialist. Parallel to his involvement with teaching, Clavius initiated an ambitious editorial program, which started the productions of commentaries, textbooks, and manuals in all branches of the mathematical sciences»* [Rivka Felday 2000, pp.109-110][25].

8.2 *'Elementos de Arithmetica'*

Os *'Elementos de Arithmetica'* são constituídos por 181 fólios (362 páginas), onde se distribuem 592 parágrafos numerados por 10 capítulos, como se segue:

bém faz uma introdução à importância e à história da matemática: '*Prolusão Geométrica encomiastico-histórico-crítica*' [Manuel de Campos 1735].

[25] Sobre o debate acerca do estatuto das matemáticas é fundamental ler-se a tese de doutoramento de Bernardo Mota [Bernardo Mota 2008], muito em especial os capítulos 3.2.1. 'Lugar da matemática nos programas de estudo jesuítas', 'Lugar da reflexão sobre a matemática no currículo jesuíta' (pp.134-139) e 3.2.2. 'Clávio e a defesa da matemática' (pp.139-144), que dizem directamente respeito ao ensino na Companhia de Jesus; bem como toda a segunda parte (pp.155-303) onde é analisado o contexto português nos séculos XVI e XVII.

«Introdução [sem parágrafos numerados];

I – Princípios Fundamentais da Aritmética [§§.1-76];

II – Teórica Geral da razão, e proporção das quantidades [§§.77-257];

III – Logística dos números inteiros [§§.258-301];

IV – Logística dos números quebrados [§§.302-374];

V – Logística da dízima [§§.375-404];

VI – Logística dos números heterogéneos [§§.405-434];

VII – Regras mais frequentes no uso da Aritmética [§§.435-494];

VIII – Génese e análise das potências numéricas e da extracção das suas raízes [§§.495-576];

XI – Teórica, e Pratica dos Logaritmos [§§.577-592].»

A *'Introdução'*, composta por cerca de 6 páginas, apresenta ao leitor de forma breve uma história da aritmética – a *«ciência das contas»* –, que Monteiro da Rocha distingue em aritmética *'inferior'*, e *'superior'*, ou seja aritmética e álgebra. O iniciar do estudo de uma ciência com uma sinopse histórica tornar-se-á, como vimos, uma ferramenta didáctica imposta mais tarde nos Estatutos Pombalinos.

Nos capítulos seguintes a abordagem das matérias é feita segundo o formalismo canónico clássico dos termos axiomas, teoremas, lemas, corolários, etc., que os compêndios de matemática até esta data (primeira metade do século XVIII) geralmente apresentavam, e que D'Alembert, Clairaut e Bezout haviam suprimido por entenderem que tais termos e estrutura não ajudavam à clareza e compreensão das diversas matérias. Será esta, a par de uma ordenação que trata o estudo da *«Teórica Geral da razão, e proporção das quantidades»* antes da teoria completa dos números e das operações aritméticas, a grande diferença entre estes *'elementos'* de Monteiro da Rocha e os *'elementos'* de Bezout. A aritmética de Inácio Monteiro também apresenta muitas semelhanças com a obra de Bezout, porém *«este [Bezout] tem uma terminologia mais actual e completa e trata do caso dos números decimais, além de ser mais pormenorizado»* [Isabel Rosendo 1998a, p.122]; o que se justificará por Inácio Monteiro não ter pretensões de escrever um compêndio completo e exaustivo mas sim um compêndio elementar que tratará de modo sintético os vários temas. Já Monteiro da Rocha pretende ir mais longe tratando com um grau de profundidade maior os vários assuntos, aproximando-se por isso mesmo do grau de tratamento que Bezout faz da aritmética e da álgebra (esta última matéria é abordada de maneira muito sucinta e superficial por Inácio Monteiro).

Das definições preliminares de quantidade, unidade e número, destacaremos a sua definição de número. Monteiro da Rocha não considera os irracionais números; números são quantidades comensuráveis, *«os números todos são comensuráveis, pois tem a mesma parte alíquota da unidade»*[26], os irracionais, *«número que também chamam surdo, ou geométrico, o que não é comensurável com a unidade»,* são considerados quantidades incomensuráveis, mas não números – *«se na geometria há quantidades incomensuráveis, estas não se podem explicar por números».* Mais á frente voltará a este assunto.

De seguida apresenta 24 *«Axiomas Universais»* para os números, sobre os quais *«se levanta a admirável doutrina da Aritmética, e de todas as Artes Matemáticas»*, por exemplo:

> *«I. Toda, e qualquer coisa é igual a si mesma; e as coisas desiguais não podem ser a mesma coisa.* $A = A$, $8 = 8$; *porém se* $B > A$, A *e* B *não são a mesma coisa; [...] IX. As quantidades iguais a uma terceira, ou a outras iguais, também são iguais entre si; v.gr. Se* $A = D$, *e* $B = D$, *também* $A = B$; *Se* $5 + 3 = 8$, *e* $6 + 2 = 8$, *também* $5 + 3 = 6 + 2$; *[...] XXIV. O nada não pode ser medida de quantidade alguma, ou (que vem a dizer o mesmo) o nada repetido muitas vezes não faz quantidade; ex.gr. Se* $A = 0$, $B = 0$, $C = 0$, $A + B + C = 0$, *ou* $3 \times 0 = 0$*»* [ACL Ms. Azul 371, fls.25r-27][27].

Sobre a terminologia da numeração falada, Monteiro da Rocha não usa a designação antiga de *'conto'*, mas sim o milhão (10^6); milhar de milhão $\left(10^9\right)$; bilião (ou milhões de milhões, 10^{12}) e trilião $\left(10^{18}\right)$ (terminologia que Bezout também usará). Inácio Monteiro designa 10^9 por bilião e 10^{12} por trilião, facto que Monteiro da Rocha considera uma *«equivocação»* [ACL Ms. Azul 371, fls.29r].

Em seguida são definidas as 4 operações aritméticas de somar, diminuir, multiplicar e dividir; entrando logo de seguida na *«teoria geral da razão, e proporção das quantidades»*:

> *«Razão de dois números, ou de quaisquer quantidades do mesmo género, é o respeito mútuo de uma para a outra, pelo qual se pode determinar a*

[26] Parte alíquota é a parte contida no todo um número exacto de vezes; e parte aliquanta designa a parte que não divide o todo sem deixar resto.

[27] Inácio Monteiro apresenta apenas 11 [Inácio Monteiro 1754-56, v.1 pp.24-25] (incluídos no conjunto apresentado por Monteiro da Rocha).

> *quantidade de uma, depois de conhecer a quantidade da outra, sem ser necessário usar de uma terceira quantidade.»* [ACL Ms. Azul 371, fl.35][28]

Neste capítulo Monteiro da Rocha precisa o conceito de número racional e irracional (ou surdo),

> *«As razões, cujos expoentes se podem declarar exactamente por um número, chamam-se razões racionais, como a razão geométrica de 4 para 12, porém as razões, cujo expoente não se pode declarar por um número exacto chamam-se razões irracionais, ou surdas; e os termos que tem esta razão chamam-se grandezas incomensuráveis»* [ACL Ms. Azul 371, fl.36r]

Monteiro da Rocha é assim mais geral nas definições do que será Bezout, que apenas escreve: *«a raiz quadrada, que não é quadrado perfeito, chama-se número surdo, irracional, ou incomensurável»* [Elementos de Arithmetica 1773, §.131]. Note-se que só a partir dos trabalhos iniciais de Karl Weierstrass (1815-1897) e depois de Richard Dedekind (1831-1916) e George Cantor (1845-1919), a partir da segunda metade do século XIX, é que se fixou a verdadeira natureza aritmética dos números irracionais.

A razão aritmética é definida como *«o respeito com que um termo excede, ou é excedido do outro»*; e geométrica como, *«o respeito, com que um termo contém, ou é contido no outro»*; o número em que um termo contém o outro (geométrica), ou que excede o outro (aritmética) designa-se em ambos os casos por expoente (no caso da razão geométrica também lhe chama denominador). Segue-se o tratamento dos vários tipos de proporcionalidade ordenada, directa, inversa – *«proporção se chama a igualdade das razões; e os termos, cujas razões são iguais, chamam-se grandezas proporcionais»* [ACL Ms. Azul 371, fl.41] –, e o estudo das propriedades das proporções aritméticas e das geométricas e das regras de três (que serão estudadas e aprofundadas mais à frente noutro capítulo). Segue-se um primeiro estudo das progressões dizendo que deixa, *«outras insignes propriedades das progressões geométricas finitas, e infinitas, [bem como das aritméticas] as quais se explicarão melhor nos Elementos de Álgebra»* [ACL Ms. Azul 371, fl.66r].

As operações aritméticas são retomadas na *«logística dos números inteiros»* (III), estudando com bastante profundidade as suas regras. No capítulo da multiplicação o leitor é introduzido no uso da *'tábua de Pitágoras'*, ou seja a tabuada do 1 aos

[28] Os Comissários da ACL realçam este facto de Monteiro da Rocha após definir as 4 operações aritméticas entrar logo na *'teoria geral das razões e proporções'* e só depois tratar da *'logística dos Números'*, ou seja das regras e das operações que se podem fazer com os vários tipos de números (inteiros, fraccionários, e potências) [ACL Processo Académico de José Monteiro da Rocha, p.5].

9 (à semelhança do que faz Bezout). O algoritmo da divisão é também semelhante ao que Bezout apresenta, ou seja o mesmo que hoje ainda usamos. Em seguida são estudados os *'quebrados'*, que hoje designamos por números fraccionários, com um grau de profundidade que rivaliza com o de Bezout. Monteiro da Rocha também estuda as dízimas, ou fracções decimais, *«as que têm por denominador algum dos números 10, 100, 1000, etc., isto é, algum dos termos da progressão décupla que principia na unidade»*, mas em capítulo separado (Inácio Monteiro não as estuda e Bezout estuda-as aquando dos números inteiros). São ainda estudados os números *heterogéneos* (que Bezout designa por *complexos*): *«os que contêm unidades diversas»*; distinguindo-os em números *'heterogéneos incomunicáveis'* – *«são os que constam de unidades tão diversas, que uma não entra como parte na outra [4 rios e 5 cidades]»* –, e em números *'heterogéneos comunicáveis'* – *«são os que constam de unidades diversas, mas de tal sorte, que uma entra como parte na outra [6 metros e 70 centímetros, ou* 6 d 7 h 40 min*]»*.

Na secção VII intitulada: *'Regras mais frequentes no uso da Aritmética'*, são estudadas as regras relativas às proporções: a regra de três directa e a simples (regra áurea); a regra de três inversa e simples; a regra de três composta; a regra de juro, que é desenvolvida e aplicada a várias situações de empréstimos; a regra de companhia ou de sociedade; a regra de liga ou de mistura, *«que ensina a achar a proporção que há entre duas, ou mais espécies diversas, e uma espécie média, que delas se compõe debaixo de uma razão dada»*; e por fim é estudada a regra de falsa posição – *«a que ensina a buscar um número, ou uma quantidade desconhecida servindo-se de outro número ou quantidade arbitrária, que tem certa analogia com o verdadeiro número que procuramos»*.

As potências dos números e a extracção das raízes quadrada e cúbica são estudadas na secção que antecede o estudo dos logaritmos, a última matéria a ser tratada nestes *'Elementos de Arithmetica'*.

No que diz respeito aos logaritmos a definição que dá é a mesma apresentada por Bezout: *«logaritmos são uns números artificiias em progressão aritmética, que correspondem a outros números em progressão geométrica»* [ACL Ms. Azul 371, fl.170], usa porém a notação de log, em vez do termo *'logarithme'* como faz o autor francês.

Depois de estudar as propriedades e o uso dos logaritmos no abreviar do esforço de cálculo da multiplicação e divisão dos números ordinários e também nas extracções das raízes quadradas e cúbicas, ou *«de qualquer potência numérica, pelos logaritmos»*, Monteiro da Rocha explica a construção das tabelas de logaritmos que John Nepair (Neper) (1550-1617) publicou, em 1614, no *Mirifici Logarithmorum canonis descriptio*

(EdimBürg, 1614) (*'Descrição da maravilhosa regra dos logaritmos'*)[29]. Esta secção termina com o estudo das tabelas de logaritmos e o modo de calcular os logaritmos de números que não estejam tabelados, ou de números cujos logaritmos não se encontram explicitados nas tabelas. São ainda estudadas as regras de três usando logaritmos, e o complemento logarítmico.

8.3 *'Elementos de Algebra'*

Os *'Elementos de Algebra'* são constituídos por 217 fólios (434 páginas), onde em 9 capítulos se distribuem 550 parágrafos numerados:

«Introdução [7 páginas];

I – Princípios fundamentais da Logística Literal [§§.1-23];

II – Logística das quantidades de um só termo [§§.24-74];

III – Logística das quantidades literais de muitos termos [§§.75-99];

IV – Das potências literais das quantidades de muitos termos [§§.100-144];

V – Teoria das equações [§§.145-307];

VI – Resolução das equações [§§.308-379];

VII – Aplicação da Álgebra aos problemas de Aritmética [§§.380-503];

VIII – Aplicação da Álgebra aos problemas de Geometria e Trigonometria [§§.504-550]».

A breve *'Introdução'* começa com a definição de álgebra,

> *«Álgebra, ou Arte Analítica é uma Aritmética Universal, que serve de meio para resolver os Problemas mais recônditos em todas as partes da matemática. É tão importante, tão sublime, tão amplo este novo artifício de calcular, que é o mesmo dizer Álgebra, que dizer as últimas [balizas] da sabedoria dos homens. Pela análise se tem descoberto em um século*

[29] Dois anos depois Edward Wright publicaria uma tradução para inglês – *A description of the admirable table of Logarithmes: with a declaration of the most plentiful, easy, and speedy use thereof in both kindes of trigonometrie, as also in all mathematicall calculations* (London, 1616).

mais conhecimentos, do que em 30 séculos alcançou a douta, e infatigável antiguidade.»[30] [ACL Ms. Azul 397, fl.1]

Referindo Monteiro da Rocha de seguida os matemáticos e os marcos mais importantes da história da álgebra, disciplina que tem por objecto o estudo da *«quantidade, números, linhas, superfícies, corpos, tempo, forças, movimentos, resistências, acções, momentos, velocidades, e todas as coisas do universo»* e que divide em *«Análise dos Finitos, e Infinitos»*:

> *«A primeira conhece as quantidades ignoradas por meio de outras quantidades finitas; a segunda aplica o cálculo sobre quantidades infinitamente pequenas, que desvanecem em comparação da quantidade, que se busca; e contudo pela relação destas partículas infinitésimas se vem a decifrar a mesma quantidade desconhecida».*

No capítulo I são definidas as grandezas algébricas – *«qualquer quantidade que se exprime pelas letras do alfabeto a, b, c, etc.; donde as mesmas letras se chamam grandezas literais, ou Algébricas».* Merece destaque como as quantidades negativas são apresentadas: *«são as que se notam com o sinal −, e significam o defeito de uma verdadeira quantidade [as positivas são as que se escreve, com o sinal +; e significam uma verdadeira quantidade]»*, conceito que precisa de imediato:

> *«A quantidade positiva considera-se sempre maior, que o nada; e a negativa ainda menor, que nada; ex.* $+a > 0$, $-a < 0$ *[...]. Logo as quantidades positivas, e negativas mutuamente se destroem, ex.* $-a + a = 0$ *[...]. Como as quantidades negativas são um defeito das verdadeiras, pode este defeito ser maior ou menor; e por conseguinte pode uma quantidade negativa tomada um certo número de vezes ser igual a outra; porém nunca a quantidade negativa por mais vezes que se tome pode fazer fazer-se positiva. Donde se segue que as quantidades negativas são homogéneas entre si, porém heterogéneas a respeito das positivas. Assim* $-2a$ *é duplo de* $-a$*; porém* $-2a$ *não tem razão alguma com* $+a$*»* [ACL Ms. Azul 397, fls.5r-6].

O problema de saber se as quantidades negativas deviam ser consideradas menores que zero e tanto menores quanto maior o seu valor absoluto não era, ainda, no século

[30] Uma definição muito semelhante à de Bézout: *«instrumento de Análise, ou Ciência, que tem por objecto ensinar os meios de deduzir as regras gerais, a resolução de todas as questões, que se podem propor acerca das quantidades. [...] Em Álgebra tudo é representação [...], é pois a Álgebra a arte de representar por símbolos gerais todas as ideias que se podem formar relativamente às quantidades»* [Elementos de Analisi 1775, v.1 pp.2-3].

XVIII uma questão simples e tal originava por vezes alguns paradoxos algébricos[31]. Porém, como se lê Monteiro da Rocha considerava-as quantidades menores que zero[32].

No capítulo seguinte – *«Logística das quantidades de um só termo»* –, são introduzidas as regras algébricas da soma, subtracção, multiplicação, divisão e potenciação do que hoje se chama monómios; sendo também estudadas as expressões algébricas fraccionárias e as expressões com radicais. Em seguida são estudados os polinómios – *«Logística das quantidades literais de muitos termos»*. O algoritmo da divisão de polinómios – *«dividir uma quantidade algébrica de muitos termos por outra de muitos termos»* –, era aconselhado que se praticasse muitas vezes para que se ganhasse a *«habituação que se precisa para este género de cálculos»* [ACL Ms. Azul 397, fl.28][33].

O problema da convergência é abordado aquando da divisão de *«qualquer quantidade literal por um binómio* $\left[\frac{a}{(x+b)}\right]$*»* [ACL Ms. Azul 397, fl.30], que por aplicação sucessiva do algoritmo da divisão se obtém a série: $\frac{a}{(x+b)} = \frac{a}{x} - \frac{ba}{x^2} + \frac{b^2a}{x^3} - \frac{b^3a}{x^4} + \frac{b^4a}{x^5} - \frac{b^5a}{x^6} + \ldots$; e que particularizando para $a = b = 1$ origina a série: $\frac{a}{(x+b)} = \frac{1}{x+1} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x^2} + \frac{1}{x^3} - \frac{1}{x^4} + \frac{1}{x^5} - \frac{1}{x^6} + \ldots$ (são também estudadas as expressões que resultam de: $\frac{a}{x-b}$, $\frac{-a}{x+b}$, $\frac{-a}{x-b}$). Sobre a convergência desta expressão escreve Monteiro da Rocha:

> *«Também se conhece, que as referidas séries podem ser convergentes, chegando-se cada vez mais para o verdadeiro valor; divergentes, apartando-se cada vez mais dele; ou paralelas, procedendo sempre em igual distância»*, reflectindo que a *«será a série convergente todas as vezes, que o primeiro termo do divisor for maior que o segundo; e tanto mais convergente, quanto ele for maior [...]. Pelo contrário a série será divergente quando o primeiro termo do divisor for menor que o segundo; e tanto mais divergente quanto ele for menor»* [ACL Ms. Azul 397, fl.32].

[31] Em Portugal, um deles está na origem de uma polémica que envolveria Anastácio da Cunha e Garção Stockler a propósito de uma demonstração de um discípulo do primeiro, Anastácio Joaquim Rodrigues, que *«provou-lhes [aos seus condiscípulos] que toda a quantidade negativa era imaginária ou impossível»* [A. Teixeira, 1888-90, p.120] – esta questão cruza-se com a famosa polémica travada entre Anastácio e Monteiro da Rocha [Caramalho Domingues 2007]. Sobre a noção, no século XVIII, de quantidades negativas vejam-se: [D. Beckers 2000] e [G. Schubring 2005] (principalmente o capítulo 2 para uma abordagem mais ampla, ao longo da história da matemática, do conceito de número negativo).

[32] Já Bézout, por sua vez, não é completamente esclarecedor: *«as quantidades precedidas do sinal + chamam-se positivas e as que têm antes de si o sinal − chamam-se negativas [...] Tem pois as quantidades negativas uma existência tão real como as positivas; a única diferença, que há entre elas, é a tomarem-se no cálculo em sentido contrário»*, e dá um exemplo: *«achar o número que adicionado a 15 dê 10. quer isto dizer que não há nenhum nº que adicionado dê 10, deve-se sim é retirá-lo»* [Elementos de Analisi 1774, v.1 §.12]. Anastácio da Cunha por sua vez considera quantidade negativa como uma quantidade que está preparada para se subtrair.

[33] O método sugerido é idêntico ao apresentado por Bézout.

Neste tempo as séries de potências eram concebidas como o resultado da expansão de uma expressão algébrica finita sem preocupação de definir o seu intervalo de convergência, sendo as séries infinitas manipuladas algebricamente tal como o eram as séries finitas [G. Ferraro 2002]. Monteiro da Rocha faz questão de assinalar a sua importância na obtenção de resultados numéricos:

> *«As séries convergentes são de grande uso na Arte Analítica, e expressam proximamente o valor da quantidade, que de outra forma se não pode expressar. E ainda que para se ajustarem exactamente, seria necessário continuar infinitamente contudo quando são muito convergentes em 3 ou 4 termos se chegam tanto para o verdadeiro que a diferença se pode reputar por nada.»* [ACL Ms. Azul 397, fl.32r][34].

No capítulo IV – *'Das potências literais das quantidades de muitos termos'* –, a fórmula geral da potência m do binómio $(x+a)$, i.e. $(x+a)^m$, para m inteiro, é obtida por indução [ACL Ms. Azul 397, fl.40]. São também estudadas as extracções das raízes: *«quadrada de qualquer quantidade literal de muitos termos»* [ACL Ms. Azul 397, fls.48r-49r] e *«raiz cúbica de qualquer quantidade literal de muitos termos»* [ACL Ms. Azul 397, fls.49r-50r]; bem como *«aproximar a raiz de uma quantidade algébrica, quando a não tem exacta»*, através do desenvolvimento em série de, $\sqrt{x^2 - b^2} = x - b^2/2x - b^4/8x^3 - b^6/16x^5...$; ou através do desenvolvimento de, $\sqrt[m]{a+x} = (a+x)^{\frac{1}{m}}$ [ACL Ms. Azul 397, fls.49r-52].

O capítulo V é dedicado ao estudo das equações algébricas – *«Equação, ou igualação algébrica é um agregado de termos dividido em dois membros iguais com o sinal = no meio deles»* –, introduzidas para a resolução de problemas,

> *«problema algébrico é uma questão embaraçada; na qual se manda determinar uma ou mais quantidades desconhecidas pelo respeito que tem com outras quantidades dadas, ou conhecidas na realidade, ou por hipótese. [...] Todo o artifício da Álgebra consiste no manejo das equações, em ordem a resolver as questões»* [ACL Ms. Azul 397, fl.55r].

Podendo ser de dois tipos: determinadas, *«a que tem uma só quantidade incógnita [p.ex: $x + 8 = 2$; $x^2+8 = 6x$]»;* e indeterminadas, *«as que contém mais incógnitas do que uma [p.ex: $xy - ax = 16$] [...], donde se segue, que uma equação indeterminada pode ter infinitas soluções»* [ACL Ms. Azul 397, fls48r-49r]. No que diz respeito às raízes das equações estas podem ser reais, ou imaginárias: *«reais são as que na*

[34] Sobre a história e problemática em torno das séries infinitas e da sua convergência, veja-se: [G. Ferraro 2002], [G. Ferraro 2007] e [G. Schubring 2005, pp.466-477].

realidade se podem dar, e verificam a equação sejam elas positivas, ou negativas [...]. Raiz imaginária é uma quantidade fictícia, que na realidade se não pode dar, como $\sqrt{-4}$*, porém aplicada pela imaginação»* [ACL Ms. Azul 397, fls.56-56r].

Embora sejam abordados os aspectos teóricos da resolução de equações, como o método da substituição para a resolução de sistema de equações lineares e a mudança de variável para o abaixamento do grau de uma equação com grau superior a 3, o aprofundamento da resolução das equações – *«resolução é a parte da análise, que ensina a determinar o valor da incógnita na equação final do problema, ou a buscar suas raízes»* [ACL Ms. Azul 397, fl.102r] –, é desenvolvido no capítulo seguinte (VI): *'Resolução de equações'*.

Para a resolução das equações do 2^o grau do tipo: $x^2 + px + q = 0$, é apresentada a fórmula resolvente: $x = -\frac{1}{2}p \pm \sqrt{\left(\frac{1}{4}p^2 - q\right)}$, que serve, como faz questão de notar Monteiro da Rocha, para a resolução de todas as equações de grau superior da forma: $x^{2m} + px^m + q = 0$, que por uma simples mudança de variável ($y = x^m$) se reduz a uma do segundo grau.

São depois estudadas as equações do 3^o grau [ACL Ms. Azul 397, fls.106r-111r], fazendo notar que a regra de Cardano não é uma fórmula geral pois falha no caso de equações com *«três raízes reais entre si desiguais»*, sendo por isso propostos métodos indirectos – *«forçosamente se deve recorre a outros métodos indirectos, que procedem por aproximação»*[35]; segue-se o estudo das equações do 4^o grau [ACL Ms. Azul 397, fls.119-122r].

Para a determinação das raízes de equações de grau superior ao 5^o – *«não tem chegado a indústria do homem a descobrir caminho para as resolver directamente»* –, são propostos métodos indirectos, como o método das falsas posições [ACL Ms. Azul 397, fl.123].

No capítulo VII da aplicação da álgebra aos problemas de aritmética são tratadas inúmeras questões do tipo: *«dada a soma, e a diferença de dois números achar quais*

[35] A primeira fórmula para resolução de equações do 3^o grau do tipo: $x^3+mx = n$, deve-se a Scipione del Ferro que a obteve por volta de 1515. Niccolo Fontana (c.1500-1557), mais conhecido por Tartaglia, obtém em 1535 uma fórmula para resolução desse tipo de equações. Contudo será Girolamo Cardano (1501-1576) que, desenvolvendo as ideias de Tartaglia, proporá uma fórmula resolvente geral para equações do 3^o grau: $x^3 + ax^2 + bx + c = 0$, que procedendo a uma mudança de variável: $y = x + \frac{a}{3}$, as converte em equações do tipo: $y^3 + py + q = 0$, com $p = b - \frac{a^2}{3}x^3$ e $q = c - \frac{a}{3}b + 2\left(\frac{a}{3}\right)^3$, resolvidas com a seguinte fórmula resolvente: $y = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2}}$. Porém quando se verifica $\left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2 < 0$, condição apelidada de *'casus irreducibilis'* [J.P. Tignol 2004, p.19], a fórmula parece falhar pois não fornece a esperada raiz real (veja-se o caso da equação $x^3 = 15x + 4$, que tem raiz real $x = 4$ e a fórmula fornece o estranho valor de $x = \sqrt[3]{2 + \sqrt{-121}} + \sqrt[3]{2 - \sqrt{-121}}$). Esse 'falhanço' explica-se com a aceitação de que as equações do 3^o grau têm também raízes complexas. Ou seja os números complexos aparecem para resolver e explicar o 'falhanço' da fórmula de Cardano. Para mais veja-se [J.P. Tignol 2004], em especial o capítulo 2 (pp.13-20).

eles»; *«dado o produto de dois números, e a razão dos seus quadrados, achar os números»*; *«achar dois números, dada a soma dos seus quadrados, e a diferença dos cubos»*; *«assinar dois números tais, que multiplicando um pelo cubo do outro, e ajuntando ao produto o produto dos quadrados, seja a soma número quadrado»* [ACL Ms. Azul 397, fls.130-164]. São também propostos e resolvidos problemas que envolvem somas aritméticas e geométricas, generalizando-se algumas das suas propriedades [ACL Ms. Azul 397, fls.165r-182r]. Depois de tratados estes problemas mais teóricos, *«gerais, e abstractos que são mais científicos; e servem de muito para a aplicação sobre os problemas particulares»*, Monteiro da Rocha dá 10 exemplos de questões mais práticas *«para servirem de exemplo ao curioso analista»*.

O último capítulo (VIII) é dedicado à aplicação da álgebra aos problemas de geometria e trigonometria [ACL Ms. Azul 397, fls.191r-217] – são 30 os problemas trabalhados, elucidados com as 33 figuras:

> *«O uso da álgebra na geometria é de uma vantagem, que apenas se pode explicar. Porém traz consigo maiores dificuldades, do que na aplicação, que dela se faz nos problemas de aritmética, os quais são pela maior parte mais abstractos, e sugerem mais palpavelmente as equações primitivas, de cujo estabelecimento depende a resolução [...]. Porém os problemas geométricos[36] tem ordinariamente duas resoluções, uma que exprime em números a quantidade desconhecida, e se pratica como nos problemas geométricos; e a outra por construção em que se mostra pela fórmula da resolução, o modo como se pode formar uma figura, determinar a posição de uma linha, etc., segundo as circunstâncias do problema.»* [ACL Ms. Azul 397, fl.192].

[36] *«Problema geométrico é uma questão, em que se manda determinar alguma das três dimensões da quantidade contínua, que pertencem ao objecto da geometria, por meio de algumas outras quantidades conhecidas na realidade, ou por hipótese, v.gr. achar o lado de um triângulo equilátero igual a um círculo dado.»* – definição XXVIII [ACL Ms. Azul 397, fl.191v].

Capítulo 9

Monteiro da Rocha e o problema das quadraturas

Em 1797 é publicado no 1^o volume das *memórias* da ACL um trabalho de José Monteiro da Rocha sobre a regra das quadraturas de Alexis Fontaine (1704-1771), intitulado – *«ADDITAMENTOS Á REGRA DE M. FONTAINE Para resolver por approximação os Problemas que se reduzem ás Quadraturas»* [Monteiro da Rocha 1797b, pp.218-243]. Este trabalho embora só publicado em 1797 foi escrito, provavelmente, em finais de 1785, ou inícios de 1786[1] e é a resposta matemática aos comentários críticos e negativos de Anastácio da Cunha a um trabalho de Manuel Joaquim Coelho da Costa Vasconcelos e Maia sobre o tema das quadraturas de Fontaine posto a concurso pela ACL em 1782 e premiado pela mesma em 1785. A crítica de Anastácio da Cunha estende-se também a José Monteiro da Rocha, que havia sido membro do júri no concurso, e está na base da famosa polémica, ou *'querela'* como o próprio Monteiro da Rocha se lhe refere, travada entre este e Anastácio da Cunha. Embora centrada no problema das quadraturas a polémica vai muito para além desta questão estendendo-se a outras matérias científicas, com trocas de acusações de parte a parte de carácter mais pessoal (algumas já as registámos e analisámos anteriormente).

Desde a sua criação em 1779 a ACL estabeleceu, a exemplo do que se passava em outras academias científicas europeias, concursos anuais de trabalhos científicos, tendo a Classe de Cálculo proposto em 1782 para o ano de 1785 o tema:

> *«Demonstrar a regra de aproximação, que Mr. Fontaine ensina nas suas memórias, para integrar $\int ydx$, sendo y função de x; e determinar os casos*

[1] Este 1^o volume das *Memórias da Academia Real das Sciencias de Lisboa* (1797) compreende a publicação de trabalhos realizados entre 1780 e 1788, conforme se pode ler em subtítulo no respectivo volume.

em que a dita aproximação é mais convergente» [Gazeta de Lisboa 1782, 2ºSup. n.XLVI][2].

Em 13 de Maio de 1785 a ACL coroava o trabalho de Coelho da Maia (posteriormente também publicado neste mesmo tomo I (1797) das *memórias* da ACL, com o título – *«Solução do problema proposto pela Academia Real das Sciencias de Lisboa sobre o methodo de approximação de M. Fontaine por Manoel Joaquim Coelho da Maia»* [Coelho da Maia 1797][3].

9.1 A *'polémica'* entre Monteiro da Rocha e Anastácio da Cunha

A polémica estala com um parecer de José Anastácio da Cunha escrito a pedido de Custódio Gomes VilasBoas[4], datado de 9 de Maio de 1785, sobre o trabalho vencedor de Coelho da Maia e que se adensa excessivamente com uma outra carta, datada de 3 de Junho de 1785 (mas enviada certamente em data posterior a 9 de Julho de 1785), que Anastácio escreve ao seu amigo e antigo discípulo João Manuel de Abreu (1757-1815)[5],

[2] *«A Academia das Ciências propõe para objecto das Memórias, que hão de ser coroadas na Assembleia pública de Julho do ano 1785, os Assuntos seguintes [...]»*, noticiava a Gazeta de Lisboa, em 16 de Novembro de 1782, os temas a concurso deliberados na sessão académica de 27 de Outubro.

[3] *«A Memória, que a Academia julgou digna do prémio proposto para o presente ano, tem por assunto: A demonstração da regra d'aproximação de Mr. Fontaine para a integração aproximada da fórmula $\int ydx$ ela conclui com a divisa "Magnum iter ascendo, sed dat mihi gloria vires"»* [Gazeta de Lisboa 1785, 2º Sup. n.XX].

[4] É o próprio Anastácio da Cunha que o afirma em carta datada de 3 de Junho de 1785: *«Pede-me Custódio Gomes (e se mal me não lembro, da parte da mesma Academia), o meu parecer sobre tal dissertação; e não lhe ei de dizer o que entendo?»* [A. Teixeira 1890-92, pp.129-130]. Custódio Gomes Vilas-Boas era professor de Astronomia e Navegação na Academia da Marinha e havia obtido o grau de Bacharel Formado na Faculdade de Matemática em 13 de Julho de 1782. Foi eleito sócio da ACL em 31 de Agosto de 1785 (ano em que rebenta a 'polémica'), onde foi mais tarde um dos principais responsáveis pelas *Efemérides Náuticas*, que a ACL passa a publicar a partir do ano de 1789 (ver nosso capítulo 13).

[5] João Manuel de Abreu havia sido companheiro de Anastácio da Cunha no Regimento de Artilharia aquartelado em Valença do Minho e foi um dos acusados pela Inquisição no processo (1778) que envolveu vários oficiais deste regimento, e no qual também se vê envolvido Anastácio da Cunha. Sentenciados no referido processo ambos cumpriram o mesmo Auto de Fé realizado em Lisboa em 11 de Outubro de 1778 [J. Ferro 1987]. João Manuel de Abreu foi ainda condenado a cumprir uma pena de reclusão na Congregação da Missão, em Rilhafoles. Depois de cumprida a pena *«terá sido professor dos alunos da Casa Pia e, simultaneamente, discípulo do próprio Anastácio da Cunha, que o terá preparado para o seu ingresso na Universidade de Coimbra»* [Fernanda Estrada 2006, p.111], onde se matriculou no curso de matemática (1784-85). No ano lectivo de 1785-86, ano da 'polémica', frequentava o 3º ano e foram seus avaliadores nos exames finais desse ano (realizados em 17 de Junho de 1786) Vitúrio Lopes da Rocha, José Monteiro da Rocha, Manuel José Pereira da Silva e Manuel Joaquim Coelho da Costa e Maia. Acabaria o curso, prestando provas para Bacharel Formado, no dia 22 de Junho de 1787 (os examinadores foram: Manuel José Pereira da Silva, Manuel Joaquim Coelho da Costa Maia, José Joaquim de Faria, sendo presidente do júri Monteiro da Rocha). Viria mais tarde a ser professor da Academia Real da Marinha e do Colégio dos Nobres.

carta esta que a certa altura se torna do domínio público. A estes escritos de Anastácio segue-se, meses mais tarde, a resposta científica de Monteiro da Rocha, acompanhada de uma carta aberta – *«Parte de uma carta do dr. José Monteiro da Rocha, em data de 6 de Fevereiro de 1786; na qual se contém algumas observações sobre a Regra das quadraturas approximadas de Mr. Fontaine [6 de Fevereiro de 1786]»*, replicando a esta última José Anastácio com *«Factos contra calunias. Resposta de José Anastácio da Cunha alguns lugares de um libelo intitulado: Parte de uma carta do Dr. José Monteiro da Rocha, etc., etc. [dia e mês incerto de 1786]»*[6].

Na sua carta de 3 de Junho de 1785 Anastácio da Cunha lamenta-se do estado em que se encontra o ensino da matemática, principalmente o ministrado na Universidade de Coimbra, e dá como exemplo o trabalho de Coelho da Maia que a ACL premiara e que estava, segundo as suas palavras, repleto de *«erros crassíssimos»* (esta carta vai no sentido do que já havia escrito na sua *'Demonstração do Tetragonismo Universal de Mr. Fontaine'* (9-5-1785), mais à frente dedicaremos uma atenção mais particular a este trabalho) e não merecia o crédito científico atestado por Monteiro da Rocha enquanto membro do júri, pois não avançava nada de novo sobre as quadraturas, deixando no ar a ideia de um certo favoritismo:

> *«vendo a dissertação que ultimamente a Academia Real coroou, e que deve considerar-se como obra prima, Le chef d'ouvre, de matemática em Portugal, porque o autor conforme a opinião geral é o maior matemático, que as nossas escolas de Matemática nos tem dado; e o padre Monteiro, que em tudo aprova a dissertação, e lhe faz os maiores (e mais erróneos) elogios, é o maior dos fundadores das mesmas escolas. Os erros crassíssimos do autor da dissertação; as provas palpáveis, que nela, e na informação do padre Monteiro, de que nem um nem outro entende o assunto, apesar de ser, por muito fácil, só próprio para um professor de matemática o propor aos seus estudantes, e não uma academia de ciências aos geómetras da Europa; a arrogância pedantesca e verdadeira dulness da dissertação de um, e da carta do outro; acabam de demonstrar-me o que se pode esperar das nossas presentes escolas de Matemática [3-6-1785]»*[7].

[6] Deve-se a António José Teixeira a divulgação pela primeira vez desta polémica, com a publicação destas 3 cartas [A. Teixeira 1890-92]. Desde logo a leitura destas cartas revelou a existência de vária outra documentação que, entretanto, tem vindo a ser descoberta (em 2005 no Arquivo Distrital de Braga e em 2009 na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro) e publicada e que tem permitido esclarecer um quebra-cabeças que desde o trabalho pioneiro de António J. Teixeira se tem mostrado interessantíssimo. A *'Parte de uma carta'* acompanhava a memória *'Aditamentos à regra de M. Fontaine'* enviada por Monteiro da Rocha ao Secretário da ACL para publicação e encontra-se em [ACL Ms Azul 352 (12), fls.108-119]. Em Anexo apresentamos uma cronologia desta *'polémica'*.

[7] A carta a que se refere Anastácio poderá ser esta que Monteiro da Rocha dirigiu ao Secretário

Temos hoje conhecimento de um documento que nos revela um elemento surpreendente (!), e que, ao que nos parece, não foi do conhecimento de Anastácio da Cunha. Esta presunção infere-se do facto deste não se lhe referir em qualquer das suas cartas e também de não ser mencionado nos documentos da época relacionados directamente com a polémica (que até à data conhecemos). Numa carta para o Secretário da ACL, datada de Julho de 1783 (2 anos de antes do término do concurso), Coelho da Maia revela-se como concorrente, dando a conhecer à academia a divisa identificativa do seu trabalho que se queria anónimo[8]:

> *«Dou parte a V. Ex^a de ter resolvido o Problema proposto pela Academia Real das Ciências sobre a demonstração do método de aproximação, que M. Fontaine propõe na pag. 370 das suas Memórias para os Integrais da forma $\int ydx$. Como porém não está completo o tempo prescrito a esta solução, por isso a não mando, e só vai a equação inclusa, que é essencial ao método de que me servi nesta indagação; para constar a todo o tempo quanto me antecipei dos mais concorrentes. Desejo a V. Ex^a todas as prosperidades, pois sou de V. Ex^a o mais humilde e atento criado // Magnum iter ascendo, sed dat mihi gloria vires. // Prop. 4.11 // [escreve as equações]»* [Cristóvão Aires 1927, p.215-216]

Podendo, é certo, colher justificação o de querer marcar posição de prioridade, não deixa de ser estranho o facto de Coelho da Maia se identificar como autor competidor de um concurso que decorria e que acabará por vencer; o que pode levantar hoje algumas dúvidas acerca do possível favoritismo por parte da ACL, certamente à época, se conhecidas por Anastácio da Cunha, seriam certezas (Coelho da Maia havia sido eleito sócio supranumerário da Academia logo em finais do verão de 1780 e Lente

da ACL, datada de 2 de Maio de 1785, onde este dá o seu parecer de júri sobre o trabalho de Coelho da Maia: *«A memória que conclui com a divisa – "Magnum itr ascendo, sed mihi gloria vires-- e que tem concorrido ao prémio da Academia, proposto para a demonstração da regra que deu Mr. Fontaine para a integração aproximada da fórmula $\int ydx$, parece-me estar nos termos de o merece. Aquela integração é uma série de tanto maior número de termos, e tanto mais aproximada, quanto é maior o número arbitrário de (n): e por conseguinte era bem claro, que a demonstração dela se havia de achar nas séries gerais que representam o valor de $\int ydx$. Isto é o que faz o autor da memória, mostrando nela conhecimento não vulgar das ditas séries, e das suas aplicações.»* [A. Teixeira 1890-92, p.351]. Porém esta carta não é tão elogiosa como Anastácio da Cunha acusa.

[8] A avaliação dos trabalhos submetidos a concurso era cega, isto é o júri não tinha conhecimento dos autores dos trabalhos, que concorriam incógnitos, escolhendo uma frase, ou divisa, que serviria para os identificar caso saíssem vencedores: *«Que os nomes dos Autores venham em carta fechada, a qual traga a mesma divisa que a Memória, para se abrir somente no caso em que a Memória seja premiada»* [HMACL 1815, v.4 part.1 p.xxviii], os trabalhos não premiados eram queimados sem se revelar o seu autor: *«Todos os mais Bilhetes fechados assim como tinham sido recebidos, foram logo queimados publicamente na mesma Assembleia, conforme a promessa, e costume da Academia»*, assim se lê numa notícia acerca de um outro concurso promovido pela ACL.

Substituto da Faculdade de Matemática em 4 de Julho de 1783)[9]. Porém convém notar que chegou a acontecer por vezes a ACL receber trabalhos já premiados ou para concursos que ainda decorriam – *«mas também por se terem recebido algumas sobre assuntos pertencentes aos anos seguintes, receia a Academia que os Concorrentes tenham tido equivocação acerca deles, lhe faz saber, que as suas Memórias não foram por este motivo ainda julgadas, e que lhe será livre deixá-las na Secretaria da Academia, ou recebê-las para as tornarem a remeter no tempo competente.»* Infelizmente não sabemos quantos concorrentes participaram no concurso, ou se foi apenas Manuel Coelho da Maia o único concorrente.

O tema dos concursos da ACL é para Anastácio da Cunha causa de grande agastamento, pois afirma que Academia lhe havia solicitado algumas propostas de temas, que depois preteriu em favor de outras sugestões de Monteiro da Rocha:

> *«Pedem-me da Academia Real das Ciências, haverá cinco anos [1780], alguns assuntos para propor, não aos geómetras da Europa, com dois anos de tempo, porém só para matemáticos portugueses, e só com dois meses de tempo. Dei quatro assuntos entre os quais pudesse a Academia escolher dois, um que não fosse indigno de ocupar os nossos mestres de então; outro, que fosse acomodado às circunstâncias dos estudantes, que eu tinha ajudado a doutorar, sub conditione, um ano antes [...]. A sábia Academia não propôs então nenhum dos meus assuntos, propôs um que remeteu o Padre Monteiro, dificultoso sobremaneira, para não dizer impossível, e que tem mais de cem anos [carta de 3-6-1785]»* [A. Teixeira 1890-92, p.129].

O problema a que se refere, e que Monteiro da Rocha havia proposto (em 4-6-1780) para tema do concurso do ano 1782, está relacionado com movimento de projécteis: *«Determinar exacta ou proximamente o movimento dos corpos projecteis por um meio resistente, de forma que possam reduzir-se regras fáceis para a pratica da balística»* [Gazeta de Lisboa 1780, 2º Sup. n.27]. Problema que Anastácio da Cunha considerava dificultoso, mas que, como Monteiro da Rocha faz notar, a Academia de Berlim propunha, nesse mesmo ano, a concurso em tema idêntico[10]: *«Déterminer la*

[9] Leia-se o que a Gazeta de Lisboa escreve noticiando a Sessão de 13 de Maio de 1785, onde se *'revelou'* o autor premiado: *«Fez-se uma sucinta leitura da Memória coroada; e aberta a Carta, que a acompanhava, se achou ser o seu Autor o Doutor Manuel Joaquim Coelho da Costa Maia, Lente substituto de Matemática na Universidade de Coimbra. A sessão se concluiu pela leitura de algumas outras Memórias igualmente eruditas, e úteis para os progressos da Agricultura, e Geografia.»* [Gazeta de Lisboa 1785, n.20].

[10] *«Que a Academia propôs um Problema, que eu lhe remeti (é o movimento dos projecteis nos meios resistentes), dificultoso de sobremaneira, para não dizer impossível, e que tem mais de cem anos; [...] foi pelo mesmo tempo, pouco antes, ou pouco depois, proposto também pela Academia de*

courbe décrite par les boulets & les bombes, en ayant égard à la résistance de l'air; & donner des règles pour connaitre les portées qui répondent à différentes vitesses initiales & à différens angles de projection [exigindo ainda a Academia] que ces règles soient par expériences, & faciles à réduire en Tables. Elle demande en même temps un essaie de ces Tables. Le terme pour les recevoir est fixé jusqu'au 1 de Janvier 1782; aprés quoi on n'en recevra absolutment aucune, quelque raison de retardement qui puisse être alléguée en sa faveur.» [NMASB 1782, p.15]». O vencedor do concurso de Berlim seria Adrien Marie Legendre (1752-1833), com um trabalho intitulado *«Dissertation sur la question de balistique proposée par l'Academie royale des sciences et belles-lettres de Prusse pour le prix de 1782, qui lui a été adjugé dans l'assemblée publique du 6 juin»*.

No que diz respeito ao concurso da Academia das Ciências de Lisboa foi premiado um trabalho de um estrangeiro, Christian Gottlieb Kratzenstein (1723-1795): *«Premiou a Academia do N.3 [correspondente à divisa: "Tantae molis erat Jactorum condere curvam"], reputando por solução aproximada da Questão um dos métodos, que o Autor indicava, e por conter a Memoria algumas outras coisas engenhosas, e úteis para a teoria, e pratica Balística [...]. Descoberta a folha, onde estava escrito o nome do Autor da Memoria premiada, achou-se ser Christiano Gottlieb Kratzenstein, Professor Régio de Física experimental na Universidade de Copenhaga, e sócio da Academia Real das Sciências da mesma Cidade e da Estocolmo, PetersBürgo. Etc.»* [Gazeta de Lisboa 1782, 2ºSup. n.33][11].

Sabe-se, hoje, que foi o oratoriano Teodoro de Almeida (sócio da ACL) quem solicitou a Anastácio da Cunha uma lista de possíveis problemas para a mesms lançar a concurso[12]. Porém não o terá feito certamente a título oficial, pois à data (3 de Março de 1780) Anastácio da Cunha ainda cumpria pena (que lhe seria perdoada a 23 de Janeiro de 1781) no Palácio das Necessidades, junto dos Oratorianos. Parece por isso mesmo pouco aceitável que oficialmente a ACL lhe tivesse pedido qualquer opinião, ou lista que fosse sobre qualquer assunto de prémio ou outro. Anastácio não era nem nunca poderia ter sido, devido ao processo inquisitorial de que foi alvo, elegível

Berlim, se bem me lembro de o haver lido em uma folha volante, que não acho agora. E sem embargo da dificuldade, e impossibilidade, que lhe acha José Anastácio, eu mesmo, um dos mestres na opinião dele tão atrasados, posso se quiser produzir uma nova solução, muito fácil de se reduzir à prática, a qual já teria publicado se o uso fosse tão inocente como o das Quadraturas [carta de 6-11-1786]» [A. Teixeira 1890-92, p.519].

[11] Também este trabalho premiado foi alvo de crítica de Anastácio da Cunha conforme carta recentemente descoberta no Arquivo Distrital de Braga [ADB Fundo Barca-Oliveira Ms.885], endereçada a um amigo (desconhecido) [Luis Saraiva 2006].

[12] Foi descoberto no fundo Barca-Oliveira, do Arquivo Distrital de Braga, uma cópia de um manuscrito que se atribui a José Anastácio da Cunha, intitulado *«Necessidades March 3. 1780»*, onde são fornecidos, *«[...] to Father Almeida on his desiring of me a problem of mathematicks for his Academy to propose to all learned World»*. Para mais detalhes sobre a descoberta deste documento e sobre a sua importância no contexto da 'polémica' veja-se respectivamente: [Abel Rodrigues 2006] e [Fernanda Estrada 2006b].

para sócio da ACL. Conhecem-se sim várias cartas trocadas entre sócios da ACL sobre assunto de concursos e prémios (veja-se [Cristóvão Aires 1927]), tendo Monteiro da Rocha sido consultado desde logo[13]. Recordemos que o Palácio das Necessidades onde viviam os Oratorianos foi também o local onde se instalou a Academia das Ciências e a amizade que certamente se estabeleceu entre os dois homens terá levado Teodoro de Almeida a consultar oficiosamente Anastácio da Cunha sobre a questão dos concursos, e eventualmente também sobre outros assuntos da própria Academia.

O problema da regra de Fontaine é o primeiro problema que consta da lista de Anastácio fornecida a Teodoro de Almeida – *'Necessidades March 3. 1780'* [Fernanda Estrada 2006b] –, mas não foi o que na íntegra foi proposto para o concurso de 1785. Anastácio propõe apenas a primeira parte do programa, o aditamento que se pede para determinar os casos em que a dita aproximação é mais convergente é um acrescento da responsabilidade de Monteiro da Rocha, facto que ofende Anastácio,

> *«Ora veja o que faz o padre Monteiro dos meus assuntos, que a sabia Academia lhe tinha mandado à mostra. Remete-lhe o mais fácil, porém de tal sorte viciado, que quem não souber, que o aditamento é absurdo, sobre a determinação dos casos de convergência, é dele, e não meu, terá razão de me julgar ignorante e mentecapto»* [A. Teixeira 1890-92, p.129]

Como veremos este problema da convergência para um valor numérico é importantíssimo e Anastácio da Cunha não tem razão na crítica que faz.

A ofensa agrava-se quando este toma conhecimento que em Coimbra, na Universidade, a sua *'Demonstração do Tetragonismo Universal de Mr. Fontaine'*, datado de 9 de Maio de 1785, que havia composto a pedido (também a título oficioso) de Custódio Gomes, *«e se mal me não lembro, da parte da mesma Academia»*, era ridicularizado por Coelho da Maia que ganhara o concurso,

> *«Vejo pois que essa gente lhe quer persuadir: 1º que a minha demonstração da quadratura aproximada universal de Mr. Fontaine sim é a mais breve, a mais elegante, etc., etc., mas obra do acaso; 2º que dizer isto o autor de outra demonstração muito longa, muito cansada, muito imperfeita, e até errónea em parte, acompanhada de vários hors d'oeuvre absurdos, e frutos de trabalho de quase dois anos, é rectidão; [...] 5º que as diferenças, que se notam entre a minha demonstração, e a do autor coroado, sim*

[13] *«Não se esqueça de falar ao Sr. P. Monteiro sobre os pontos dos prémios matemáticos porque são muito necessários, e não há tempo a perder»* – carta de Correia da Serra para Vandelli, de 22 Janeiro de 1780; *«Recebi juntamente as questões, que mandou o nosso sócio José Monteiro da Rocha, ao qual V.S. terá a bondade de agradecer muito da parte da Academia [...]»* – carta do Visconde de Barbacena para Vandelli, de 12 de Fevereiro de 1780.

> *provam uma fortuna desigual, mas de igual mérito [carta de 3-6-1785]»* [A. Teixeira 1890-92, p.123][14]

A isto Monteiro replica:

> *«E qual foi o motivo de tão furiosos transportes? O que me aparece, foi que se irritou a sua altiva indocilidade, de que eu me atrevesse a ajuntar duas palavras à questão sobre a regra de Mr. Fontaine, a qual somente agora (e por ele o dizer) me consta ter nascido da sua fecunda lembrança, [...]. Mas o programa foi publicado com aquele Aditamento em Outubro de 1782; e este implacável, e intrépido censor [...] acomodou-se com ele, e somente depois de terem passado quase três anos, quando a colação do prémio pegou fogo ao seu natural invejoso, é que rompeu tão soltamente nos desatinos das suas desordenadas invectivas.»* [A. Teixeira 1890-92, p.513]

Acrescentando quanto à pretensa demonstração de Anastácio, que entretanto também conhece,

> *«A sua demonstração, de que ele tão frivolamente se gloria [...], não é, nem será jamais a demonstração própria da Regra de Mr. Fontaine»* [A. Teixeira 1890-92, p.514].

É precisamente aqui que reside, por assim dizer, o cerne de toda a polémica: Coelho da Maia ganhara o concurso com um trabalho que para Anastácio da Cunha não era mais que medíocre e que Monteiro da Rocha, pelo contrário, avalia positivamente. Coelho da Maia vangloria-se do seu trabalho e *«cheio de vaidade, com desdém»* atribui a demonstração de Anastácio da Cunha a obra do acaso. A questão parece ter tomado algumas dimensões, envolvendo partidários de um e outro lado[15]. Uma das cartas que encontrámos no Brasil (e que transcrevemos em anexo) também dá a entender que as

[14] *«A Academia propôs com prémio a demonstração desse tetragonismo aproximado de M. Fontaine. [...] levando Maia o prémio, e falando-se muito na Universidade a esse respeito: um discípulo de José Anastácio lhe escreveu sobre isso. Este mandou-lhe essa demonstração, que é a que está assinada por ele. Maia falou, cheio de vaidade, com desdém, e atribuindo ao acaso; e disse o mais que lhe pareceu, mas de sorte, que avisado José Anastácio, e picado tanto mais por ter sido Maia seu discípulo escreveu nessa ocasião, e em outras, segundo as questões que houve, o que se contém»* – carta de Caetano de Brito para Frei Manuel do Cenáculo, de 25 de Fevereiro de 1786, citada em [M. Nunes 1988]. José Caetano Jerónimo de Brito era secretário pessoal do Duque de Lafões, presidente da ACL, e primo de Manuel do Cenáculo.

[15] *«Com Stockler substituto de Brunelli, as suas disputas com alguns discípulos de José Anastácio ; ou este os sustem; aquele disfarça, e responde: mas já ouvi dizer, que era fogoso, e que passaria a mais»,* carta de Coelho de Brito para Frei Manuel do Cenáculo, de 8 de Março de 1786, transcrita em [M. Nunes 1988].

coisas atingiram proporções de alguma gravidade, com a intervenção explícita de D. Rodrigo de Sousa Coutinho a tentar acalmar os ânimos[16].

É neste contexto que Monteiro da Rocha escreve os seus *'Aditamentos'*, que acompanhados da *'Parte de uma carta'*, envia com o seguinte escrito para a ACL na pessoa do seu Secretário:

> *«Illm. Exmo. Sr. remeto a V. Exª a Memória inclusa, e um papel sobre os motivos dela, os quais não deixarão de ser já notórios a V. Exª. Deste papel poderão mandar-se algumas Cópias para essa Capital, porque o deixei ver a alguns curiosos. Nele uso de tom mais forte, do que por outra parte desejava. Porque reflectindo, que toda a moderação houvesse da minha parte havia de ser olhada por José Anastácio e seus iludidos sequazes, como um reconhecimento de superioridade que ele pretende sem fundamento algum e por meios tão iníquos; achei que era necessário darlhe tanto de rijo, quanto fosse permitido em um Papel que havia de correr em meu nome; segundo o conselho sábio: «Reponde stulto juxta stultitiam suam, ne sibi sapiens esse videatur». Não posso porém deixar de dizer a V. Exª que me são muito desagradáveis semelhantes contestações, ainda que delas venha a sair com superioridade, que resultará dos dois escritos que remeto. E que o maior desgosto, que tenho tido nesta matéria, é ver, que alguns Membros da Academia deram ocasião a esta cena, e atiçaram o fogo de José Anastácio tanto mais disposto para semelhantes empresas, quanto mais jactancioso e presumido procura iludir o público, e ganhar reputações de Grande Homem. A emulação virtuosa, e as contestações literárias, tratadas com decência, e civilidade, são de grande utilidade para o progresso das Letras; mas injúrias grosseiras, e insolentes, de que se arma José Anastácio, são os maiores impedimentos, que se podem considerar; e se ele pegar esse contágio aos membros da Academia que lhe fazem corte, daqui a dou por perdida.»* [ACL Ms Azul 1944].

A Academia só publicará o trabalho matemático, isto é o *'Aditamento à regra de M. Fontaine para resolver por aproximação problemas que se reduzem às quadraturas'* – a *'Parte de uma carta'* não foi publicada[17].

[16] A essa carta de D. Rodrigo Anastácio responde com: *«Quem sabe se ainda há tempo para a negociação? Suponhamos que há. Mas primeiro ponhamos de parte por um pouco o seu carácter diplomático, porque quero conversar com o meu amigo sobre o caso. [...] Conhece-se facilmente no zelo e acharnement, com que os discípulos, correspondentes e agentes desses Senhores: em toda parte onde não acham quem entenda a [ilegível] da geometria, capitaneados pelo missionário Stockler, forcejam por me abater a mim para exaltar a eles. [...] Ao sublime e «generoso» cartel do Sr. Dr. Maya* não acho outra resposta adequada, senão, que je m'en f****»* [BNRJ Ms. 19-01-026].

[17] No parágrafo introdutório da sua *memória* da ACL Monteiro da Rocha justifica-se e contextualiza

Terminada esta contextualização histórica da *'polémica'* iremos de seguida tentar perceber qual o problema matemático que lhe subjaz, debruçando-nos sobre a questão da integração e dos métodos das quadraturas que ao longo do século XVIII foram propostos, para depois analisar os trabalhos de Coelho da Maia e de José Anastácio da Cunha, antes de, por fim, estudarmos o de José Monteiro da Rocha.

9.2 Uma visão sobre os métodos de integração no século XVIII

> *«Quadrature, s. f. terme de Géométrie; manière de quarrer ou de réduire une figure en un quarré, ou de trouver un carré égal à une figure proposée»* [Encyclopédie 1751-1772, v.13 p.639].

> *«Quadrature (calcul intégral.) Comme le problème des quadratures des courbes géométriques dépend de la connaissance de $\int Xdx$, X étant une fonction algébrique de x, on a appelé méthode des quadratures la méthode de trouver ces intégrales. Ainsi l'ont dit qu'une solution dépend des quadratures, lorsqu'elle dépend de l'intégration de $\int Xdx$: dénomination qui vient, je crois, de ce que les quadratures ont été la première application de cette partie de calcul intégral»* [Encyclopédie Méthodique (mat.) 1784-89, v.2 pp.693-694]

A quadratura de uma qualquer figura, ou seja o cálculo da sua área, só pôde ser abordada de uma maneira genérica com relativo sucesso com a descoberta do cálculo integral nos finais do século XVII.

A questão do cálculo de áreas é antiquíssima e está provavelmente ligada aos problemas das sementeiras dos campos aráveis e à comercialização de terrenos dos povos da antiguidade. Porém terá sido na civilização grega (séc.V a.C.) que questões mais teóricas como a determinação de áreas de figuras geométricas curvilíneas através de régua e compasso se terão fortemente desenvolvido, destacando-se os trabalhos de Hipócrates de Quios (c.470-c.410 a.C.) que conseguiu determinar áreas de figuras formadas por dois arcos convexos, voltados para o mesmo lado, que se interceptam (lúnulas)[18]. Mais

os leitores: *«Este assunto proposto pela Academia em programa de 27 de Outubro de 1782 e excelentemente tratado na dissertação de 13 Maio do ano passado. Não me lembraria jamais, ou ao menos tão cedo, para objecto das minhas indagações, se algumas circunstâncias posteriores não me obrigassem a isso. Foi necessário não tanto por mim, quanto pelo decoro da mesma Academia, aplicar-me também à questão [...]»* [Monteiro da Rocha 1797b, p.218].

[18] Já os egípcios se haviam debruçado sobre estas questões das áreas como mostra o papiro Rhind (c.1650 a.C), que no problema 50 – *'Um campo circular tem 9 jet de diâmetro. Qual é a sua área?'* –, propõe a resolução da quadratura do círculo.

tarde Arquimedes (287-212 a.C.), fazendo uso do método de exaustão de Eudoxus (c.400-c.347 a.C.) – cálculo aproximado de uma área através de uma sequência de polígonos de área conhecida –, conseguiu determinar comprimentos, bem como áreas e volumes de várias figuras geométricas e o cálculo de centros de gravidade[19]. Porém só no século XVII com o desenvolvimento da notação e da simbologia algébrica e com os trabalhos de Kepler (*Nova Stereometria doliorum vinariorum* (1614)), de Bonaventura Cavalieri (c.1598-1647), de Evangelista Torricelli (1608-1647), de Isaac Barrow (1630-1677) e John Wallis (Wallifio) (1616-1703) é que se deu início a uma nova abordagem, com o aparecimento de vários métodos que permitiram determinar com alguma generalidade áreas de curvas algébricas, i.e. o cálculo do integral $\int_0^a x^m dx = \frac{a^{m+1}}{m+1}$ (deve-se a Cavalieri a descoberta do cálculo deste tipo de integrais [F. Medvedev 1991, p.174]). Newton e Leibniz, nos finais do século, abordariam esta questão de um ponto de vista completamente novo, acabando por criar, independentemente um do outro, uma nova área matemática: o cálculo integral e o cálculo diferencial.

Newton fortemente influenciado pelos trabalhos de Barrow (de quem tinha sido aluno) e Wallis começa a desenvolver o seu trabalho na integração de expressões com fracções e radicais, usando primeiramente as séries infinitas, que sabia integrar termo a termo, como ferramenta – as fracções eram reduzidas a séries infinitas pela divisão e os radicais, fazendo uso da sua invenção do desenvolvimento binomial (binómio de Newton, em 1664), em série de potências – *«As séries infinitas têm a vantagem de reduzir à classe das quantidades simples todas as espécies de termos complicados, tais como fracções cujos denominadores são quantidades compostas, as raízes de quantidades compostas ou de equações afectadas, e outras semelhantes»* (Newton, citado em [Paula Pestana 2003, p.18])[20].

Em 1665-1666 Newton trabalha num outro método – o método das fluxões –, que expõe na sua obra *Methodus Fluxiorum et Serierum Infinitarum* (escrito em 1671 mas só publicado em 1736)[21]. Este método está ligado à ideia mecânica de movimento, considerando Newton as quantidades matemáticas como o movimento contínuo de um ponto que descreve uma curva. Cada uma dessas quantidades variáveis (x) é um fluente e a razão com que elas variam ou 'fluem' no tempo, i.e. a velocidade, os fluxões, representados simbolicamente por ($\dot{x}$). O fluxão de uma variável podia tornar-se, por

[19] Os trabalhos sobre as proporções permitiu a Eudoxo estabelecer o método da exaustão, porém foi com Arquimedes que o método atingiu grandes desenvolvimentos e melhorias, sendo por isso mesmo também conhecido por método de Eudoxo-Arquimedes. Sobre a história do cálculo integral, desde a antiguidade clássica até aos tempos mais actuais, a bibliografia é vastíssima compreendendo inúmeros artigos e livros; permitimo-nos destacar 4 boas obras: [C. Boyer 1949]; [C. Edwards 1979]; [J. Grabiner 1981]; e em português [Paula Pestana 2003].

[20] Com a decomposição binomial Newton passou a integrar facilmente integrais do tipo: $\int_0^x \left(1-t^2\right)^{m/2} dt$, para qualquer m inteiro.

[21] Este livro está traduzido em português [Newton 2004].

sua vez, um fluente, sendo representado por $\ddot{x}$ (i.e. a sua segunda derivada em relação ao tempo, para o incremento da variável independente t, Newton usou a letra (o) e chamou (xo) (o diferencial de x) o *'momento'* de x). O problema fundamental era, dada a relação entre fluentes encontrar a relação entre os seus fluxões e vice-versa, ou seja encontrar a distância percorrida dada a velocidade. Para Newton a resolução desta questão é equivalente a encontrar a área sob uma curva[22]. Mais tarde no seu *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687), mais concretamente no *Lema II* a quadratura é exposta nos seguintes termos: *«Se qualquer figura AacE terminada nas rectas Aa, AE, e na curva acE, tiver inscritos um qualquer número de paralelogramos Ab, Bc, Cd, etc., todos com a mesma basa AB, BC, CD, etc. e os lados Bb, Cc, Dd, etc. paralelos ao lado Aa da figura; e se se construírem os paralelogramos aKbl, bLcm, cMdn, etc.; então se a largura destes paralelogramos diminuir e o seu número aumentar até ao infinito: digo que no final a razão entre a figura inscrita AKbLcMdD, a figura circusncrita AalbmcndoE e a figura curvilínea AabcdE será 1»* [Paula Pestana 2003, p.52].

Já Leibniz vai-se inspirar nas sequências das somas e diferenças de sucessões numéricas, que transporta para o plano geométrico, para desenvolver as suas noções fundamentais do cálculo infinitesimal. Nesse contexto a determinação das tangentes às curvas estava relacionada com a razão das diferenças das ordenadas e das abcissas quando consideradas infinitamente pequenas e o problema das quadraturas estava ligado à soma de rectângulos infinitamente pequenos que formavam a área: *«encontrar a tangente consiste em traçar uma recta unindo dois pontos infinitamente próximos da curva, ou seja, traçar o lado de um polígono infinitangular que a meu ver equivale à curva»* (Leibniz citado em [Paula Pestana 2003, p.61])[23]. Para Leibniz o integral $\int ydx$ é a soma de rectângulos de largura infinitesimal dx e de área ydx, respresentando assim $\int ydx$ a quadratura da curva y, função de x [24].

Como se vê os fundamentos do cálculo para Newton e Leibniz assentam em concepções diferentes. Para Leibniz a integração baseia-se numa soma e para Newton numa relação a determinar entre fluentes a partir da conhecida relação entre os seus fluxões. Estas concepções iriam levar a que os consequentes desenvolvimentos do cálculo se processassem a ritmos diferentes. A dificuldade da manipulação da notação newtoniana faria com que a matemática inglesa sofresse uma estagnação consid-

[22] Sobre o trabalho de Newton nos problemas sobre áreas e do uso do 'teorema fundamental do cálculo', que estabelece a relação entre a tangente a uma curva e a sua quadratura, ou seja entre a derivada e o integral, veja-se [Paula Pestana 2003, pp.39-45].

[23] Sobre os conceitos de infinitamente pequeno e infinitesimal veja-se [I. Kleiner 2001].

[24] Sobre o integral de Leibniz e o seu *'processo de transmutação'*, que fazia uso do triângulo característico para encontrar uma regra geral de transformação de áreas debaixo de um curva, veja-se [Paula Pestana 2003, pp.72-79].

erável após a morte dos seguidores directos de Newton (como Roger Cotes (1682-1726), Brook Taylor (1685-1731) e Colin MacLaurin (1698-1746)), só quebrada no século XIX com os trabalhos de Robert Woodhouse (1773-1817), George Peacock (1791-1858), Charles Babbage (1791-1871) e John Herschel (1792-1871). A matemática continental seguidora da notação leibniziana iria no século XVIII atingir uma época florescente após os trabalhos pioneiros de divulgação empreendidos pelos irmãos Bernoulli, Jakob (1654-1705) e Joahann (1667-1748), e por Guillaume de l'Hôpital (1661-1704). Vários são os matemáticos como Johann Bernoulli, Leonard Euler, D'Alembert, Lagrange, entre muitos outros de vários países, que desenvolverão teoricamente esta 'nova' área, proporcionando novas e ricas ferramentas na abordagem aos grandes problemas que a mecânica e astronomia foram enfrentando ao longo do século XVIII (sobre este período veja-se [C. Boyer 1949, pp.225-266]).

A crença de que toda a função poderia ser desenvolvida em série de potências justificava o facto de no século XVIII se acreditar que toda a função tinha primitiva, sendo a integração vista como operação inversa da derivada[25]. Johann Bernoulli, apesar de um forte defensor da notação leibnziana define o integral de uma quantidade diferencial como a operação que revela uma quantidade que, depois de derivada, origina a quantidade diferenciável de onde inicialmente se partiu, i.e. como operação inversa da derivada e não como soma infinitesimal de pequenos paralelogramos. Bernoulli define a quadratura das curvas nos seguintes termos: *«Uma das mais importantes aplicações do cálculo integral é a quadratura. Consideram-se as áreas divididas num número infinito de partes, cada uma delas podendo ser considerada como diferencial da área; de modo que, formando o integral deste diferencial, ou seja a soma destas partes, obtemos a quadratura pretendida»* (Bernoulli, Opera Omnia (1742), citado em [Paula Pestana 2003, p.91]). Também Euler partilha esta opinião, definindo que o objectivo do cálculo diferencial é o de encontrar as relações entre dy e dx, e o do cálculo integral o modo de encontrar, a partir dessa relação, a relação entre as quantidades x e y. Porém Euler compreendeu que muitas vezes era necessário recorrer a outras técnicas para a obtenção do valor aproximado da quadratura de uma curva, nomeadamente o recurso à soma de rectângulos infinitesimais. No século XIX com os trabalhos de Cauchy sobre a noção de limite e continuidade a noção de integral como limite de uma soma torna-se central no cálculo infinitesimal.

[25] Euler é o principal responsável por esta noção que explora exaustivamente no seu livro *Introductio in analysin infinitorum* (1748). Sobre o uso das séries no século XVIII veja-se por exemplo [D. Bressoud 2007, pp.38-50].

9.3 Alexis Fontaine e o seu *'Nouvelle Méthode d'approximation [...] aux Quadratures'*

Alexis Fontaine des Bertins (1704-1771) foi um matemático francês, membro da Academia das Ciências de Paris desde 1733 (em 1739 foi promovido ao posto de *Geómetra*, assim designava a Academia os seus matemáticos profissionais). Não foi contudo um membro muito activo (apesar de ter ficado até ao final da sua vida associado à instituição), mostrando pouco interesse pelos trabalhos dos seus colegas, preferindo debruçar-se sobre temáticas que pessoalmente mais lhe interessavam, nomeadamente o cálculo das variações e as equações diferenciais de várias variáveis. Segundo René Taton esse afastamento das questões de primeira linha da Academia reflecte-se nos seus trabalhos que são algo confusos e pouco influenciados, mas que contêm contribuições muito originais – *«Fontaine's work is of limited scope, often obscure, and wilfully ignorant of the contributions of other mathematicians. Nevertheless, its inspiration is often original and it presents, amid confused developments, a number of ideas that proved fertile»* [R. Taton 2008].

O trabalho de Fontaine sobre as quadraturas, ou seja a integração de $\int ydx$, sendo y uma função de x, tem por título – *Nouvelle Méthode d'approximation pour la solution des Problèmes qui se réduisent aux Quadratures* [A. Fontaine 1764, pp.370-387][26] –, onde é apenas apresentada, sem demonstração, a fórmula geral do método, que depois aplica a 14 exemplos – assim se compreende que parte do programa do concurso da ACL fosse precisamente *'demonstrar a regra de aproximação, que Mr. Fontaine ensina nas suas memórias'*.

Fontaine afirma que o integral pode ser aproximado por uma série e que o seu valor será tanto ou mais preciso quanto maior for o número (n) de termos dessa mesma série:

> *«L'intégrale de élément ydx, y étant une fonction quelconque de x, est égale au produit de $\frac{1}{2^{n-1}}x$ par une suite, dont on aura le premier terme, en mettant $\frac{1}{2^n}x$ au lieu de x dans la fonction donné y ; le seconde, en y mettant $\frac{3}{2^n}x$; le troisième, en y mettant $\frac{5}{2^n}x$; le quatrième, en y mettant $\frac{7}{2^n}x$; le cinquième, en y mettant $\frac{9}{2^n}x$, &c. le dernier, en y mettant $\frac{2^n-1}{2^n}x$, d'autant plus exactement que le nombre entier positif n sera plus grand»* (p.370).

O que em notação actual se pode escrever como:

[26] Esta memória também vem impressa em [A. Fontaine 1770]. No inventário da biblioteca pessoal de Monteiro da Rocha não existe nenhuma obra de Alexis Fontaine (contudo na biblioteca da Ajuda existe catalogado o *Traité du calcul differencial et integrale,* com a informação da sua proveniência ser as *Necessidades*).

$$\int f(t)dt \approx \frac{x}{2^{n-1}}\left[f\left(\frac{x}{2^n}\right)+f\left(\frac{3x}{2^n}\right)+f\left(\frac{5x}{2^n}\right)+f\left(\frac{7x}{2^n}\right)+...+f\left(\frac{(2^n-1)\,x}{2^n}\right)\right] \tag{9.1}$$

Vejamos, por exemplo, a aplicação que Fontaine faz ao cálculo do integral: $\int ax^2dx$ (exemplo V)[27] – cálculo que não oferecia dúvida alguma desde os primeiros trabalhos de Newton e Leibniz e que a menos de uma constante é igual a: $a\frac{x^3}{3}$.

Aplicando a sua fórmula Fontaine obtem-se:

$$\int ax^2dx = \tfrac{ax}{2^{n-1}}\left[\left(\tfrac{x}{2^n}\right)^2+\left(\tfrac{3x}{2^n}\right)^2+\left(\tfrac{5x}{2^n}\right)^2+\left(\tfrac{7x}{2^n}\right)^2+...+\left(\tfrac{(2^n-1)x}{2^n}\right)^2\right],$$

pondo x e 2^n em evidência vem:

$$\int ax^2dx = \tfrac{ax^3}{2^{3n-1}}\left[1^2+3^2+5^2+7^2+...+(2^n-1)^2\right],$$

como a soma da progressão: $1^2+3^2+5^2+7^2+...+(2^n-1)^2$ é $= \frac{2^{n-1}\left(2^{2n}-1\right)}{3}$, fica,

$$\int ax^2dx = \tfrac{ax^3}{2^{2n}\times 3}\left(2^{2n}-1\right),$$

e no limite de $n\to\infty$, temos: $\frac{\left(2^{2n}-1\right)}{2^{2n}} = 1$, logo:

$$\int ax^2dx = \tfrac{ax^3}{3}.$$

9.4 Manuel Coelho da Maia e a *"Solução do Problema proposto pela Academia"*

O trabalho com que Manuel Coelho da Maia vence o concurso de 1782 da ACL e que vem posteriormente a ser publicado, como referimos, nas memórias, tem por título: *Solução do problema proposto pela Academia Real das Sciencias de Lisboa sobre o methodo de approximação de M. Fontaine por Manoel Joaquim Coelho da Maia* (com a referência em nota de rodapé de ter sido «*coroado pela Academia em 13 de Maio de 1785*») [Coelho da Maia 1797]. O trabalho pode dividir-se (embora o autor não faça) em 3 partes:

[27]Os exemplos 14 exemplos que Fontaine trata, são os seguintes: $\int\sqrt{2x-x^2}dx$; $\int\frac{1}{1+x}dx$; $\int\frac{1}{1+x^2}dx$; $\int\frac{b}{a}(a-x)dx$; $\int ax^2dx$; $\int\sqrt{ax}dx$; $\int\sqrt{(2ax-x^2)}dx$; $\int\frac{1}{1+x}dx$; $\int\frac{a^3}{(a+x)^2}dx$; $\int\frac{b}{a}(a-x)dx$; $\int\frac{1}{x^{\frac{1}{2}}}dx$; $\int\frac{\sqrt{1+ax^2}}{\sqrt{1-bx^2}}dx$; $\int\frac{1}{\sqrt{2x-x^2}}dx$; $\int\frac{M}{(2a+b+b\cos\theta)^2}d\theta$.

– enunciação e demonstração da regra de Fontaine (pp.503-514);

– exemplificação com o cálculo do integral: $\displaystyle\int \cos x.dx = \sin x$ (pp.514-517);

– algumas reflexões sobre o problema da convergência (pp.518-525).

A sua demonstração da regra de Fontaine é longa e bastante confusa. Coelho da Maia considera a seguinte figura, sendo o intervalo (A, G), onde se pretende integrar a função $f(x)$, subdividido em m partes.

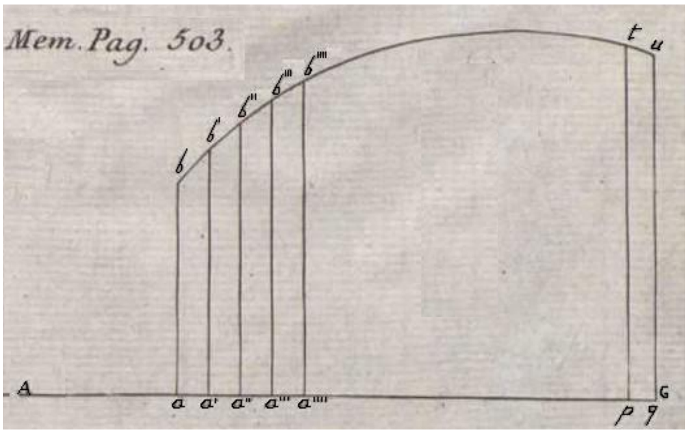


figura apresentada por Manuel Coelho da Maia na sua *memória*.

Assim, cada um destes pequenos rectângulos tem por base $(G - A)/m$ (como para ele o intervalo (A, G) tem comprimento x, vem que cada pequeno sub-intervalo tem amplitude x/m), e altura $y^{indíce\_linha} = f(x_i)$, sendo $x_i = A + i(x/m)$, sendo então o integral a soma desses infinitos rectângulos:

$$\int ydx = \tfrac{x}{m}\left(y^{'} + y'' + y''' + y''' + ...\right).$$

Seguidamente (pp.505-511) faz o desenvolvimento em série de Taylor do valor que a função toma em torno de cada uma das abcissas a, a', a'', a''', a'''', ... (correspondentes a cada uma das ordenadas: $b = y'$, $b' = y''$, $b'' = y'''$, $b''' = y''''$, ...) obtendo uma complicadíssima expressão da forma:

$$\int ydx =$$

$$\frac{x}{m}\left[\begin{array}{c}
y + x\frac{(1-2m)}{2m}\frac{dy}{dx} + x^2\frac{(1-2m)^2}{2.4.m^2}\frac{d^2y}{dx^2} + x^3\frac{(1-2m)^3}{2.3.8.m^3}\frac{d^3y}{dx^3} + x^4\frac{(1-2m)^4}{2.3.4.16.m^4}\frac{d^4y}{dx^4} + ...+ \\
+y + x\frac{(3-2m)}{2m}\frac{dy}{dx} + x^2\frac{(3-2m)^2}{2.4.m^2}\frac{d^2y}{dx^2} + x^3\frac{(3-2m)^3}{2.3.8.m^3}\frac{d^3y}{dx^3} + x^4\frac{(3-2m)^4}{2.3.4.16.m^4}\frac{d^4y}{dx^4} + ...+ \\
+y + x\frac{(5-2m)}{2m}\frac{dy}{dx} + x^2\frac{(5-2m)^2}{2.4.m^2}\frac{d^2y}{dx^2} + x^3\frac{(5-2m)^3}{2.3.8.m^3}\frac{d^3y}{dx^3} + x^4\frac{(5-2m)^4}{2.3.4.16.m^4}\frac{d^4y}{dx^4} + ...+ \\
...+ \\
...+ \\
+y + x\frac{(2m-1-2m)}{2m}\frac{dy}{dx} + x^2\frac{(2m-1-2m)^2}{2.4.m^2}\frac{d^2y}{dx^2} + x^3\frac{(2m-1-2m)^3}{2.3.8.m^3}\frac{d^3y}{dx^3} + x^4\frac{(2m-1-2m)^4}{2.3.4.16.m^4}\frac{d^4y}{dx^4} + ...
\end{array}\right]$$

Fazendo depois uma substituição de m por 2^{n-1} e em cada uma das séries x por: $\frac{x}{2^n}$; $\frac{3x}{2^n}$; $\frac{5x}{2^n}$; ...; $\frac{(2^n-1)x}{2^n}$, respectivamente, obtém a desejada regra de Fontaine (p.551).

Coelho da Maia fornece um exemplo (pp. 514-516) para o cálculo do $\int \cos x.dx$ (que sabemos ser igual a $\sin x$), que resolve da seguinte maneira:

$$\int \cos x.dx = \frac{x}{2^{n-1}}\left[\cos\left(\frac{x}{2^n}\right) + \cos\left(\frac{3x}{2^n}\right) + \cos\left(\frac{5x}{2^n}\right) + ... + \cos\left(\frac{(2^n-1)x}{2^n}\right)\right] =$$
$$= x - \frac{x^3}{2\times3} + \frac{x^5}{2\times3\times4\times5} - \frac{x^7}{2\times3\times4\times5\times6\times7} + ...$$

(note-se que o último termo da expressão é a expansão em série da função $\sin x$), concluindo: *«Daqui se pode julgar quanto será embaraçado em fórmulas mais complicadas obter o resultado final pelo presente método»*. Para Coelho da Maia a regra de Fontaine serve para se derivarem dela expressões donde desapareça 2^n por eliminação, o que nos leva a concordar com Anastácio da Cunha de que o autor não percebeu a utilidade da regra das quadraturas de Fontaine[28].

Quando na 3^a parte do seu trabalho se debruça sobre o problema da convergência – onde residia a razão de ser do concurso, como Monteiro da Rocha fizera notar –, escreve: *«só fará uma aproximação admissível quando o cálculo for levado a ponto de se poder supor* $\left(2^{n-1}\right)$ *infinito [...]. Enquanto porém* $\left(2^{n-1}\right)$ *for contemplado como finito, não é possível que os resultados tenham precisão alguma, por muito grande que se suponha* n*»*. É então a vez de Monteiro da Rocha acabar por criticar, e com razão, embora não tão veementemente como se poderia supor, o trabalho de Coelho da Maia:

> *«[a demonstração] deve ter uma conexão necessária com os princípios, que se aplicarem para a demonstrar [...]. Nesta parte [convergência], certamente a mais útil da questão, e que o autor da dissertação coroada não satisfaz, se não por meio de algumas considerações gerais [...].»* [Monteiro da Rocha 1797b, pp.220, 223].

As críticas de Anastácio da Cunha são certeiras ao afirmar que o trabalho de Coelho da Maia é bastante deficiente tanto na demonstração (para a qual bastaria apenas uma pequena meia página) como na análise do problema da convergência, que este na realidade não faz convenientemente, errando redondamente Coelho da Maia ao afirmar que, *«pelo que toca à aplicação do método de Mr. Fontaine, nada em geral se pode determinar, por isto depender da índole particular da função* (y)*, que pode ser tal, que torne ineficaz o presente método»* [Coelho da Maia 1797, p.516].

[28] *«[...] também senão pode negar, que para trabalhar perto de dois anos sobre um teorema tão simples, sem entender o teorema, nem descobrir a demonstração que ele indica; e até ficar ignorando para que serve o teorema, é necessário ser toupeira»*, Anastácio da Cunha (carta de 3-6- 1785) [A. Teixeira 1890-92, p.123].

Como explicar então o parecer positivo que, inicialmente em 2 de Maio de 1785, José Monteiro da Rocha profere? Não é de todo um parecer entusiástico como Anastácio da Cunha afirma, *«o padre Monteiro, que em tudo aprova a dissertação, e lhe faz os maiores (e mais erróneos) elogios»*. É antes sim até algo conciso – *«parece-me estar nos termos de o merecer»* –, embora de certa maneira elogioso – *«Aquela integração é uma série de tanto maior número de termos, e tanto mais aproximada, quanto é maior o número arbitrário* (n)*: e por conseguinte era bem claro, que a demonstração dela se havia de achar nas séries gerais que representam* $\int ydx$*. Isto é o que faz o autor da memória, mostrando nele um conhecimento não vulgar das ditas séries, e das suas aplicações»*. É difícil responder, para mais quando no *'Aditamento'* a sua resolução e abordagem do problema revela por contraste a insuficiente análise de Coelho da Maia.

9.5 A *«Demonstração do tetragonismo aproximado universal de Mr. Fontaine, e reflexões sobre alguns lugares de certa obra prima [Lisboa, 9 de Maio de 1785]»*, de José Anastácio da Cunha

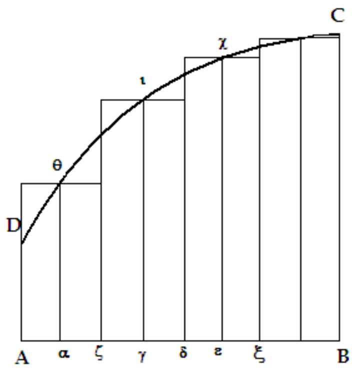
Este trabalho de Anastácio da Cunha (uma cópia certamente e que transcrevemos em Anexo), que se sabia ter existido mas que até à data permanecia desconhecido foi por nós encontrado, em Novembro de 2009, na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro [BNRJ Ms. 19-01-026][29].

Esta demonstração das quadraturas de Fontaine consta de 8 páginas. Na primeira Anastácio da Cunha demonstra a referida regra dedicando as restantes páginas a analisar o trabalho de Coelho da Maia, criticando negativamente a afirmação deste sobre o método de Alexis Fontaine ser idêntico ao de Johann Bernoulli: *«o método de Mr. Fontaine a fundo não difere do que João Bernoulli achou para esta sorte de integrais. A única vantagem, que parece haver da parte de Mr. Fontaine é, que os integrais se acham por uma simples substituição. Mas este compêndio é bem compensado pela longa análise, de que se precisa quase sempre, para alcançar um integral, ou exacto, ou aproximado, sem erros enormes»* [Coelho da Maia 1797, p.514].

A demonstração de Anastácio é bastante simples e resulta da subdivisão do intervalo de integração em m rectângulos, cujas áreas todas somadas dão, *«sem falência,*

[29] *'Escritos sobre matemática, [de] José Monteiro da Rocha'* – a totalidade destes 'escritos' referentes à polémica são: *'carta de JAC para João Manuel de Abreu'* (8 fls.); *'Parte de uma carta do dr. José Monteiro da Rocha...'* (12fls.); *'Factos contra calúnias...'* (19 fls.); *'Adittamento da regra de M. Fontaine(...) pelo dr. Jose Monteiro da Rocha'* (22 fls.); *"Sr. Ministro Plenipotenciário (...)*, onde em post-scriptum vem a *"Cópia do cartel do sr, dr. Maya"* (s.d.) (5 fls.); *"DEMONSTRAÇÃO DO TETRAGONISMO UNIVERSAL DE MR. FONTAINE, E REFLEXÕES SOBRE ALGUNS LUGARES DE CERTA OBRA PRIMA (Lisboa, 9 de Maio de 1785. José Anastácio)"* (8 fls.).

não a área proposta $\int f(x)dx$, mas a expressão de uma área que o calculador determina a seu arbítrio, encerrando o erro entre os limites que quer» (fl.4) – por tão breve transcrevemo-la aqui (em anexo a *'Demonstração...'* é transcrita na totalidade) – a figura seguinte é a figura usada por Anastácio da Cunha na sua *demonstração*:



> *«Representa AB a abcissa x, e BC a ordenada perpendicular $f(x)$ de uma curva regular CD, e seja $\int dxf(x)$ a área determinada pela abcissa AB, ordenadas perpendiculares AD, BC, e arco CD. Seja m múltiplo de 2, e divida-se AB em m partes iguais $A\alpha$, $\alpha\zeta$, $\zeta\gamma$, $\gamma\delta$, $\delta\epsilon$, $\epsilon\xi$, etc., levantem-se as ordenadas perpendiculares $\alpha\theta$, $\gamma\iota$, ϵx, etc. e completem-se os paralelogramos $A\theta$, $\theta\zeta$, $\zeta\iota$, $\iota\delta$, δx, $x\zeta\delta$, etc. e facilmente se mostrará que m infinito faz infinitesima a diferença entre a soma destes rectângulos e o arco $ABCD$. Mas a soma dos rectângulos é $A\alpha \times (\alpha\theta + \gamma\iota + \epsilon x + etc.) = \frac{2x}{m}(f\left(\frac{x}{m}\right) + f\left(\frac{3x}{m}\right) + f\left(\frac{5x}{m}\right) + f\left(\frac{7x}{m}\right) + ... + f\left(\frac{(m-1)x}{m}\right)$: logo m infinito faz $\int dxf(x) \sim \frac{2x}{m}(f\left(\frac{x}{m}\right) + f\left(\frac{3x}{m}\right) + f\left(\frac{5x}{m}\right) + f\left(\frac{7x}{m}\right) + ... + f\left(\frac{(m-1)x}{m}\right)$ infinitesimo. Em lugar de m escreva-se 2^n potências inteiras de 2, e ficará demonstrado o teorema de M. Fontaine. Lisboa, 9 de Maio de 1785. José Anastácio.»* [BNRJ Ms. 19-01-026]

Esta prova é para Monteiro da Rocha um absurdo! Não por estar errada – ele mesmo sugere no *'Aditamento'* uma demonstração similar que também rejeita em favor de outra que considera, como veremos, mais apropriada –, mas porque considera a substituição de m por 2^n como um *«artifício próprio de um charlatão, mas certamente indigno de um Geómetra tal como M. Fontaine [...], unicamente para sair com a regra a limpo [...], e tal é supor o que se pretende demonstrar»* [Monteiro da Rocha 1797b, p.220].

Quanto à questão da convergência Anastácio da Cunha considerava esse acrescento um *absurdo*, escrevendo na sua demonstração:

> *«Cresçam sempre, ou diminuam sempre as ordenadas desde $f(0)$ até $f(x)$ (pois todos os casos se podem reduzir a este) e seja E a máxima ordenada será $< \frac{x}{m}E$ o erro da aproximação, e pode por consequência determinar-se sempre a priori o número m de sorte que o erro seja desprezível. Mas a geometria de Portugal decide que este mesmo tetragonismo aproximado pode muitas vezes ser ineficaz por causa das séries divergentes que os diferenciais podem dar por último resultado! Como se este tetragonismo dependesse das séries convergentes!»* [BNRJ Ms.19-01-026]

9.6 As quadraturas em José Monteiro da Rocha: o *«Additamentos á regra de M. Fontaine para resolver por approximação os Problemas que se reduzem às Quadraturas»*

Analisemos agora o trabalho que Monteiro da Rocha se vê *'obrigado'* a escrever em resposta a Anastácio da Cunha[30],

> *«Mas entretanto foi necessário responder, e de que maneira? Fiz uma memória sobre os meus Aditamentos (porque além daquele mostro outros ainda mais úteis e importante a qual neste mesmo correio mando de presente à Academia, para tirar da afronta em que estará talvez a esse respeito»* [A. Teixeira 1790-92, p.512];

> *«Eu (sem brasonar de rico) tinha algum cabedal, não somente para desempenhar o Aditamento, mas também para melhorar incomparavelmente a regra de Fontaine»* [A. Teixeira 1790-92, p.514];

> *«[...] nasceram estes, que chamo Aditamentos, os quais servirão de declaração mais específica daquele programa, e poderão ser de grande utilidade na prática das Quadraturas»* [Monteiro da Rocha 1797b, p.218].

Na verdade e ao contrário dos trabalhos de Coelho da Maia e de José Anastácio da Cunha que pouco contribuíram para o problema das quadraturas de Fontaine, o

[30] Ao que parece Anastácio da Cunha não terá lido este trabalho de Monteiro da Rocha embora dele tivesse conhecimento, como se infere das suas palavras: *«Se é certa a regra que mandou de presente à Academia, merece elogios, e agradecimentos. Se é certa, é na realidade muito útil. Mas quem sabe se é certa? O autor tem errado tantas vezes em assunptos fáceis e triviais! – Não sair com ela a terreio é modéstia, é altiveza, ou é medo que lha achem errada?»* [A. Teixeira 1790-92, p.655]. Contudo não deixa de ser algo intrigante que tenha lido a *'Partes de uma carta'* e não o *'Aditamento'* que a acompanhava!

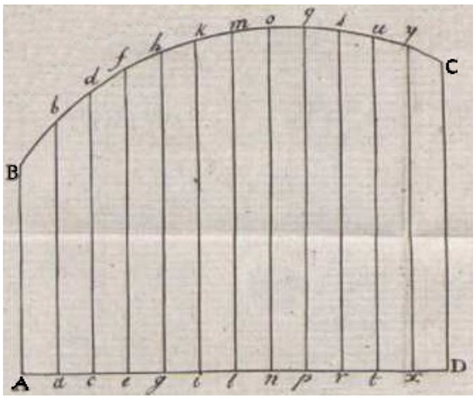
de José Monteiro da Rocha melhora-o significativamente, propondo, como veremos, dois métodos de aceleração da convergência, antecipando um método que Lewis F. Richardson (1881-1953) proporá cerca de 130 anos mais tarde, em 1910, e que ficará conhecido como o método de extrapolação de Richardson. Também a abordagem que Monteiro da Rocha faz dos integrais impróprios mostra uma profunda compreensão do problema de integração.

A *memória,* de José Monteiro da Rocha, está estruturada em 6 capítulos e estes em sucessivos parágrafos numerados sequencialmente (§§.1-48), como se segue:

- *I. Demonstração da Regra de M Fontaine* (pp.218-223);
- *II. Indagação da convergência da regra de M. Fontaine* (pp.223-228);
- *III. Consequências da indagação precedente* (pp.228-231);
- *IV. Primeiro método de fazer muito convergente a regra de M. Fontaine* (pp.231-233);
- *V. Segundo método de fazer muito convergente a regra de M. Fontaine* (pp.233-239);
- *VI. Casos, em que não tem lugar a regra de M. Fontaine nem os métodos precedentes* (pp.239-243).

9.6.1 *'Demonstração da Regra de M. Fontaine'*

Monteiro da Rocha rejeita liminarmente qualquer demonstração que subdivida à priori o intervalo de integração em 2^n partes, como Anastácio da Cunha faz – pois, *«não havia certamente coisa mais fácil, nem mais imprópria para programa de uma Academia»* (p.219). Para o mostrar considera a seguinte figura, imaginando o intervalo $[A, D]$ subdividido em 2^{n-1} partes, o cálculo do integral seria dado pela soma das áreas dos pequeníssimos rectângulos que teriam por base $\frac{x}{2^{n-1}}$, e altura o valor que a função toma no ponto médio de cada um desses intervalos (a figura seguinte é a figura 1 da *Memória* de Monteiro da Rocha).

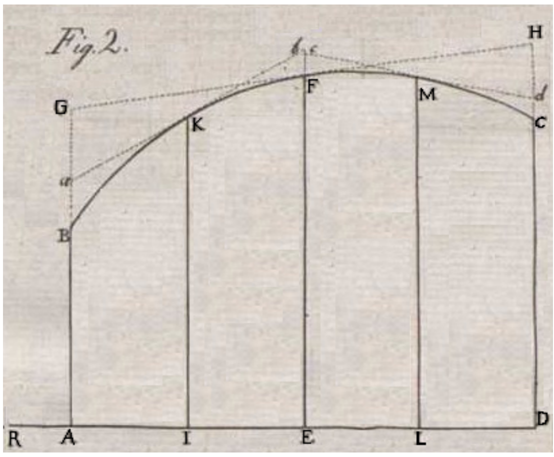


Assim a área do gráfico de $f(x)$, definida no intervalo $[0, x]$, subdividido em 2^{n-1} partes, seria a soma dos sucessivos rectângulos de base comum $\frac{x}{2^{n-1}}$, e alturas respectivamente: $f\left(\frac{x}{2^n}\right)$, para o primeiro rectângulo; $f\left(\frac{3x}{2^n}\right)$, para o segundo rectângulo; $f\left(\frac{5x}{2^n}\right)$, para o terceiro rectângulo; e assim sucessivamente até ao último rectângulo de altura $f\left(\frac{2^n-1}{2^n}x\right)$; ficando então o integral igual a:

$$\int f(t)dt = \frac{x}{2^{n-1}}\left[f\left(\frac{x}{2^n}\right) + f\left(\frac{3x}{2^n}\right) + f\left(\frac{5x}{2^n}\right) + f\left(\frac{7x}{2^n}\right) + ... + f\left(\frac{(2^n-1)\,x}{2^n}\right)\right] \tag{9.2}$$

Esta prova reforça, não seria mais que um *«artifício próprio de um charlatão, mas certamente indigno de um Geómetra tal como M. Fontaine [...] unicamente para sair com a regra a limpo [...] e tal é supor o que se pretende demonstrar»*. Qualquer demonstração, defende, terá que ter a *«forma particular da regra de M. Fontaine [que] lhe nasceu do método mesmo que seguiu para o descobrir [...] [e] que deve ter uma conexão necessária com os princípios, que se aplicarem para a demonstrar»*. Vejamos então essa demonstração: *«própria dela [da regra de Fontaine], e que não será estéril como a outra, mas abrirá caminho para novas indagações»*.

Considerando outra figura (fig.2 da *Memória*) e supondo que se quer calcular a área entre $f(x)$ e o eixo horizontal AD, é evidente que numa primeira aproximação a área abaixo da função será a do trapézio $AGHD = AD \times EF$ (nota-se que E é a abcissa média do segmento AD, cuja ordenada respectiva é F, e GH é a recta tangente à curva em $f(E)$), isto é: $AGHD = x \times f\left(\frac{x}{2}\right)$ – a figura seguinte é figura 2 da *Memória* de Monteiro da Rocha.



Se em seguida dividirmos também os segmentos AE, e ED em partes iguais e nas extremidades das ordenadas IK e LM, traçarmos as rectas tangentes ab e cd, teremos agora dois trapézios $AabE$ e $EcdD$, cuja soma das suas áreas será: $AE \times (IK + LM)$, ou seja: $\frac{x}{2} \times \left[f\left(\frac{x}{4}\right) + f\left(\frac{3x}{4}\right)\right]$. Se continuarmos a dividir os segmentos AI, IE, EL e LE ao meio, teremos quatro novos trapézios cuja soma das suas áreas será: $\frac{x}{4} \times \left[f\left(\frac{x}{8}\right) + f\left(\frac{3x}{8}\right) + f\left(\frac{5x}{8}\right) + f\left(\frac{7x}{8}\right)\right]$.

Se repetirmos esta operação n vezes facilmente se percebe que o intervalo AD será dividido em 2^n partes, ou seja teremos um total de 2^{n-1} trapézios cuja soma das suas áreas será:

$$\frac{x}{2^{n-1}}\left[f\left(\frac{x}{2^n}\right) + f\left(\frac{3x}{2^n}\right) + f\left(\frac{5x}{2^n}\right) + f\left(\frac{7x}{2^n}\right) + ... + f\left(\frac{(2^n-1)\,x}{2^n}\right)\right] \tag{9.3}$$

Valor este que no limite de $n \to \infty$, será igual ao integral e como afirma Monteiro da Rocha – «*tanto mais chegada para a área da curva, quanto maior for o número inteiro, e positivo n*».

Esta seria para Monteiro da Rocha a demonstração correcta da regra das quadraturas proposta por Alexis Fontaine, mas que por si só não poderia constituir tema para uma Academia de Ciências propor para programa científico: «*Mas não posso deixar de dizer, que nem esta, nem outra equivalente [demonstração da regra de Fontaine], era objecto adequado para Programa de uma Academia, que se propõe descobrir coisas novas, ou melhorar as antigas*», justificando-se por isso mesmo nas suas palavras o acrescento sobre a convergência:

> «*Por isso é que lembrei o Aditamento dos casos da convergência, que obrigava a dar mais um passo na matéria, e a indagar a índole da aproximação, que se consegue por meio da sobredita regra*» [Monteiro da Rocha 1797b, p.223]

9.6.2 *'Indagação e consequências da convergência da regra de Fontaine'*

«Quando se pedia "a determinação dos casos, em que a aproximação da regra de M. Fontaine é mais convergente", não se entendia a respeito dos termos da série finita, e particular, que resulta, quando n se toma um número dado [...]. E contudo, ainda que tal fosse o sentido do Aditamento, não era por isso tão absurdo, que não possa mostrar-se casos, e esses muito óbvios, em que tem lugar essa espécie de convergência[31]*. [...] Mas não era isto, o que se pedia no Programa. Pedia-se a convergência dos resultados sucessivos, que dão as diferentes séries particulares, tomando-se por n diferentes números sucessivos pela ordem natural 1, 2, 3, 4, 5, etc. ou, o que vem a ser o mesmo, pedia-se uma determinação da mesma convergência, que M. Fontaine atribui à sua regra, dizendo, que o resultado será tanto mais exacto, quanto maior for o número n»* [Monteiro da Rocha 1797b, p.224].

Para Monteiro da Rocha a preocupação reside na aplicação prática da regra e na obtenção de resultados mais ou menos exactos, pois se para se conseguir uma boa aproximação a convergência for lenta e for necessário tomar (n) muito grande (i.e. calcular um número excessivo de ordenadas), ter-se-ia, como afirma, «*uma convergência teórica, mas inútil na prática*»[32]. Na verdade a necessidade de calcular um elevado número de termos para uma boa aproximação do integral poderá tornar pouco útil, na prática, a própria regra.

Para perceber a rapidez de convergência Monteiro da Rocha começa por estudar o erro presente em dois resultados consecutivos,

«Se uma curva qualquer BC terminada nas duas ordenadas extremas AB, CD ambas finitas, tiver sempre a convexidade voltada para o eixo das abcissas AD, e se buscar a sua área pela regra de M. Fontaine, tomando por n sucessivamente todos os números pela ordem natural, os erros de dois quaisquer resultados consecutivos serão ultimamente na razão de 4 para 1» [Monteiro da Rocha 1797b, p.225].

[31] Estes casos são segundo Monteiro da Rocha, «*os casos em que o ramo da curva se chega tanto para o eixo das abcissas, que por um espaço notável se confunde sensivelmente com ele e forma uma porção de área extremamente pequena, em comparação com a área toda da curva*» [Monteiro da Rocha 1797b, p.224].

[32] «*Como porém esta asserção tem sido tratada de ignorância, e o Aditamento adoptado pela Academia de absurdo, e isto por pessoa, em quem concorria a presunção de ter voto na matéria, agora darei razão dele, e ajuntarei outros ainda mais importantes.*» [Monteiro da Rocha 1797b, pp.223-224], escreve criticando Anastácio da Cunha.

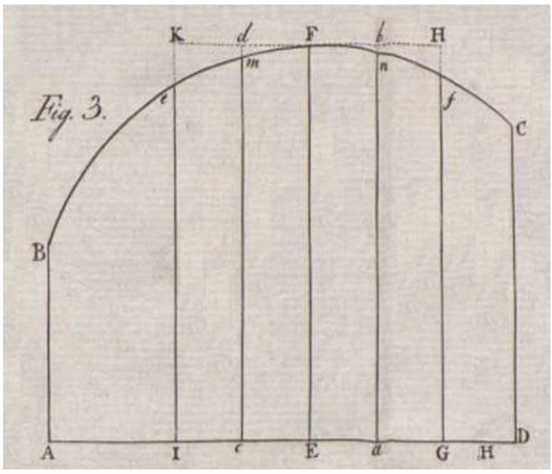
Ou seja: $\int f(x)dx = F_n + e_n = F_{n+1} + e_{n+1}$, com $e_n = 4e_{n+1}$ (sendo F_n e F_{n+1} o valor obtido através da regra de Fontaine para n e para $n+1$, respectivamente).

Efectivamente na regra do trapézio ou na regra do ponto médio, uma variante da primeira de que a regra de Fontaine é um exemplo, o erro de truncatura diminui cerca de quatro vezes quando o número de trapézios duplica. Na regra dos trapézios esse erro é dado por: $|\epsilon(h)| = \frac{h^2}{12}(b-a)\,f''(\xi)$, sendo h a amplitude da partição do intervalo $[a, b]$ em n partes e $\xi(x) \in [a, b]$.

Sabemos da análise que se $f(x)$ tem no intervalo derivadas até à segunda ordem, então:

$$\frac{e(h)}{e(2h)} = \frac{-\frac{h^2}{12}(b-a)f''(\xi)}{-\frac{(2h)^2}{12}(b-a)f''(\eta)} \simeq \frac{1}{2^2} = \frac{1}{4}$$

A demonstração de Monteiro da Rocha não é obviamente esta, mas sim a que se segue (a figura seguinte é figura 3 da *Memória* de Monteiro da Rocha).



Considerando na figura o trapézio IH, um dos 2^n trapézios resultantes da divisão do intervalo AD, e dividindo-o a meio pelo segmento EF, obtêm-se dois novos trapézios. Isto resulta no mesmo que supor AD dividida em 2^{n+1} iguais e assim em vez de um só trapézio IH ter-se-ão dois novos trapézios formados pelas novas tangentes conduzidas pelos pontos m, e n, e cujas áreas se poderão tomar iguais ao dobro da área do trapézio *cdba*. Apelando agora ao *corolário 5* do *Lema XI* do *Livro I* dos *Principa* de Newton[33], Monteiro da Rocha relaciona as áreas HFf e bFn, com os comprimentos FH e Fb, obtendo assim a seguinte relação:

[33] *«Lema XI. A subtensa evanescente do ângulo de contacto em todas as curvas que têm, no ponto de contacto, uma curvatura finita, é directamente proporcional ao quadrado da sutensa do arco contérmino [...]. Corolário 5. As razões entre estas áreas e estes segmentos serão proporcionais tanto ao cubo das tangentes AD, Ad; como às cordas e arcos AB, AB.»* [I. Newton 2010, p.776].

$$\frac{A[HFf]}{A[bFn]} = \left(\frac{\overline{FH}}{\overline{Fb}}\right)^3,$$

como:

$$\frac{\overline{FH}}{\overline{Fb}} = \frac{2}{1}, \text{ logo: } \frac{A[HFf]}{A[bFn]} = \frac{8}{1},$$

e por conseguinte:

$$2\,(A\,[dFm] + A\,[bFn]) = \frac{1}{4}\,(A\,[KFe] + A\,[HFf]).$$

> *«e os dois novos trapézios a respeito da verdadeira área $IeFfG$ darão a quarta parte do erro que dava o trapézio IH. O mesmo sucede em cada um dos outros trapézios. Logo os erros dos dois resultados consecutivos são na razão de 4 para 1»* [Monteiro da Rocha 1797b, p.225].

Monteiro da Rocha faz notar que esta razão *'rigorosamente'* só tem lugar quando $n \to \infty$. Para um valor finito de n a convergência terá lugar quando dois resultados aproximados estiverem próximo desta mesma razão (veja-se o que Coelho da Maia afirma neste ponto), como está bem ciente para que casos, isto é para que funções e em que condições a regra das quadraturas de Fontaine se aplica: *«depende a maior, ou menor convergência da grandeza do raio osculador, e da posição dele, ou o que vem a ser o mesmo, do ângulo da curva com as ordenadas»*, ou seja quanto maiores forem os valores de $\frac{1}{f'(x)}$, e de $\frac{\left(1+(f'(x))^2\right)^{3/2}}{f''(x)}$, no intervalo *«que se houver de estender a quadratura»*, isto é no intervalo de integração.

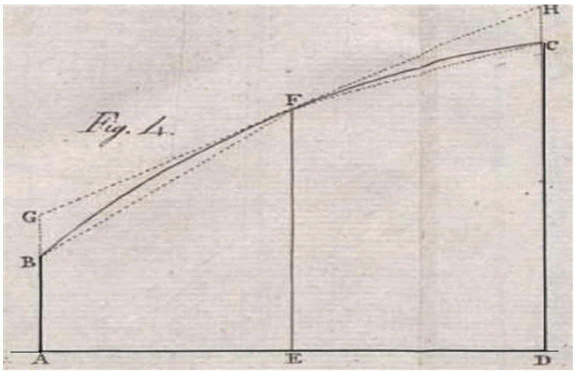
Em seguida Monteiro da Rocha calcula o valor de n necessário para obter uma certa previsão que se requeira,

> *«Quando concorrem as condições da convergência, que tenho exposto, seguem os erros quase desde o princípio uma razão muito próxima de 4 para 1. E nesses casos podemos também conhecer proximamente o número n, que há-de dar um grau próximo de exactidão»*

Se os erros entre dois resultados consecutivos estão aproximadamente na razão de 4 para 1 temos (sendo e_i, o erro que resulta da aplicação da regra de Fontaine para $n = i$):

$$e_2 = \frac{e_1}{4};\ e_3 = \frac{e_2}{4} = \frac{e_1}{4^2};\ e_4 = \frac{e_1}{4^3};\ \ldots;\ e_n = \frac{e_1}{4^{n-1}} = \frac{e_1}{2^{2n-2}}.$$

Assim, se a função obedecer às condições de aplicação da regra de Fontaine (concavidade voltada para baixo) o erro e_1 é dado pelas áreas curvilíneas HFC e GFB, que são menores que as áreas triangulares HFC e GFB. Veja-se a figura seguinte, que diz respeito à figura 4 da *Memória* de Monteiro da Rocha,



A soma das áreas dos triângulos é,

$$\frac{1}{2}AE \times [BG + HC], \text{ ou seja } = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}x\left[2f\left(\frac{x}{2}\right) - f(x) - f(0)\right],$$

logo:

$$e_n = \frac{x\left[2f\left(\frac{x}{2}\right)-f(x)-f(0)\right]}{2^{2n}}.$$

Assim para o cálculo do integral com um erro inferior a ε deverá tomar-se n termos na regra de Fontaine, tal que:

$$n = \frac{\log x + \log\left[2f\left(\frac{x}{2}\right)-f(x)-f(0)\right] - \log e}{2\log 2}.$$

Vejamos alguns exemplos dados por Monteiro da Rocha (nos parágrafos §§.17-18 e §§.24-25).

- **cálculo do integral** $\displaystyle\int_0^1 \frac{1}{1+x^2}dx$.

Como sabemos: $\displaystyle\int_0^1 \frac{1}{1+x^2}dx = \arctan 1 - \arctan 0 = \frac{\pi}{4} \approx 0.785398163397458$. Aplicando a regra de Fontaine (a função está nas condições de aplicabilidade), para $n = 3$, $n = 4$ e $n = 5$, respectivamente, temos (F_i designa o valor aproximado do integral obtido pela regra de Fontaine para $n = i$):

$$F_3 = \frac{1}{2^2}\left[f\left(\frac{1}{8}\right) + f\left(\frac{3}{8}\right) + f\left(\frac{5}{8}\right) + f\left(\frac{7}{8}\right)\right] = 0.786700129598486$$

$$F_4 = \frac{1}{2^3}\left[f\left(\frac{1}{16}\right) + f\left(\frac{3}{16}\right) + f\left(\frac{5}{16}\right) + f\left(\frac{7}{16}\right) + f\left(\frac{9}{16}\right) + f\left(\frac{11}{16}\right) + f\left(\frac{13}{16}\right) + f\left(\frac{15}{16}\right)\right] = 0.785723682397922$$

$$F_5 = \frac{1}{2^4}\left[f\left(\frac{1}{32}\right) + f\left(\frac{3}{32}\right) + f\left(\frac{5}{32}\right) + ... + f\left(\frac{31}{32}\right)\right] = 0.785479543577140,$$

(note-se que para o cálculo de F_5 foi necessário o cálculo de 16 termos).

Vejamos os erros cometidos: $e_3 = 0.001301966201038$; $e_4 = 0.000325519000474$; $e_5 = 0.000081380179692$, e por conseguinte: $e_3/e_4 = 3,99966269$; e $e_4/e_5 = 3,999978886$, que estão como era de esperar na razão de 4 para 1.

Os valores que Monteiro da Rocha obtém são: $F3 = 0,7867001296$, com um erro de $0,0013019662$; e $F4 = 0,7857236824$, com um erro de $0,0003255190$.

Imagine-se, escreve, que se pretendia calcular o valor do integral com 35 casas decimais, para tal seria necessário calcular a regra de Fontaine com $n = 58$, ou seja $1,441151881 \times 10^{17}$ termos! – *«E cem milhões de homens, calculando cada um por dia hum cento delas, em trinta e nove mil anos ainda não teriam concluído esse prodigioso trabalho.»*

Vejamos agora um outro exemplo em que desta vez os erros diminuem muito pouco de aproximação em aproximação, estando por isso longe da razão de 4 para 1.

- **cálculo do integral** $\displaystyle\int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}dx.$

Como sabemos: $\displaystyle\int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}dx = \arcsin(1) - \arcsin(0) \approx 1.570796327$. Aplicando a regra de Fontaine para $n = 3$, $n = 4$ e $n = 5$, obtemos:

$$F_3 = 1,358310347429280$$

$$F_4 = 1,420053252565100$$

$$F_5 = 1,464033580372750$$

E se calcularmos, $F_{10} = 1,551894173456280$ (o que obrigou ao cálculo de 1024 termos!) obtemos um valor ainda muito longe de $1,570796327$.

A pouca convergência da regra para o cálculo deste integral explica-se pelo facto da função integranda não se comportar satisfatoriamente. Se olharmos para os valores que $\frac{1}{f'(x)} = \frac{\sqrt{(1-x^2)^3}}{x}$ toma no intervalo de integração, vemos que para valores próximos de $x = 1$ toma valores que tendem para 0, *«dando grande obliquidade para o fim, pouco favorável à convergência»,* como reflete Monteiro da Rocha. Se também analisarmos o comportamento de, $\frac{\left(1+(f'(x))^2\right)^{3/2}}{f''(x)} = \frac{\left(x^2+\left(1-x^2\right)^3\right)^{3/2}}{(1+2x^2)(1-x^2)^2}$, i.e. o valor do raio de curvatura da função em cada ponto, vemos que na maior parte do intervalo este toma um valor pequeno e logo não favorável à convergência.

Como se vê pelos dois exemplos anteriores a regra de Fontaine debate-se com um problema de aplicabilidade.

No primeiro exemplo a regra de Fontaine falha para grandes aproximações, que como reflecte Monteiro da Rocha *«até se conseguir um resultado assaz exacto, terá subido o trabalho a um galarim verdadeiramente espantoso»*. E se é verdade, como também afirma, que em casos práticos não é necessário um tão elevado grau de precisão, não é menos verdade que o cálculo da regra de Fontaine com uma precisão de 7 casas decimais implicava naquela época um esforço computacional bastante razoável (para $n = 12$ implicava o cálculo de 2048 termos), o que nas suas palavras: *«não poderá conseguir-se resultado útil, senão for por meio de cálculos imensos, que ninguém jamais executará»*[34]. No segundo exemplo os erros diminuem muito pouco e o resultado da regra de Fontaine (*F10*) está muito longe do correcto valor do integral.

Monteiro da Rocha está bem ciente do problema de aplicabilidade da regra de Fontaine,

> *«Mas a consequência mais notável é, que a regra de M. Fontaine de nada serve para as grandes aproximações, ainda que logo do princípio se cheguem muito os erros para a última razão, a que nunca em rigor podem chegar. Porque a cada passo, que se dá, dobra-se o número das ordenadas, e elas em números maiores, que dão por conseguinte mais que dobrado trabalho, para conseguir o tenuíssimo efeito de não chegar bem a rebaixar o erro à quarta parte do que era a operação precedente. E procedendo assim de quarto em quarto, até se conseguir um resultado assaz exacto, terá subido o trabalho a um galarim verdadeiramente espantoso»* [Monteiro da Rocha 1797b, p.229]

Criticando mais uma vez Anastácio da Cunha: *«tal é a convergência da regra, que na mesma balança em que se pesou o Aditamento, se achou não carecer de convergência»,* propõe um método de aceleração da convergência.

'Primeiro método de fazer muito convergente a regra de M. Fontaine' [IV]

Monteiro da Rocha intui que poderá melhorar o método de Fontaine devido à relação que verifica existir nos erros para dois resultados consecutivos – *«A mesma teoria, que nos descobriu a pouca convergência desta regra, nos oferece um meio muito simples de lha dar muito grande, todas as vezes que ela logo desde o princípio se chega rapidamente para a sua maior convergência possível».* Como os erros consecutivos estão, como já se viu, na razão de 4 para 1, então:

[34] Uma das críticas que Monteiro da Rocha faz a um pretenso cálculo de Anastácio da Cunha é precisamente a um engano numa operação, defendendo-se este último dizendo: *«Não duvido que em um cálculo longo e enfadonho me enganasse em algum algarismo»* [A. Teixeira 1890-92, p.516, 656].

$$\int f(x)dx = F_n + e,$$

e por conseguinte,

$$\int f(x)dx = F_{n+1} + \tfrac{e}{4},$$

logo: $F_n + e = F_{n+1} + \frac{e}{4}$, ou seja:

$$\int f(x)dx = F_n + \frac{4\left(F_{n+1} - F_n\right)}{3} \tag{9.4}$$

sendo o erro então dado por:

$$e = \frac{4\left(F_{n+1} - F_n\right)}{3} \tag{9.5}$$

O cálculo do integral pode assim ser obtido fazendo-se uso do cálculo de duas prévias aproximações do mesmo integral, esta 3^a aproximação que, obviamente, se espera ser melhor que as outras previamente calculadas não é mais do que a fórmula de extrapolação de Richardson (veja-se por exemplo [R. Churchhouse 1981, pp.45-49, 253-255]).

Este método de aceleração da convergência foi estabelecido formalmente por Lewis Richardson em 1910 num artigo sobre resolução de equações diferenciais [L. Richardson 1910][35], embora segundo Chabert a ideia de usar uma combinação linear de fórmulas correspondendo a dois resultados de iterações diferentes com o objectivo de melhorar a aproximação tenha surgido a Huygens aquando da determinação do perímetro da circunferência [J. Chabert 1999, pp.447-453].

A expressão que Monteiro da Rocha usa e que tem «*uma convergência incomparavelmente maior do que a regra simples de M. Fontaine*», é seguinte[36]:

$$\begin{aligned}\int f(x)dx = {} & \tfrac{x}{3\times 2^{n-2}}\left[f\left(\tfrac{x}{2^{n+1}}\right) + f\left(\tfrac{3x}{2^{n+1}}\right) + f\left(\tfrac{5x}{2^{n+1}}\right) + f\left(\tfrac{7x}{2^{n+1}}\right) + \ldots + f\left(\tfrac{(2^{n+1}-1)x}{2^{n+1}}\right)\right] \\ & -\tfrac{x}{3\times 2^{n-1}}\left[f\left(\tfrac{x}{2^{n}}\right) + f\left(\tfrac{3x}{2^{n}}\right) + f\left(\tfrac{5x}{2^{n}}\right) + f\left(\tfrac{7x}{2^{n}}\right) + \ldots + f\left(\tfrac{(2^{n}-1)x}{2^{n}}\right)\right]\end{aligned} \tag{9.6}$$

e que não é mais do que:

$$\int f(x)dx = \tfrac{4}{3}F_{n+1} - \tfrac{1}{3}F_n.$$

Vejamos alguns exemplos que mostram a celeridade da convergência do novo método de Monteiro da Rocha, face à primitiva regra de Fontaine.

[35] Num segundo artigo o autor sistematiza algumas das suas prévias ideias [L. Richardson 1927].

[36] Usaremos a notação, F_JMR_i para nos referirmos a este *'1º método de fazer muito convergente a regra de M. Fontaine'*, com o índice i para indicar $n = i$.

- **cálculo do integral:** $\displaystyle\int_0^1 \tfrac{1}{1+x}dx.$

Como sabemos é: $\displaystyle\int_0^1 \tfrac{1}{1+x}dx = \ln(2) - \ln(1) \approx 0.69314718$. Calculado pela regra de Fontaine para $n = 4$ e $n = 10$ (ou seja F_4 e F_{10}, respectivamente) e depois calculado com a regra melhorada de Monteiro da Rocha com $n = 4$ (F_JMR_4), obtém-se respectivamente:

$$F_4 = \tfrac{1}{8}\left[f\left(\tfrac{1}{16}\right) + f\left(\tfrac{3}{16}\right) + ... + f\left(\tfrac{15}{16}\right)\right] = 0.692660554;$$

$$F_{10} = \tfrac{1}{2^9}\left[f\left(\tfrac{1}{1024}\right) + f\left(\tfrac{3}{1024}\right) + ... + f\left(\tfrac{1023}{1024}\right)\right] = 0.693147061;$$

$$F\_JMR_4 = \tfrac{1}{12}\left[f\left(\tfrac{1}{32}\right) + f\left(\tfrac{3}{32}\right) + ... + f\left(\tfrac{31}{32}\right)\right] - \tfrac{1}{24}\left[f\left(\tfrac{1}{16}\right) + f\left(\tfrac{3}{16}\right) + ... + f\left(\tfrac{15}{16}\right)\right] = 0.693146768;$$

Com método proposto por Monteiro da Rocha obtém-se o resultado, 0.693146768 (calculando apenas 24 termos), enquanto que para obter com o método ordinário de Fontaine um resultado com a mesma precisão foi necessário calcular 512 termos(!).

- **cálculo do integral:** $\displaystyle\int_0^1 \tfrac{1}{1+x^2}dx$ $(= \arctan(1) - \arctan(0) = \frac{\pi}{4} \approx 0,785398163397458)$

Com a regra de Fontaine ($n = 5$):

$$F_5 = \tfrac{1}{2^4}\left[f\left(\tfrac{1}{32}\right) + f\left(\tfrac{3}{32}\right) + ... + f\left(\tfrac{31}{32}\right)\right] = 0.7854795;$$

Pelo método de Monteiro da Rocha ($n = 3$):

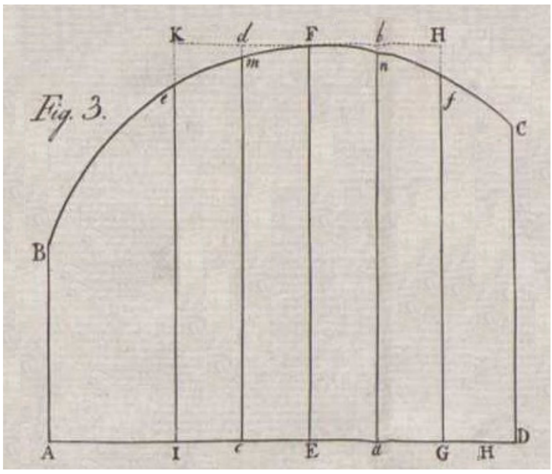
$$F\_JMR_3 = \tfrac{1}{6}\left[f\left(\tfrac{1}{16}\right) + f\left(\tfrac{3}{16}\right) + ... + f\left(\tfrac{15}{16}\right)\right] - \tfrac{1}{12}\left[f\left(\tfrac{1}{8}\right) + f\left(\tfrac{3}{8}\right) + ... + f\left(\tfrac{7}{8}\right)\right] = 0.7853982.$$

Dos exemplos dados acima são evidentes as vantagens deste *'Primeiro método'* proposto por Monteiro da Rocha na diminuição do enorme esforço de cálculo das quadraturas. Contudo este melhoramento só é útil se as condições de aplicabilidade da regra simples de Fontaine se verificarem, assim no sentido de obviar a tal Monteiro da Rocha propõe então um outro método – *«Eis aqui outro que não depende dessa condição, e que além disso tem muitas outra vantagens»*.

'Segundo método de fazer muito convergente a regra de M. Fontaine [V]'

Este segundo método tem como objectivo estender a aplicabilidade do cálculo das quadraturas de Fontaine – *«o método precedente não pode, ser útil na prática das quadraturas, senão quando a regra simples logo desde o princípio tem quase toda a sua convergência possível».* Como veremos de seguida este 'segundo método' introduz uma integração de tipo osculatriz, através do uso de derivadas.

O problema da regra simples de Fontaine, e consequentemente do primeiro método proposto por Monteiro da Rocha, assenta no facto de se calcularem as áreas dos rectângulos 'infinitesimais' considerando-os com alturas contantes, sendo a altura de cada um deles dada por: $f\left(\frac{kx}{2^n}\right)$, onde k designa o k*-ésimo* trapézio, tal que: $1 < k < (2^n - 1)$.



Considerando a figura de cima (fig. 3 da *Memória* de Monteiro da Rocha), IH é um dos k*-ésimos* rectângulos que resultam da divisão do intervalo AD em 2^n partes. Os métodos anteriores calculavam o $\int f(x)dx$, de I até G, supondo neste intervalo a ordenada constante e igual a EF. Mas na verdade em cada um desses pequeníssimos trapézios a função varia, assim o que Monteiro da Rocha faz é o desenvolvimento da função em série de Taylor em torno do ponto médio (E) de cada segmento da base dos vários trapézios. Vejamo-lo.

Supondo, $Ea = z$ vem: $an = f\left(\frac{Kx}{2^n} + z\right)$; através do desenvolvimento em série de Taylor, e fazendo $\alpha = \frac{K}{2^n}$, vem:

$$an = f(\alpha x) + z\frac{df(\alpha x)}{\alpha dx} + z^2\frac{d^2 f(\alpha x)}{2\alpha^2 dx^2} + z^3\frac{d^3 f(\alpha x)}{2\times 3\times \alpha^3 dx^3} + ...$$

Para determinarmos a área do espaço curvilíneo $EFfG$ basta multiplicar por dz e integrar,

$$EFfG = z\ f(\alpha x) + \frac{z^2}{2}\frac{df(\alpha x)}{\alpha dx} + \frac{z^3}{3}\frac{d^2 f(\alpha x)}{2\alpha^2 dx^2} + \frac{z^4}{4}\frac{d^3 f(\alpha x)}{2\times 3\times \alpha^3 dx^3} + ...$$

e fazendo $z = EG = \frac{x}{2^n}$, fica:

$$EFfG = \frac{x}{2^n}\ f(\alpha x) + \frac{x^2}{2{\times}2^{2n}}\frac{df(\alpha x)}{\alpha dx} + \frac{x^3}{2{\times}3{\times}2^{3n}}\frac{d^2f(\alpha x)}{\alpha^2 dx^2} + \frac{z^4}{2{\times}3{\times}4{\times}2^{4n}}\frac{d^3f(\alpha x)}{\alpha^3 dx^3} + ...$$

Se expandirmos também a função para o lado direito de E (isto é, $f(\alpha x - z)$) e supondo $Ec = z$, vem:

$$cm = f(\alpha x) - z\frac{df(\alpha x)}{\alpha dx} + z^2\frac{d^2f(\alpha x)}{2\alpha^2 dx^2} - z^3\frac{d^3f(\alpha x)}{2{\times}3{\times}\alpha^3 dx^3} + ...$$

integrando, o espaço curvilíneo será dado por:

$$EFeI = \frac{x}{2^n}\ f(\alpha x) - \frac{x^2}{2{\times}2^{2n}}\frac{df(\alpha x)}{\alpha dx} + \frac{x^3}{2{\times}3{\times}2^{3n}}\frac{d^2f(\alpha x)}{\alpha^2 dx^2} - \frac{x^4}{2{\times}3{\times}4{\times}2^{4n}}\frac{d^3f(\alpha x)}{\alpha^3 dx^3} + ...$$

logo a área do trapézio,

$$IeFfG = \frac{x}{2^{n-1}}\ f(\alpha x) + \frac{x^3}{3{\times}2^{3n}}\frac{d^2f(\alpha x)}{\alpha^2 dx^2} + \frac{x^5}{3{\times}4{\times}2^{5n}}\frac{d^4f(\alpha x)}{\alpha 4dx^4} + ...$$

Como a fórmula precedente se refere a qualquer dos espaços curvilíneos correspondentes a cada um dos trapézios, para termos a área total não há mais do que substituir em lugar de K todos os números ímpares de 1 até $(2^n - 1)$ inclusive, e ordenando os termos acharemos o integral de A a D:

$$\begin{gathered}\int f(x)dx = \frac{x}{2^{n-1}}\left[f\left(\frac{x}{2^n}\right) + f\left(\frac{3x}{2^n}\right) + f\left(\frac{5x}{2^n}\right) + ... + f\left(\frac{(2^n-1)x}{2^n}\right)\right] + \\ \frac{x^3}{3!2^{3n-1}}\left[f''\left(\frac{x}{2^n}\right) + f''\left(\frac{3x}{2^n}\right) + f''\left(\frac{5x}{2^n}\right) + ... + f''\left(\frac{(2^n-1)x}{2^n}\right)\right] + \\ \frac{x^5}{5!2^{5n-1}}\left[f^{(4)}\left(\frac{x}{2^n}\right) + f^{(4)}\left(\frac{3x}{2^n}\right) + f^{(4)}\left(\frac{5x}{2^n}\right) + ... + f^{(4)}\left(\frac{(2^n-1)x}{2^n}\right)\right] + \\ + \frac{x^7}{7!2^{7n-1}}\left[f^{(6)}\left(\frac{x}{2^n}\right) + f^{(6)}\left(\frac{3x}{2^n}\right) + f^{(6)}\left(\frac{5x}{2^n}\right) + ... + f^{(6)}\left(\frac{(2^n-1)x}{2^n}\right)\right] + ...\end{gathered} \tag{9.7}$$

> *«e deste modo fica a regra de M. Fontaine servindo de primeiro termo de uma série, que se continuará até onde parecer conveniente. Esta série se terminará, e dará o integral exactamente, todas as vezes que alguma das funções $f''(x)$, $f^{(4)}(x)$, etc. se achar constante ou nula porque serão todas as seguintes. E sempre haverá dois modos de conseguir um grau proposto de exactidão, ou fazendo n maior, e tomando menos termos da série; ou menor, tomando mais.»* [Monteiro da Rocha 1797b, p.235]

Claro que este 2^o método enfrenta uma dificuldade que se poderá revelar uma tarefa mais ou menos árdua, o cálculo das derivadas. Por isso a extensão da série dependerá em muito do cálculo das sucessivas derivadas da função integranda. Mas vejamos um exemplo da aplicação deste método (usaremos a notação met_JMR_i para nos referirmos a este *2º método*, para $n = i$).

- **cálculo do integral:** $\int_0^1 \frac{dx}{1+x^2}$.

Sendo $f(x) = \frac{1}{1+x^2}$, temos (tomando $n = 3$) as seguintes derivadas:

$$f''(x) = -2\frac{\left(1-3x^2\right)}{\left(1+x^2\right)^3}, \text{ e}$$

$$f^{(4)}(x) = \frac{24\left(1-10x^2+5x^6\right)}{\left(1+x^2\right)^5}, \text{ e}$$

$$f^{(6)}(x) = \frac{720\left(1-21x^2+35x^4-7x^6\right)}{\left(1+x^2\right)^7},$$

ficando então:

$$met\_JMR_3 = \frac{1}{4}\left[\frac{1}{1+\left(\frac{1}{8}\right)^2} + \frac{1}{1+\left(\frac{3}{8}\right)^2} + \frac{1}{1+\left(\frac{5}{8}\right)^2} + \frac{1}{1+\left(\frac{7}{8}\right)^2}\right] +$$

$$+\frac{1}{1536}\left(-2\frac{\left(1-3\left(\frac{1}{8}\right)^2\right)}{\left(1+\left(\frac{1}{8}\right)^2\right)^3} - 2\frac{\left(1-3\left(\frac{3}{8}\right)^2\right)}{\left(1+\left(\frac{3}{8}\right)^2\right)^3} - 2\frac{\left(1-3\left(\frac{5}{8}\right)^2\right)}{\left(1+\left(\frac{5}{8}\right)^2\right)^3} - 2\frac{\left(1-3\left(\frac{7}{8}\right)^2\right)}{\left(1+\left(\frac{7}{8}\right)^2\right)^3}\right) +$$

$$+\frac{1}{1966080}\left(\frac{24\left(1-10\left(\frac{1}{8}\right)^2+5\left(\frac{1}{8}\right)^6\right)}{\left(1+\left(\frac{1}{8}\right)^2\right)^5} + \frac{24\left(1-10\left(\frac{3}{8}\right)^2+5\left(\frac{3}{8}\right)^6\right)}{\left(1+\left(\frac{3}{8}\right)^2\right)^5}\right) +$$

$$\frac{1}{1966080}\left(\frac{24\left(1-10\left(\frac{5}{8}\right)^2+5\left(\frac{5}{8}\right)^6\right)}{\left(1+\left(\frac{5}{8}\right)^2\right)^5} + \frac{24\left(1-10\left(\frac{7}{8}\right)^2+5\left(\frac{7}{8}\right)^6\right)}{\left(1+\left(\frac{7}{8}\right)^2\right)^5}\right) +$$

$$+\frac{1}{5284823040}\left(\frac{720\left(1-21\left(\frac{1}{8}\right)^2+35\left(\frac{1}{8}\right)^4-7\left(\frac{1}{8}\right)^6\right)}{\left(1+\left(\frac{1}{8}\right)^2\right)^7} + \frac{720\left(1-21\left(\frac{3}{8}\right)^2+35\left(\frac{3}{8}\right)^4-7\left(\frac{3}{8}\right)^6\right)}{\left(1+\left(\frac{3}{8}\right)^2\right)^7}\right) +$$

$$+\frac{1}{5284823040} + \left(\frac{720\left(1-21\left(\frac{5}{8}\right)^2+35\left(\frac{5}{8}\right)^4-7\left(\frac{5}{8}\right)^6\right)}{\left(1+\left(\frac{5}{8}\right)^2\right)^7} + \frac{720\left(1-21\left(\frac{7}{8}\right)^2+35\left(\frac{7}{8}\right)^4-7\left(\frac{7}{8}\right)^6\right)}{\left(1+\left(\frac{7}{8}\right)^2\right)^7}\right)$$

Calculando dá:

$$met\_JMR_3 = 0,785398113373.$$

Na realidade o esforço de cálculo não é pouco mas é com certeza muito menor do que calcular o mesmo integral através da regra de Fontaine com $n = 15$ (equivalente a 32768 ordenadas), pois só assim se conseguiria obter a mesma precisão.

'Casos, em que não tem lugar a regra de M. Fontaine nem os métodos precedentes'

Neste último capítulo Monteiro da Rocha estuda o caso dos integrais impróprios, estudando tanto os integrais impróprios com limites de integração infinitos – *«casos da quadratura dos espaços assimptóticos para a parte do eixo das abcissas»* –, como os integrais impróprios com limites de integração finitos, que como sabemos são aqueles em que a função integranda é descontínua num dos extremos do intervalo de integração – *«[caso dos] integrais de espaços assimptóticos finitos para a parte de uma das ordenadas, ou de ambas delas, que então serão infinitos»*.

Considerendo primeiro os integrais do tipo: $\int_a^{\infty} f(x)dx$, $\left(\text{ou} \int_{-\infty}^{b} f(x)dx\right)$, as técnicas mais vulgares que hoje em dia usamos quando na análise numérica nos deparamos com integrais deste tipo é basicamente tentar uma mudança de variável, com o objectivo de transformar o integral impróprio noutro integral definido, ou tentar truncar o intervalo de integração:

$$\int_a^{\infty} f(x)dx = \int_a^{k} f(x)dx + \int_k^{\infty} f(x)dx,$$

escolhendo k de maneira a que que o integral impróprio do 2^o membro seja em módulo tão pequeno que se possa desprezar.

A abordagem de Monteiro da Rocha é algo similar. Também propõe a partição do intervalo de modo a poder aplicar a cada uma as várias ferramentas de integração de que dispunha: as quadraturas, a integração por séries ou a integração por partes:

> *«Nestes casos não há remédio, se não o de recorrer aos meios que oferece o cálculo integral, ao menos para se calcular uma parte desses espaços, que contenha tudo que decorre desde um ponto dado da abcissa até ao infinito, ficando o resto desde a origem até esse ponto para o método das quadraturas, se pelo mesmo cálculo integral se não poder comodamente achar.»* [Monteiro da Rocha 1797b, p.239].

Por exemplo, para o integral: $\int_0^{\infty} \frac{1}{\sqrt{1+x^4}}dx = \int_0^{k} \frac{1}{\sqrt{1+x^4}}dx + \int_k^{\infty} \frac{1}{\sqrt{1+x^4}}dx$, escolhe $k = 2$, porque como: $\frac{dx}{\sqrt{1+x^4}} = \frac{dx}{x^2} - \frac{dx}{2x^6} + \frac{3dx}{8x^{10}} + ...$, o integral da série: $\int_k^{\infty} \frac{dx}{x^2} - \frac{dx}{2x^6} + \frac{3dx}{8x^{10}} + ... = \frac{1}{k} - \frac{1}{10k^5} + \frac{1}{24k^9} + ...$, é convergente para $k \geq 1$. Ficando assim o integral: $\int_2^{\infty} \frac{1}{\sqrt{1+x^4}}dx$ calculado pela série de cima e o outro, $\int_0^{2} \frac{1}{\sqrt{1+x^4}}dx$, por outros métodos, como por exemplo as quadraturas[37].

A exactidão dos vários métodos dependia, *«de se dividir as abcissas em partes muito pequenas, e que isso não pode ter lugar quando as abcissas são muito grandes, sem nos empenharmos em cálculos imensos.»*

Para os integrais: $\int_a^b f(x)dx$ o método das quadraturas de Fontaine não se revela mau de todo, pois como vimos não faz uso do valor da função nos extremos dos intervalos de integração e assim as singularidades existentes em a ou b acabam por não se revelar muito preocupantes (pelo menos para valores de n relativamente pequenos). Mas quando consideramos o aumento de n os valores de: $f\left(\frac{x}{2^n}\right)$ e $f\left(\frac{(2^n-1)x}{2^n}\right)$, aproximam-se de $f(0)$ e de $f(1)$ (isto considerando o intervalo de integração $[a,b]$ normalizado). Ciente deste facto Monteiro da Rocha propõe a truncatura do intervalo de integração, ou o uso do seu *'2º método de fazer muito convergente a regra de M. Fontaine'.* Por exemplo no cálculo do integral: $\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{x(1-x^2)}}$, propõe que este se calcule entre $\frac{1}{10}$ e $\frac{9}{10}$, isto é: $\int_{\frac{1}{10}}^{\frac{9}{10}} \frac{dx}{\sqrt{x(1-x^2)}}$.

Como se vê a abordagem dos integrais impróprios por parte de Monteiro da Rocha numa época em que os matemáticos ainda se gladiavam com problemas de amadurecimento e sistematização dos princípios do cálculo é notável e como muito bem adverte:

> *«Isto são advertências gerais, que ainda deixam muito que fazer à indústria, e sagacidade de cada um nos casos particulares»*

visto que,

> *«Isto de 'Tetragonismos universais' são pretenções tão vãs, e tão quiméricas, como as do Movimento perpétuo, Pedra Filosofal, etc.»*

---

[37] Na verdade Monteiro da Rocha ainda parte este integral em dois: $\int_0^{1/2} \frac{1}{\sqrt{1+x^4}}dx + \int_{1/2}^{1} \frac{1}{\sqrt{1+x^4}}dx$. Onde o primeiro é calculado pela série geral do $\int_0^{1/2} \frac{1}{\sqrt{1+x^4}}dx$, que é convergente para $x \leq 1$ e o integral $\int_{1/2}^{1} \frac{1}{\sqrt{1+x^4}}dx$, é calculado através das quadraturas.

Capítulo 10

Monteiro da Rocha e a medição de pipas e toneis

10.1 Introdução

No mesmo volume das memórias da ACL em que foi publicado o trabalho das *'quadraturas'* é publicado um outro de Monteiro da Rocha intitulado: *«Solução Geral do Problema de Kepler sobre a medição das Pipas e Toneis»* [Monteiro da Rocha 1797a][1]. Neste trabalho Monteiro da Rocha pretende dar solução a um problema bem real no quotidiano do comércio de bebidas e, de certa maneira, de toda a mercadoria de substâncias líquidas que se faziam transportar em pipas e toneis: a determinação do seu volume total ou parcial,

> *«Quando se vendem, ou compram grossas partidas destas vasilhas cheias de qualquer licor, seria muito arriscado proceder sobre um juízo conjectural dos almudes, que em cada uma delas se contém, e muito trabalhoso medi-los efectivamente sobre a evacuação de todas, além da alteração notável, que nisto deveria padecer a qualidade dos licores»* [Monteiro da Rocha 1797a, p.2].

Monteiro da Rocha acreditava na utilidade prática da ciência, estava convicto de que esta poderia e deveria contribuir para o bem-estar dos povos e das nações e este trabalho reflete bem essa crença pois tinha como objectivo fornecer aos comerciantes uma tabela e um procedimento fácil para estimarem com segurança o volume contido em certas vasilhas como as pipas e os toneis.

[1] Esta *memória* de Monteiro da Rocha consta de 71 parágrafos distribuidos por 37 páginas (pp.1-36). No final do volume vêm impressas 3 figuras auxiliares e uma tabela intitulada *«Medição das Pipas e Toneis»*.

Embora só publicada em 1797 sabemos que a sua versão manuscrita data dos inícios da década de 1780, estando já finalizada por volta de Agosto de 1783. Numa carta, de 31 de Agosto de 1783, para o Visconde de Barbacena, Monteiro da Rocha afirma que já a havia escrito há mais de um ano (1782) e que pelo menos desde 1768 se vinha a interessar por o assunto: «*Mas aproveitando-me do descanso das férias acabei a obra inclusa, começada há mais de um ano, e ideada há mais de quinze, a qual, ainda pequena, foi de muito trabalho, pela grande multidão de operações numéricas, que eram necessárias para construir a Tábua, que vai no fim dela.*» [Cristovão Aires 1927, p.216][2]. Esta *memória* vai também ao encontro dos objectivos da recém-criada ACL, da qual Monteiro da Rocha foi um dos primeiros sócios, e que tão bem se sintetizam nas palavras de António José de Sá (?-1819): *«a ciência e a indústria livres de afectação e prejuízos, [tinham na ACL] por objecto o bem da Pátria. [5 de Fevereiro de 1781]»* [Cristovão Aires 1927, pp.161-163][3].

O problema de saber o correcto volume de líquidos armazenados em pipas e toneis era bastante importante para o comércio e fiscalidade de qualquer país. As estimativas por defeito ou por excesso prejudicavam sempre os envolvidos e por isso uma boa solução seria com toda a certeza além de necessária bem-vinda,

> *«A necessidade destas medições chegou a estabelecer nas Praças maiores de comércio o ofício de quem as fizesse por sua arte, e era necessário dar algumas regras a estes Medidores. Assim de todas aquelas ideias precárias se formaram de diferentes métodos em diferentes lugares, que os ditos Medidores têm cegamente praticado por muitos anos, com prejuízo enormíssimo dos direitos dos Soberanos, e dos interesses dos particulares, que se regulam por semelhantes medições.»* [Monteiro da Rocha 1797a, p.7]

Para o cálculo aproximado da capacidade de uma pipa usavam-se várias fórmulas empíricas, por exemplo esta: $V = 0.82 \times D \times d \times L$, em que D é a largura do interior da cintura do pipo, d é o diâmetro da tampa ou fundo, L a altura do pipo (da tampa ao fundo) e 0.82 uma constante [J. Brito 2006, p.40]; ou ainda esta: $V = D^3 \times 0.605\ \mathrm{m}^3$,

[2]Sabemos que em 26 de Fevereiro de 1787 Monteiro da Rocha envia uma outra cópia para a Academia (carta para o Secretário): *«Illmo. e Exmo. Sr. pelo seguro do Correio remeto a V. Ex.ª a Memória sobre a Medição das Pipas»* [Cristovão Aires 1927, p.247].

[3]Na carta de 13 de Agosto de 1783, anteriormente referida, Monteiro da Rocha expressa bem essa preocupação com o bem público: *«Tudo darei por bem empregado [o esforço de cálculo para a construção da referida «Tábua»] se merecer a aprovação de V. Exa. e da Academia, e redundar em utilidade do público. P.S. A Tábua pode imprimir-se também separadamente em uma grande folha de papel com o uso dela, que se tomará substanciado o que digo desde o nº 65 até 70, e transcrevendo os Preceitos nº 71 com o seu exemplo. Porque essa folha grudada em um papelão será muito cómoda para os medidores, que se determinarem a servir o seu ofício com exactidão.»* [Cristovão Aires 1927, p.216].

sendo D a distância da batoqueira ao bordo inferior interno da pipa [Casa do Douro 1936] (veja-se [A. Meskens 1994] para um historial detalhado das fórmulas usadas pelos medidores europeus nos séculos XVI e XVII).

O problema revestia-se ainda de maior dificuldade quando não era propriamente o volume de uma pipa cheia que se pretendia saber mas sim o volume parcial do líquido que ela continha[4]. E se essa solução fosse apoiada na autoridade científica, neste caso da matemática, então a sua implementação junto dos negociantes seria com toda a certeza mais fácil e mais consensual – *«A Geometria neste caso, assim como em milhares de outros, é o único recurso que temos, pois somente ela nos pode ensinar a calcular com certeza a capacidade destes sólidos»*. Porém no século XVIII este problema ainda carecia de solução, ou pelo menos de uma regulação e consenso reconhecida por todos os intervenientes. Terá sido precisamente este o motivo que terá levado em 1735 Colin Maclaurin (1698-1746) a dedicar-se-lhe a pedido dos *Commissioners of Excise* do porto de Glasgow [5]. Judith Grabiner no seu estudo sobre a contribuição de Maclaurin para a medição dos barris afirma que a importância do comércio dos barris de melaço na Grâ-Bretanha tinha um peso tal na economia do país que era premente ter métodos precisos para a determinação dos seus volumes (o imposto de consumo foi a fonte mais importante da receita fiscal na Grã-Bretanha até o desenvolvimento dos impostos de rendimento[6]).

Não será de estranhar que em Portugal as transacções comerciais, tanto internas como externas, de produtos e matérias que se faziam transportar em barris e pipas – *«The universal container of the Atlantic world until the twentieth century»* [J. McCuster 1991] –, também fossem afectadas por este problema. Em 1756 o governo português publica um Alvará (20-Nov-1756) – *'Acerca da avolumação dos fardos e vasilhas que se carregam para a América, e seus fretes'* –, onde regulava o pagamento *«das mercadorias líquidas, e volumosas, que se transportam da Cidade de Lisboa para os diferentes portos das Américas, e deles para este Reino; computando-se o preço dos mesmos fretes, ou o número de toneladas, de que depende, pela estimação dos Contra-Mestres, que ordinariamente são destituídos de todas as instruções necessárias para fazerem arbitramentos tão importantes aos comuns interesses do Comércio, e da*

[4]Também para este problema se propunham fórmulas aproximadas: $V_{parcial} = \alpha \times V_{total}$, sendo o coeficiente α, designado por décimal, obtido através de uma tabela que relacionava a altura do líquido contido na pipa com a altura da mesma pipa [Casa do Douro 1936].

[5]Escreve Patrick Murdoch um dos seus biógrafos: *«to terminate some disputs of consequence, that had arisen at Glasgow concerning the gauging of vessels; and for that purpose, presented to the commissioners of excise two elaborate memorials, containing rules by wich the officers now act, wit their demonstrations»*, citado em [J. Grabiner 1998, p.140].

[6] *«the molasses trade and the excise were central to the society of the 18th-century Britain, both economically and politically»* [J. Grabiner 1998, p.146].

Navegação» [A. Silva 1830, pp.455-456][7].

Vejamos o caso do vinho, um dos principais produtos que se fazia guardar, transportar e comercializar neste tipo de recipientes. A sua produção e comercialização, tanto interna como externa, era de extrema importância para a economia portuguesa, tendo na nossa balança comercial um enorme peso relativo. Relembremos que em 31 e Agosto de 1756 é criada por Pombal a Companhia Geral da Agricultura das Vinhas do Alto Douro, com o objectivo de deter o monopólio do comércio do vinho e das aguardentes – *«Sendo o principal objecto desta Companhia sustentar com a reputação dos vinhos a cultura das vinhas, e beneficiar ao mesmo tempo o comércio, que se faz neste género, estabelecendo para ele um preço regular»* [A. Silva 1828a, pp.426-441] –, consolidando assim o poder comercial nacional face aos comerciantes ingleses instalados na cidade do Porto. Ao longo do século XVIII assiste-se a um crescendo da sua exportação, com cerca de 1200 pipas em 1675-79, para as 33000 pipas em 1785-89 [José Serrão 1993]. A importância do vinho e seus derivados é tal que é precisamente à taxação fiscal destes produtos que o governo de D. José I vai buscar receitas para fazer face às despesas das reformas educativas que empreendia, instituindo, em 10 de Novembro de 1772, o imposto Subsídio Literário.

O comércio do vinho está por isso intimamente ligado ao problema da medição dos volumes do vasilhame onde se fazia transportar. A este nível ofereciam-se duas grandes dificuldades: a existência de diferentes unidades de medida em cada região e saber qual a capacidade total ou parcial de uma dada pipa ou tonel[8]. Monteiro da Rocha bem ciente de toda esta problemática procura dar-lhe uma resposta e encontra aí um motivo para a escrita deste trabalho onde dará a *«prática da medição dos toneis»* pelo simples uso de uma tabela, que *«grudada em um papelão será muito cómoda para os medidores, que se determinarem a servir o seu ofício com exactidão.»* [Monteiro da Rocha 1797a, p.30].

10.2 Breve história do problema da medição das vasilhas

O problema do cálculo dos volumes das pipas e toneis tem uma história antiga, iniciada, provavelmente, na antiguidade clássica, muitos séculos antes da invenção do cálculo

[7] Pela resolução de 25 de Junho de 1796 mandou-se usar de medidas estereométricas para a avaliação das vasilhas de licores e pagamento dos direitos respectivos [Joaquim Sousa 1827], e por decreto de 13 de Julho de 1802 nomeou-se um medidor *«instruído na prática, e método fácil de medidas estereométricas, para na Mesa dos Vinhos avaliar as pipas, e cascos não aferidos, e legitimados, com as competentes marcas»* [João Ribeiro 1807, p.87].

[8] Nas *Memórias Económicas* da Academia das Ciências para o ano de 1815, Francisco de Mendo Trigoso escreve uma *memória* sobre os pesos e medidas usados em Portugal, concluindo que as diversas variedades usadas no país eram um sério problema que acarretava graves consequências para a economia [Francisco Trigoso 1815]. Consulte-se também [José Veiga 1954, p.240] sobre a equivalência do almude em algumas regiões de Portugal.

integral, que viria finalmente no século XVIII a proporcionar as ferramentas teóricas indispensáveis à sua solução[9]. Muitos dos livros de geometria do Renascimento lidavam com este problema entre muito outros, como por exemplo os relacionados com questões de perspectiva, sendo por isso também usados pelos pintores da época. O pintor e matemático renascentista Piero Della Francesca (1416-1492) no seu *De Abaco* abordava o problema da capacidade das vasilhas, sugerindo aos mercadores vários métodos para a sua determinação. Segundo M. Baxandall a habilidade de um comerciante para estimar volumes de formas complexas a partir de volumes simples, cuja capacidade era conhecida, seria semelhante ao modo como um pintor ou um escultor pintava ou esculpia as formas nas suas obras [M. Baxandall 1988, p.87]. Mais tarde, um dos primeiros e principais autores a debruçar-se seriamente sobre este problema foi Kepler (1571-1630), que em 1615 escreve *Nova Stereometria doliorum vinariorum* (Linz, 1615) – *'Novo Método de Medição de Barris de Vinho'* –, onde baseando-se na técnica dos indivisíveis tenta dar-lhe resposta [G. Schubring 2005, p.31]. Depois, ao longo de todo o século XVII e XVIII muitos livros foram publicados, onde se propunham várias fórmulas para o cálculo aproximado do volume de vários sólidos[10]. A aproximação das barricas por sólidos de revolução, produzidos por rotação de secções cónicas era a técnica que mais se usava como escreve Monteiro da Rocha,

> *«As vasilhas, que ordinariamente servem para guardar, e transportar toda a espécie de licores, são construídas de maneira, que podem sensivelmente tomar-se por sólidos de revolução, compostos de dois troncos iguais, e semelhantes, os quais se ajustam pelas suas bases maiores [...]»* [Monteiro da Rocha 1797a, p.3].

Monteiro da Rocha na sua *memória* [Monteiro da Rocha 1797a, pp.2-8] descreve algumas dessas contribuições e técnicas, concluindo:

> *«Eis aqui tudo o que até ao presente se tem imaginado nesta matéria, a qual certamente se não exauriu, restando ainda muitos sólidos conhecidos, que não eram menos próprios, que os referidos, para se representarem de um modo aproximado a forma das pipas [...]. Por esta razão parece mais judicioso o partido de Ward, seguido ultimamente pelos Medidores mais inteligentes, e escrupulosos no seu ofício, o qual admite as quatro hipóteses vulgares acima referidas, conforme as circunstâncias: supondo I. que as*

[9] Monteiro da Rocha faz uma breve introdução histórica sobre as várias tentativas feitas para a resolução deste problema [Monteiro da Rocha 1797a, pp.1-9], com o qual estaria por certo bastante familiarizado pois havia sido estudado por vários matemáticos jesuítas desde o século XVII.

[10] Grabiner realça os seguintes autores: William Oughtred (1575-1660), Henry Phillipes, Thomas Everhard, Charles Leadbetter, Robert Shirtcliffe, Henry Crouch [J. Grabiner 1998, p.154].

> *pipas se compõem de duas pirâmides cónicas truncadas [...]; II. de dois conóides parabólicos truncados [...]; III. de um fuso parabólico truncado de ambas as partes [...]; IV. e de um esferóide elíptico igualmente truncado.»* [Monteiro da Rocha 1797a, p.5]

José Monteiro da Rocha começa por criticar a contribuição que Allain Manesson Mallet (1630-1706) dá no seu *La Geometrie Pratique*, 4 vols. (Paris, 1702), onde aproxima uma pipa a um cilindro com o mesmo comprimento, aproximação que Monteiro da Rocha afirma ser *«manifestamente errónea por defeito».* Menciona também as contribuições de Clávio[11], de Tacquet (1612-1660)[12], de Dechalles[13] e Kepler, que ao considerarem as pipas compostas por duas pirâmides cónicas truncadas unidas pelas bases desprezaram a curvatura das aduelas, que sendo contudo pequena *«gera pela revolução capacidade muito notável, que não é de desprezar».* A contribuição de Esprit Pezenas (1692-1776) já tinha em conta a inflexão das aduelas, mas pecava porque a suponha crescendo do batoque até aos tampos quando era precisamente o contrário, *«segundo a construção adoptada pelos Tanoeiros de todas as Nações»*[14]. As contribuições de John Wallis e de Charles Étienne L. Camus (1699-1768) consideravam as pipas como sólidos obtidos por revolução de parábolas, o que já tinha em conta a maior curvatura das aduelas no meio da pipa do que nas extremidades. William Oughtred (1574-1660) considerava as pipas como esferóides oblongos truncados e juntos pelas bases, contrucção que Monteiro da Rocha considerava não corresponder à realidade,

> *«porque para isso era necessário, que a curvatura das aduelas fosse maior para as extremidades do que para o meio das pipas; e a construção actual dos Tanoeiros de todas as Nações, se acha sempre praticado o contrário, como já dissemos. Sem embargo há casos, em que esta hipótese, por uma feliz compensação de umas coisas com as outras, e talvez com os erros cometidos nas medidas, satisfaz à experiência melhor que as precedentes, mas estes casos são raros, e pela maior e parte se acha errónea por excesso»* [Monteiro da Rocha 1797a, p.4].

Apesar de muitas outras formas puderem ser propostas para simularem a forma das pipas, como por exemplo os sólidos gerados pela *«revolução da hipérbole equilátera,*

[11] Christoph Clavius, *Geometria practica* (Roma, 1604).

[12] Tacquet aborda o problema dos volumes tanto no *Cylindricorum et Annularium* (Antuérpia, 1651) [Tacquet 1707, pp. 458-503], como no *Geometria Pratica* (Antuérpia, 1656) [Tacquet 1707, pp249-340]; embora a questão prática da medição das pipas seja abordada nesta última (obra presente na biblioteca pessoal de Monteiro da Rocha).

[13] Claude-François Milliet Dechales, *Cursus seu mundus mathematicus*, 3 vols. (Lyon, 1674); obra também presente na biblioteca pessoal de Monteiro da Rocha.

[14] Sobre a técnica e materiais usados desde a época medieval na construção das pipas e toneis veja-se [J. Brito 2006, pp.33-50].

da conchóide superior, e da catenária», a verdade é que estas não eram consideradas pelos diversos autores, *«talvez que a maior dificuldade do cálculo os tenha excluído dos Tratados de Geometria Prática até ao presente»*, reflecte Monteiro da Rocha.

A dificuldade do problema aumentava quando se pretendia estimar o volume parcial de líquido contido num pipo, de tal maneira que o problema dos *«segmentos dos toneis»* ficou muito tempo sem solução, acabando por ficar conhecido com o nome do próprio Kepler que o havia proposto – *Problematis de dimetiendo dolio non pleno Solutionem, ob dificultatem, memo buscusque aggressus est* [Acta Eruditorum 1709, p.137]. Monteiro da Rocha afirma que foi Pezenas [E. Pezenas 1750], *«o primeiro, que trabalhou com sucesso em resolver o Problema, de que tratamos, e com efeito o resolveu perfeitamente na suposição particular de serem as pipas compostas de dois conóides parabólicos truncados»*, porém acrescentando,

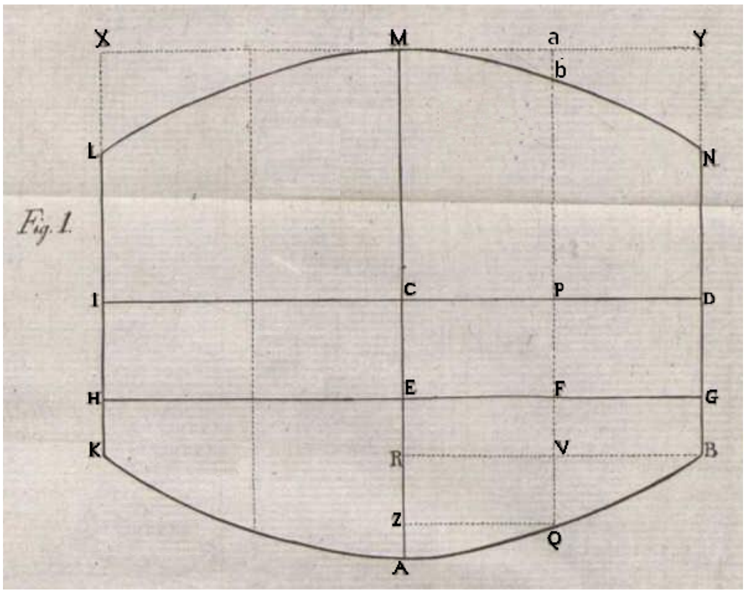
> *«ainda que incomparavelmente superior às regras arbitrárias dos Medidores, não satisfaz plenamente à questão, mas que era necessário achar modo de calcular os segmentos [...] de um sólido mais geral, que contivesse a todos, e satisfizesse a todas as formas intermédias, que as pipas podem ter, com a maior exacção prática, que é possível.»* [Monteiro da Rocha 1797a, p.9].

Sabe-se desde 1996 que em 1735 Maclaurin escreveu a pedido da Comissão Escocesa de Impostos uma memória onde explicava como se devia proceder na medição do volume de um líquido contido numa pipa através do simples mergulho de uma vareta [J. Grabiner 1996]. Segundo Grabiner este trabalho terá sido a primeira tentativa de resolução do problema da determinação dos volumes das pipas segundo as novas técnicas do cálculo – o manuscrito de Maclaurin publicado por Grabiner intitula-se, *Memorial offered to the Honourable Commissiners of Excise concerning the Mensuration of Tuns or Backs* [J. Grabiner 1996].

10.3 A memória: *'Solução Geral do Problema de Kepler sobre a medição das Pipas e Toneis'*

O problema a que Monteiro da Rocha pretende dar solução é o seguinte,

> «*Determinar a solidez de qualquer segmento de um sólido de revolução, feito por um plano paralelo ao eixo dele*» [Monteiro da Rocha 1797a, p.9] – a figura seguinte diz respeito à pipa em corte longitudinal [fig.1 da *memória*],



A curva KAB girando em torno do eixo ID origina o sólido de revolução, a pipa, $AKLNB$; porém Monteiro da Rocha pretende não apenas determinar qual é o volume total da pipa mas especialmente qual é o volume do segmento sólido $HKABG$, visto que a pipa pode não estar totalmente cheia,

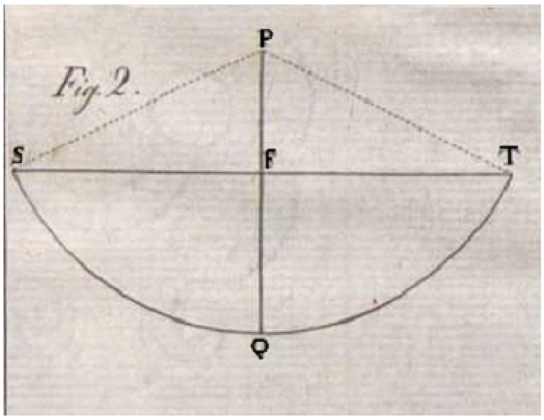
> *«se reduz a questão em todos os casos a somar uma série de segmentos circulares, cuja abcissa PF contada do centro é constante, e os raios variáveis PQ dependem da natureza da curva gerante KAB».*

Para tal Monteiro da Rocha estuda 6 tipos de curvas ($y = f(x)$) ilustrativas das várias formas que as aduelas das pipas e dos toneis podem ter, fazendo de seguida algumas reflexões de ordem teórico-prática sobre como medir o volume parcial de uma pipa – *«Reflexões sobre a solução precedente»* (pp.23-30) –, e terminando com uma secção intitulada, *«Práctica da Medição dos Toneis»* (pp.30-36), onde fornece uma tabela e um algoritmo relativamente simples para a *«medição [parcial] das pipas, e toneis»*:

> *«é, que a solução requer um cálculo, que excede muito a capacidade dos Medidores vulgares; e a não facilitar, e abreviar o uso dela, ficará ociosa neste papel, como tem sucedido a um grande número de teorias belísimas, que nunca passaram da cabeça dos Geómetras para as mãos dos Artífices»* [Monteiro da Rocha 1797a, p.30].

Como facilmente se percebe o problema teórico reside no cálculo de integrais do tipo: $\int \pi \, [f(x)]^2 \, dx$, que fornecem o volume de sólidos de revolução.

Vejamos como se propõe Monteiro da Rocha calcular o volume ($HKABG$) da pipa não completamente cheia (será interessante consultar-se [A. Meskens 1994, pp.137-146]). Para tal Monteiro da Rocha calcula o elemento de volume $dV = AEFQ$, imaginando-o uma secção circular SQT, de raio $PQ = PT$, e espessura dx (consideramos o eixo dos $x//ID$ e o do $y//KL$ – fig.2 da *memória*). Seccionando a pipa pelo seu eixo PF, perpendicular ao eixo ID, obtém-se o sector semicircular SQT (veja-se a figura seguinte), *«cuja abcissa PF contada do centro é constante, e os raios variáveis PQ dependem da natureza da curva gerante KAB»* [Monteiro da Rocha 1797a, p.10] (a figura seguinte corresponde ao corte transversal da pipa [fig.2 da *memória*]).



A área de uma qualquer secção circular de raio r é dada por: $\frac{1}{2}r^2\,(2\phi - \sin 2\phi) = r^2\phi - r^2 \sin\phi\cos\phi$; (sendo ϕ metade do ângulo ao centro, no caso da figura $\phi = \measuredangle QPT$). Assim, e usando a notação da *memória*: $CA = a$, $DB = b$, $CD = h$, $CE = PF = f$, $CP = EF = x$, (fig.1 da *memória*); $PQ = y$, e $\frac{f}{y} = \cos\phi$ (fig.2 da *memória*) – note-se que o sector circular SQT tem raio $PQ = PT$, logo pelo teorema de Pitágoras $FT = \sqrt{y2 - f2}$), a área do referido sector circular é dada por: $y^2\phi - f\sqrt{y^2 - f^2}$.

Por conseguinte o elemento de volume $dV = AEFQ$ é dado por,

$$dV = \phi y^2 dx - f\sqrt{y^2 - f^2}dx \tag{10.1}$$

Integrando esta expressão obtemos o volume (parcial) de líquido ($V = HKABG$) contido na pipa,

$$V = 2\int_0^h \phi y^2 dx - f\int_0^h \sqrt{y^2 - f^2}dx \tag{10.2}$$

«integral, que deve tomar-se de C até D, e depois dobrar-se, para ter o segmento total $ABGHK$, no caso de ser o ramo AK igual e semelhante a AB, e não o sendo, se tomará o integral de C até D, e depois de C

> *até I, e a soma destas duas partes dará o segmento total, que se procura.»* [Monteiro da Rocha 1797a, pp.10-11][15].

Monteiro da Rocha integrando por partes o primeiro integral (em notação actual: $\int \phi(x)y^2(x)dx = \phi(x)\int y^2(x)dx - \int \phi'(x)\left(y^2(x)dx\right)dx$) e tendo em conta que $\sin\phi = \frac{\sqrt{y^2-f^2}}{y}$ e $d\phi = \frac{fdy}{y\sqrt{y^2-f^2}}$, obtém aquela que apelida de equação fundamental do problema,

$$V = 2\left[\phi\int y^2dx - f\int \frac{dy}{y\sqrt{y^2-f^2}}\int y^2dx - f\int\sqrt{y^2-f^2}dx\right] \qquad (10.3)$$

> *«Bem se vê, que dada a equação da curva AQB, não há mais que buscar o valor de dx em y e dy, substituí-lo na fórmula precedente, e fazer as integrações indicadas, as quais pertencem ao método das quadraturas; e quando não possam executar-se algebricamente, nem reduzir-se a arcos de círculo, ou a logaritmos, sempre poderão resolver-se em todos os casos pelos métodos de aproximação, de que os Geómetras se costumam servir em último recurso.»* [Monteiro da Rocha 1797a, pp.10-11]

Como dissemos Monteiro da Rocha estuda 6 tipos de formas para as aduelas (a que chama de *'exemplos'* – do *'exemplo I'*, ..., ao *'exemplo VI'*); i.e. 6 curvas $KAB \equiv y = f(x)$, para as quais obtém as fórmulas que permitem calcular os volumes totais $(AKLNB)$ e parciais $(HKABG)$.

O **'exemplo I'** (p.11) trata da forma cilíndrica – *«AQB é uma linha recta paralela ao eixo ID, que vem a ser o mesmo que dizer, que o sólido AKLNB é um cilindro»* –, sendo a função dada por $y = a$.

O **'exemplo II'** (pp.11-13) considera a pipa formada por dois cones truncados (que designa por 'pirâmides truncadas') unidos pelas bases maiores – *«suponhamos, que AQB, e AK são duas linhas rectas igualmente inclinadas ao eixo ID»* –, neste caso a equação da linha (recta) AQB é dada pela relação: $\frac{a-b}{h} = \frac{a-y}{x}$; logo: $x = \frac{h(a-y)}{a-b}$.

O **'exemplo III'** (pp.13-14) considera a pipa formada por dois conóides parabólicos truncados, ou seja a aduela AQB é um arco truncado de uma parábola ordinária cujo eixo é coincidente com o segmento CD, sendo AQB dada pela equação: $y^2 = p(u-x) = a^2 - \frac{\left(a^2-b^2\right)}{h}x$, onde p é o parâmetro e u a distância do vértice V ao ponto C (veja-se a figura abaixo).

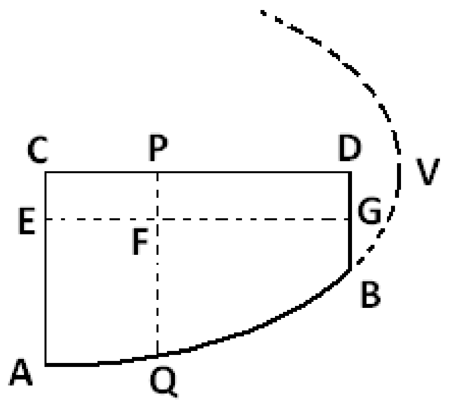
O **'exemplo IV'** (pp.14–19) generaliza o anterior a uma parábola de equação genérica: $x = p(a-y) - q\,(a-y)^2$, supondo AZ um terço de AR.

[15] O ponto C tem abcissa $x = 0$ e o ponto D tem abcissa $x = h$.

O **'exemplo V'** (pp.19-21) considera agora a aduela AQB como sendo uma parábola ordinária que tem o vértice em A e eixo segundo AC (perpendicular à do 'exemplo III'), sendo representada pela equação: $x^2 = p(a-y)$.

Por fim o **'exemplo VI'** (pp.21-23) propõe uma situação mais genérica em que a forma da aduela AQB é a de uma secção cónica (com AC por eixo principal) dada pela expressão: $x^2 = p(a-y)+q(a-y)^2$ (que se reduz quando $p=0$ à equação de uma recta ('exemplo II'); a uma parábola, com eixo segundo AC, quando $q=0$ ('exemplo V'); a uma elipse quando $q < 0$; e a uma hipérbole quando $q > 0$ (equilátera se $q=1$)).

Vejamos a título exemplificativo como é calculado o volume da pipa composta por dois conóides parabólicos truncados ('exemplo III').



a aduela AQB é um ramo de parábola com eixo CD.

Neste caso a aduela é representada pela equação: $y^2 = p(u-x) = a^2 - \frac{(a^2-b^2)}{h}x$. Assim, e tendo em consideração que: $dx = \frac{-2ydy}{(a^2-b^2)}$; temos o integral de volume ($V = AEGB$, eq.12.3) dado por:

$$V = -\left[\frac{h\phi y^4}{2(a^2-b^2)}\right]_a^b + \frac{2fh}{a^2-b^2}\int_a^b y\sqrt{y^2-f^2}dy + \frac{2fh}{a^2-b^2}\int_a^b \frac{y^3dy}{\sqrt{y^2-f^2}},$$

Notando que: a primitiva $\int y\sqrt{y^2-f^2}dy = \frac{(y^2-f^2)^{3/2}}{3}$ e $\int \frac{y^3}{\sqrt{y^2-f^2}}dy = \frac{(y^2-f^2)^{3/2}}{3} + f\sqrt{y^2-f^2}$; e que $y\cos\phi = f$, $y\sin\phi = \sqrt{y^2-f^2}$ e $m = \frac{b}{a}$ (designado por Monteiro da Rocha como o diâmetro menor ($b = DB$) reduzido ao maior ($a = CA$)), vem (tendo em conta que quando $y = a \Longrightarrow \cos A = \frac{f}{a}$ e $y = b \Longrightarrow \cos B = \frac{f}{b}$):

$$V = 2\left[\frac{h\phi y^4}{2(a^2-b^2)}\left(-\phi+\sin\phi\cos\phi+\frac{2}{3}\sin^3\phi\cos\phi\right)\right]_a^b =$$

$$= \frac{2ha^2}{1-m^2}\left[A-\sin A\cos A-\frac{2}{3}\sin^3 A\cos A - m^4\left(B-\sin B\cos B-\frac{2}{3}\sin^3 B\cos B\right)\right]$$

> *«advertindo-se, que no caso de ser f igual ou maior que b, desvanece o termo $m^4\left(B-\sin B\cos B-\frac{2}{3}\sin^3 B\cos B\right)$, por ser então $B=0$, e $\sin B = 0$»* [Monteiro da Rocha 1797b, p.14].

Quando $f = 0$ (meia pipa cheia) temos: $\cos A = \cos B = 0$, sendo o seu volume $(ABDIK)$ dado por: $\frac{1}{2}\pi ha^2\left(1+m^2\right)$. O volume da pipa cheia corresponde ao dobro, i.e. a: $V_T = \pi ha^2\left(1+m^2\right)$.

Será interessante fazer notar que no caso do cálculo do volume do *'exemplo V'* o integral obtido não lhe permite uma integração algébrica. Para tal Monteiro da Rocha recorre a uma mudança de variável, aproximando a função integranda daí resultante a um polinómio do 4^o grau (pp.19-20).

Tornando agora à questão prática da medição das pipas, Monteiro da Rocha considera o *'exemplo VI'*, em que a forma das aduelas são secções cónicas com AC por eixo principal, como o mais apropriado para o cálculo dos 'segmentos de volume', visto se poderem considerar um vasto leque de formas dependendo das diferentes inflexões que se podem dar às aduelas – fazendo notar que para isso é necessário ter em conta o valor do diâmetro médio da pipa (bQ), medido a $\frac{1}{4}$ do seu comprimento longitudinal, e não apenas os seus diâmetros maiores e menores como habitualmente se fazia,

> *«a solução dada neste último exemplo ['exemplo VI'] é a mais conveniente de todas; porque não somente compreende três dos sólidos hipotéticos vulgarmente admitidos, mas infinitos outros intermédios, sujeitos a passarem pelo ponto Q [...].»* [Monteiro da Rocha 1797a, p.23]

Para tal Monteiro vai comparar os volumes e os diâmetros médios obtidos com as fórmulas rigorosas e com as fórmulas aproximadas dadas segundo o *'exemplo VI'* de 7 tipos de formas (algumas já anteriormente tratadas nos 6 exemplos anteriores), são elas: (**1**) pipa composta por dois cones truncados; (**2**) pipa composta por dois conóides parabólicos truncados; (**3**) pipa gerada pela *'revolução de um conchóide superior KAB (fig.1), cuja directriz seja CD'*; (**4**) pipa em forma de fuso hiperbólico (revolução de uma hipérbole equilátera, que tenha vértice em A); (**5**) pipa em forma de fuso parabólico (revolução de uma parábola, com vértice em A); (**6**) pipa gerada pela *'revolução de uma catenária KAB'*; (**7**) pipa com a forma de um esferóide elíptico truncado. Este estudo é feito particularizando para uma pipa de comprimento de 56 polegadas ($h = 28$), diâmetro maior 40 polegadas ($a = 20$) e diâmetro menor de 20 polegadas ($b = 10$) (pp.24-25).

Deste estudo conclui que nos casos (**1**), (**4**), (**5**) e (**7**), o cálculo aproximado *«concorda excelentemente com o cálculo particular e rigoroso, executado pelas fórmulas próprias de cada uma das ditas hipóteses: de maneira, que na prática valerá tanto a referida solução aproximada, como se fosse rigorosa, e perfeitamente exacta»*; que nos casos (**3**) e (**6**), as *«diferenças dos resultados são muito pouco atendíveis»*, visto tanto a conchóide como a catenária diferem pouco da secção cónica KAB que com elas tem em comum os pontos A, Q e B. O caso (**2**), dos dois conóides truncados, é o que apresenta maior diferença entre o cálculo rigoroso e o cálculo aproximado (usando a equação do 'exemplo VI'), pois pressupõe o ramo de parábola com vértice na direccção CD e por isso maior curvatura de Q para B, do que de A para Q, não se ajustando por isso à cónica genérica de vértice em A – contudo segundo escreve esta forma é praticamente impossível, *«sendo necessário para a efectuar, que as aduelas quebrassem todas pelo meio»* [Monteiro da Rocha 1797a, p.4].

Convencido de que o *'exemplo VI'* – *«não somente satisfaz às hipóteses, que mais se chegam para a forma dos toneis, mas também aos casos intermédios, com a maior exacção prática, que tal matéria se pode desejar [...] é pela sua generalidade a que se deve preferir a todas na medição das pipas, e toneis»* –, faz várias experiências numa pequena pipa (com $h = 14.90\,\text{in}$; $a = 11.00\,\text{in}$; $b = 7,86\,\text{in}$ e $n = 9.98\,\text{in}$), *«lançando-lhe sucessivamente água por uma medida cilindria, que continha 69.4 polegadas cúbicas»*. Comparando os valores experimentais dos volumes dos segmentos e das correspondentes alturas de água com os volumes calculados através das fórmulas teóricas dos exemplos III e VI, comprova que *«a solução do Exemplo VI satisfaz às experiências, quanto se podia desejar em uma vasilha tal, como esta que usámos»* [Monteiro da Rocha 1797a, pp.28-29].

- *'PRÁTICA DA MEDIÇÃO DOS TONEIS'*

Nesta última secção Monteiro da Rocha explica como podem os *'medidores vulgares'* calcular (estimar) os volumes contidos nas pipas e nos toneis com recurso a uma tabela que constrói para esse efeito,

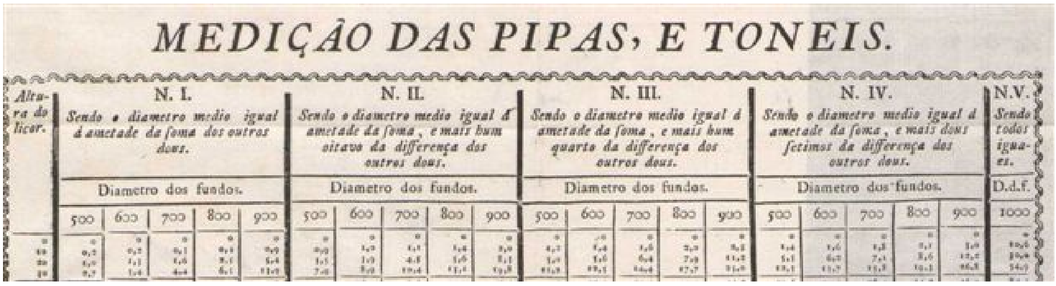
> *«atendendo à importância da matéria, tomei o penoso trabalho de calcular uma Tábua, que facilitará tão vantajosamente o cálculo da capacidade dos toneis, e dos seus segmentos, que não haverá nele mais dificuldade, do que nas regras vagas, e arbitrárias, que até agora se praticaram [... e*

que] grudada em um papelão será muito cómoda para os medidores, que se determinarem a servir o seu ofício com exactidão.» [Monteiro da Rocha 1797a, p.30].

O volume parcial de líquido (V_p) contido numa determinada pipa é dado pela expressão:

$$V_p = \alpha \times ha^2,$$

onde a representa metade do diâmetro maior da pipa e h metade da sua altura (fig.1: $a = CA = \frac{MA}{2}$, e $h = CD = \frac{ID}{2}$), o parâmetro α é fornecido por uma tabela que constroi para o efeito: *'medição das pipas, e toneis'* (figura abaixo).



MEDIÇÃO DAS PIPAS, E TONEIS.

Altura do licor.	N. I. Sendo o diametro medio igual á ametade da soma dos outros dous.					N. II. Sendo o diametro medio igual á ametade da soma, e mais hum oitavo da differença dos outros dous.					N. III. Sendo o diametro medio igual á ametade da soma, e mais hum quarto da differença dos outros dous.					N. IV. Sendo o diametro medio igual á ametade da soma, e mais dous setimos da differença dos outros dous.					N.V. Sendo todos iguaes.
	Diametro dos fundos.					Diametro dos fundos.					Diametro dos fundos.					Diametro dos fundos.					D.d.f.
	500	600	700	800	900	500	600	700	800	900	500	600	700	800	900	500	600	700	800	900	1000
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

tabela para a *'medição das pipas, e toneis'*.

Esta tabela está construída de modo a fornecer para cada uma das 5 formas de pipas (*'N.I'* até *'N.V'*)[16] o valor do parâmetro α, valor este dados pelas respectivas fórmulas teóricas. Por exemplo, no caso do *'exemplo III'* anteriormente apresentado α é dado por:

$$\frac{2}{1-m^2}\left[A - \sin A \cos A - \frac{2}{3}\sin^3 A \cos A - m^4\left(B - \sin B \cos B - \frac{2}{3}\sin^3 B \cos B\right)\right].$$

O *'diâmetro dos fundos'* diz respeito ao diâmetro menor da pipa normalizado ao diâmetro maior e multiplicado por um factor 1000, i.e. *'diâmetro dos fundos'* $= m \times 1000$ (sendo $m = b/a$ como já vimos); na horizontal vem o valor da *'altura do licor'* $= y/a \times 1000$ (ou seja é a altura do fluido normalizada também ao diâmetro maior e multiplicada por 1000).

Na prática para saber o volume parcial contido numa dada pipa o comerciante tinha apenas que saber os diâmetros maior (MA), menor (NB) e médio (Qb) da pipa, bem como o seu comprimento (ID) e a altura do líquido nela contido (AE) – *«a qual se toma mergulhando nele uma vara graduada bem a prumo, e a parte que sair molhada*

[16] Estas formas de pipas correspondiam aos 5 casos mais comuns anteriormente tratados: *N.I*- cones truncados; *N.II*- fuso hiperbólico (com vértice em A); *N.III*- fuso parabólico (com vértice em A); *N.IV*- esferóide elíptico e *N.V*- cilindro.

mostrará a dita altura» –, e depois escolher qual o número da coluna vertical (*N.I, N.II, N.III, N.IIV* e *N.V*) a que correspondia a sua pipa, escolha essa que se fazia comparando o diâmetro médio da pipa com os seus diâmetros maiores e menores[17].

No caso concreto do exemplo que apresenta (pp.35-36) o valor de α não é lido directamente na tabela mas calculado recorrendo a regras de três simples pois como a pipa tem *«comprimento de tampo a tampo de 43.8 polegadas, o diâmetro maior de 36.4, o menor de 26.39, o médio de 33.5, e a altura do licor de 30.03»*, a sua forma situa-se entre os números N.II e N.III – o seu diâmetro médio ($d_n = 33.5$) é tal que $dn < \frac{D+d}{2} + \frac{1}{4}(D-d) = 33.897$ e $dn > \frac{D+d}{2} + \frac{1}{8}(D-d) = 32.646$ e como a altura do licor reduzida é: $825 = \frac{30.03 \times 1000}{36.4}$(em anexo apresenta-se o cálculo completo deste exemplo).

No caso de pipas com diâmetros das bases diferentes *«far-se-á o cálculo sobredito com as medidas que se acharão para uma das partes, e depois com as que se acharão para a outra»*, tomando-se depois a média destes dois resultados.

[17] *«Tomando a metade da soma dos diâmetros maior, e menor, que são o que passa pelo batoque, e o de qualquer dos fundos, e juntando-lhe primeiramente um oitavo, depois um quarto, e finalmente dois sétimos da diferença dos mesmos diâmetros, teremos os diâmetros médios, para que estão calculados os Números I, II, III, e IV da Tábua; e olhando para o diâmetro médio achado pela medição, ver-se-á a que Número pertence a vasilha de que se trata, ou entre que Número cai, para se tomarem convenientemente as partes proporcionais. A última coluna Número V é para o caso dos diâmetros todos iguais, ou das vasilhas cilíndricas.»* [Monteiro da Rocha 1797a, p.33].

Parte III

O REAL OBSERVATÓRIO ASTRONÓMICO DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA E OS TRABALHOS ASTRONÓMICOS DE JOSÉ MONTEIRO DA ROCHA

«Observatories – Temples of the most sublime of the sciences. . . , mysterious sanctuaries where, in the silent night and away from the busy hum of men, philosophers are in intimate communication with the innumerable worlds which people the Universe.», Amédée Guillemin (1864).

Se até há bem pouco tempo foi relativamente fácil definir o que é um observatório astronómico – local próprio contendo telescópios e outros instrumentos de observação onde os astrónomos se dedicam ao estudo do Universo –, já o mesmo se não pode dizer acerca do observatório do século XVIII. Como muito bem faz notar Roger Hahn o conceito de observatório no século XVIII é algo múltiplo [R. Hahn 1964b]. Neste século o desenvolvimento da astronomia depende muito de observadores privados que têm os seus próprios observatórios, a maior parte das vezes com poucos instrumentos, e muitas vezes instalados em locais não necessariamente fixos ou permanentes – *«souvent une embrasure de fenêtre, ou une plateforme aménagée dans uns tourelle suffisait aux observateurs»*. Também no que diz respeito aos programas de investigação os observatórios setecentistas apresentam uma vasta gama de interesses, não havendo uma linha de investigação bem definida, nem uma direcção eficaz no que se pretende investigar. São várias as frentes de actividade astronómica que dependem quase em absoluto dos interesses privados dos seus astrónomos e directores. O astrónomo profissional ainda não é uma realidade fora dos grandes observatórios nacionais como os de Paris, Berlim, Palermo ou Greenwich. Não existe ainda, no sentido actual, uma comunidade astronómica internacional, os astrónomos trabalham mais ou menos isolados deparando-se com grandes dificuldades na troca de informações e observações entre si. Nos finais do século graças aos esforços de Lalande e von Zach esta realidade começa a mudar[18].

Por outro lado, em Inglaterra, a criação, em 1820, da Astronomical Society of London (que mais tarde dará lugar à Royal Astronomical Society) é a resposta que os *'Grand Amateurs'* dão à necessidade que sentem cada vez mais intensamente de partilharem e de organizarem programas comuns de investigação (a este propósito veja-se [Dreyer & Turner 1923, pp.1-49] e [Allan Chapman 1993]).

À parte deste grupo privado de observatórios existem os chamados observatórios públicos, que ao contrário dos primeiros, cujo financiamento é evidentemente particular, são custeados por dinheiros provenientes dos impostos colectados pelos diversos estados. É nesta categoria de observatórios públicos que se encaixam os observatórios

[18]O estabelecimento de uma comunidade astronómica deve-se muito na Europa continental aos esforços de Lalande e von Zach, que como responsáveis pelas publicações do *Connaissance des Temps* (Paris), das *Allgemeine Geographische Ephemeriden* (Gotha) e do *Monatliche Correspondenz* (Gotha) muito fizeram por publicar e difundir artigos astronómicos e notícias científicas dos vários pontos da Europa.

nacionais e os observatórios universitários; contudo há grandes diferenças entre estes dois tipos de observatórios. Os observatórios nacionais são criados com uma função utilitária bem específica, a de servirem as necessidades do Estado especialmente no que diz respeito aos problemas astronómicos requeridos pela navegação (determinação das longitudes) e determinação da hora, sendo os observatórios de Greenwich, Paris, Berlim e Palermo exemplos paradigmáticos. São dirigidos por um director, que para além de um estatuto particular goza de grande reconhecimento social; aí sobre protecção real dirige um programa de trabalhos de observação sistemática dos movimentos dos corpos do sistema solar e das posições das estrelas fixas com vista ao melhoramento das tabelas astronómicas que suportam a elaboração das efemérides astronómicas. O Observatório de Greenwich foi fundado por Carlos II, em 1675, com o propósito específico da *'rectificação das Tabelas dos Movimentos dos Céus e dos Lugares das Estrelas fixas, de forma a encontrar a tão desejada Longitude no Mar, a fim de aperfeiçoar a arte da Navegação e da Astronomia'*. Este mesmo problema da determinação da longitude, questão tão importante para as ambições marítimas e económicas do monarca Luís XIV, está, também, subjacente à criação do Observatório de Paris, responsável pela criação do *Connaissance des Temps* [Dava Sobel 2000].

A elaboração de efemérides para a determinação e resolução de problemas de longitudes e sua ligação a problemas cartográficos e de navegação são os principais objectivos da actividade astronómica dos grandes observatórios nacionais até cerca de 1820-1830 (veja-se [C. Wolf 1902] e [B. Lovell 1994]). Já os observatórios universitários têm por objectivo principal a formação e o ensino, são criados em ligação estreita às universidades das quais são dependentes e em que o financiamento, embora público, é feito sob um orçamento relativamente restrito e negociado com a esta. São geralmente dirigidos por um professor cujo principal papel é a actividade lectiva, embora também esteja presente alguma actividade de investigação[19]. Também a sua localização é específica, próxima da universidade, o que a maior parte das vezes acaba por comprometer o próprio progresso dos trabalhos.

A ideia de criar um observatório astronómico em Coimbra surge desde logo nos Estatutos Pombalinos a propósito da *Faculdade de Mathematica* e da respectiva cadeira de Astronomia. A sua criação tinha dois objectivos distintos: um a leccionação e a prática da cadeira de astronomia universitária e o outro o desenvolvimento da ciência astronómica – *«para se fixarem as Longitudes Geográficas; e rectificarem os Elementos fundamentais da mesma Astronomia»*[20]. Os Estatutos encaravam a ciência como a

[19] A propósito destes conceitos de observatórios universitários e nacionais, veja-se [R. Hutchins 1999, pp.4-22].

[20] *«Mando, que na Universidade se estabeleça hum Observatório; assim para que os Estudantes possam nele tomar as Lições da Astronomia Prática; como também, para que os Professores trabalhem*

força motriz para uma mudança de mentalidades essencial à modernização do país e a astronomia desempenhava um papel fundamental pelas *«consequências tão importantes ao adiantamento geral dos conhecimentos humanos, e à perfeição particular da Geografia, e da Navegação»*. Por isso mesmo o observatório astronómico era representativo desse modo de ver a ciência, constituindo simultaneamente um meio para o seu desenvolvimento. Através dele Portugal sintonizava-se com a Europa científica e astronómica do seu tempo – *«Tem merecido em toda a parte a atenção dos Soberanos, fazendo edificar Observatórios magníficos, destinados ao progresso da Astronomia.»*[21]. Contudo, apesar dos Estatutos estipularem desde logo a edificação do observatório a verdade é que só em 1799 a Universidade se vê dotada com este estabelecimento científico.

O papel e a prática astronómica que se requeriam para o OAUC (traçados logo nos Estatutos e depois reforçada na Carta Régia de 1799) prendem-no a uma dicotomia muito própria: como observatório universitário por um lado e como observatório nacional por outro. Um programa astronómico que lhe confere a característica de observatório nacional, envolvendo-o na elaboração das Efemérides – *«Para o Meridiano do Observatório, e para uso dele (assim como se pratica nos mais célebres da Europa) se calculará a Ephemeride Astronómica, a qual igualmente possa servir para uso da Navegação Portuguesa.»*[22] –, e alguns aspectos que, também, o caracterizam como observatório universitário, a investigação científica dos seus professores, para que *«trabalhem com assiduidade em fazer todas as Observações [...]; e rectificarem os Elementos fundamentais da mesma Astronomia»*[23] e o papel pedagógico como estabelecimento de ensino agregado à Faculdade de Matemática onde os alunos deveriam ter aulas práticas – *«fazendo-se adquirir aos Ouvintes o hábito, e prontidão necessária*

com assiduidade em fazer todas as Observações, que são necessárias para se fixarem as Longitudes Geográficas; e rectificarem os Elementos fundamentais da mesma Astronomia.» [Estatutos 1772, liv.3 p.213]. Este mesmo parágrafo servirá de introdução à lei que irá regulamentar as funções e a actividade do definitivo OAUC [C.R. 4 Dezembro de 1799].

[21] É precisamente durante o século XVIII que na Europa a astronomia se torna na primeira ciência aplicada a tomar um papel cimeiro na hierarquia das ciências. A título de curiosidade veja-se a percentagem de membros da Académie Royal dês Sciences de Paris, um dos centros mundiais de ciência mais importantes do século XVIII, cujo interesse académico se centrava na astronomia: 16,4%; só ultrapassada pelos membros que se interessava por botânica e pela história natural: 18,7% [James McClellan 1981].

[22] Como bem faz notar Artur S. Alves o OAUC é o primeiro observatório português com a missão específica de fazer observações sistemáticas e elaborar efemérides astronómicas [Soares Alves 2004].

[23] A Carta Régia de 4 de Dezembro de 1799 específica ainda: *«mas também para se trabalhar assiduamente nas Observações mais apuradas e exactas, que possam contribuir para verificar e rectificar as Taboas Astronómicas, e para adiantar e promover os conhecimentos da Geografia e da Navegação, cooperando com os trabalhos dos Observatórios mais acreditados na Europa, como pede o bem comum dos Meus Reinos e senhorios, e como convém ao crédito e à glória da mesma Universidade, e da nação Portuguesa, que em outro tempo foi a primeira, que abriu caminho às outras nações neste géneros de estudos».*

nos Cálculos Astronómicos, e na prática das observações [...] Para isso distribuirá os Discípulos em turmas, que lhe assistirão no Observatório pelos seus turnos... e lhes ensinará o uso dos Instrumentos, fazendo muito por formá-los na precisão, e delicadeza escrupulosa, que distingue os Grandes Observadores, úteis ao progresso da Astronomia» [Estatutos 1772, v.3 p.195, 203] –, com o cuidado expresso de distinguir e não deixar interferir as aulas e a prática lectiva com as observações e práticas astronómicas quotidianas do observatório [C.R 4 Dezembro de 1799, §.9].

No que diz respeito à actividade do observatório, só a partir de 1799 este passa a ser *«um verdadeiro estabelecimento astronómico»*, com as necessárias condições para se *'trabalhar assiduamente nas observações mais apuradas e exactas'* de modo a contribuir para se *'verificarem e rectificarem as tábuas astronómicas'* e se calcularem as efemérides astronómicas [Castro Freire 1872, p.95]. Até meados da década de 80 do século XVIII o Observatório Interino, que entretanto se havia edificado no Pátio das Escolas, desempenhara quase em exclusivo uma função pedagógica, funcionando principalmente como estabelecimento de ensino prático. A partir de meados dessa década este observatório vê-se dotado do acervo instrumental que lhe permite passar a outro patamar: o de estabelecimento científico. Porém enfrentava um grave problema a falta instalações para as necessárias e diversas valências ao seu funcionamento.

Foram muitas as vicissitudes por que passou a construção do observatório da Universidade, os poucos trabalhos existentes sobre o assunto partilham quase todos uma tese avançada pela primeira vez por Castro Freire, em 1872, e que com ligeiras diferenças sobreviveu até hoje – *«Sobre as ruínas do antigo castelo de Coimbra começou com efeito a levantar-se, em Abril de 1773, um majestoso Observatório; mas a pouco mais subiu dos respectivos alicerces, tendo parado as obras da sua construção em Setembro de 1775. [...] No terreiro da Universidade se levantou depois, de 1782 até 1789, outro observatório interino, até que por fim se começou a construir, em Dezembro de 1790, e se concluiu de todo, em 1799, o actual Observatório»* [Castro Freire 1872, p.39][24].

O definitivo Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra (OAUC) (1799) organiza-se em vários espaços diferenciados (esta organização é transversal a todos os projectos, desde o primitivo projecto do Castelo até ao projecto final do OAUC construído no Pátio; embora, obviamente, com algumas diferenças): salas de aula, salas de observação, gabinetes, salas de instrumentos (nas plantas dos projectos (1790-1792) especifica-se mesmo as salas do Mural, do Sector e do Zénite), biblioteca, quarto de

[24] Os trabalhos mais significativos que se escreveram até à data sobre o observatório astronómico de Coimbra são os seguintes: [Castro Freire 1872], [Silvestre Ribeiro 1871-1914, vols.1-2], [Teófilo Braga 1898-1902, v.3], [Ramos Bandeira 1943-1947, pp.75-138], [Manuel Reis 1964], [Rómulo de Carvalho 1985a], [Pereira Osório 1985], [Mariano & Pinheiro 1991], [Lurdes Craveiro 1990], [Rui Lobo 1999], [Lurdes Craveiro 2004] e [Martins & Figueiredo 2008].

dormir, sala de jantar. A organização do espaço do OAUC responde às exigências práticas da própria praxe observacional, ou seja o espaço de observação disciplina o próprio espaço no qual se inscreve. Esta organização do espaço, diferenciado em vários subespaços com funções específicas, é herdeira do observatório de Tycho Brahe, em Uraniborg (1580-1597), e encontra-se em praticamente todos os observatórios construídos no século XVIII [J. Shackelford 1993].

A própria escolha do lugar para a edificação de um observatório deverá ter em atenção algumas características. O astrónomo francês Darquier ressalva a importância dos observatórios se construírem num sítio que proporcione estar *«isolé de toutes parts, & ayant un ciel découvert de tous les côtés jusqu'à l'horizon»*, sendo a solidez e a estabilidade as qualidades fundamentais e primeiras de um bom observatório astronómico [Darquier 1786, p.4]. A falta de solidez do edifício pode comprometer a qualidade das observações pois a estabilidade dos instrumentos é um factor essencial para a obtenção de bons resultados. Quanto ao interior Darquier escreve que este deve ser: *«bien dressé et sans aucun ornement, afin que dans la suite on puisse y metre avec plus de facilite, les peintures nécessaires»*. Também estes factores e características foram para o observatório astronómico de Coimbra consideradas logo nos Estatutos:

> *«O dito Observatório deverá ser desassombrado por todos as partes; de sorte, que dele se domine livremente o Horizonte; e se possam observar todos os Fenómenos, que sucederem no Hemisfério superior. Além disso devera ser amplo, e cómodo; para nele poderem diversos Astrónomos observar ao mesmo tempo o mesmo Fenómeno: Tendo-se grande atenção em dispor as janelas com tal artifício, que se possam fazer as Observações nocturnas em quaisquer distâncias do Zénite, sem os Observadores serem incomodados pelo sereno. No mesmo edifício do Observatório haverá alguns aposentos; assim para neles descansarem os Observadores no tempo, que esperarem pelas Observações; como para ficarem o resto da noite, quando as acabarem a horas incómodas de voltarem para suas casas.»* [Estatutos 1772, v.3 p.214]

Tendo em atenção estas características – solidez, estabilidade e a desobstrução do horizonte –, parece que o sítio do Castelo reunia condições de excepção quando comparado com o Pátio. Contudo a obra do Castelo é abandonada (1777) e o definitivo Observatório é construído dentro do terreiro da Universidade (1799). No Pátio a solidez e a estabilidade não estariam certamente comprometidas, mas no que diz respeito às direcções de observação este-oeste estas não estariam tão desafogadas quanto o desejado pela presença da Biblioteca Joanina e do Colégio de S. Pedro.

Capítulo 11

O *Real Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra*: arqueologia de um espaço científico

11.1 As vicissitudes da sua construção: do Castelo ao Pátio das Escolas

Hoje, a maior parte dos muitos visitantes que franqueiam a Porta Férrea e olham, ao entrar no Pátio da Universidade, à sua esquerda e se aproximam do varandim para desfrutar a imensa vista sobre a baixa da cidade e do rio Mondego, não sabe que era aí que durante muitos anos (c.150 anos) esteve edificado o OAUC – um edifício de configuração rectangular, *«constituído por três corpos contíguos em que o central é três vezes mais alto do que os laterais.»* [Ramos Bandeira 1943-1947, p.129] –, demolido aquando das obras de requalificação da Universidade nos anos 40 e 50 do século XX[1]. Porém, este observatório instalado no Pátio não foi aquele que a Reforma previu

[1] *«O edifício, onde se encontra actualmente instalado o Observatório Astronómico terá de ser demolido de harmonia com o plano de arranjo do Paço das Escolas [Março de 1944]»* [AUC Depósito I, n.95] – e que segundo parece era do desagrado de Salazar a quem agradava que *«além de muitas coisas feias [se deitasse] abaixo aquela excrescência do Observatório Astronómico para deixar intacto aos olhos encantados o panorama maravilhoso do Mondego, as Lágrimas, da Quinta das Canas, do Seminário, das encostas de tristes oliveiras, com a serra no horizonte longínquo»*, citado em [Nuno Rosmaninho 2006, p.70]. Uma demolição preparada e feita em tempo recorde! – *«Até 28 de Fevereiro de 1951: a evacuação do antigo edifício do Observatório, para permitir o início da sua demolição em princípios de Março [Ofício de 9 de Outubro de 1950]»* [AUC: Cidade Universitária de Coimbra Processo 95-A]. Sobre a mudança do OAUC para o Alto de Santa Clara veja-se [Cecília Costa 2003] e sobre as obras reformistas da Alta da Universidade realizadas pelo Estado Novo veja-se [Nuno Rosmaninho 2002].

edificar. O sítio que se determinou primeiramente para a construção do observatório da Universidade foi o Castelo da cidade, que se situava na vertente da Alta de Coimbra oposta ao Paço das Escolas, onde hoje é o Largo D. Dinis,

> *«Hei por serviço do dito Senhor unir e incorporar como por esta uno e incorporo no Perpetuo Domínio da dita Universidade o Castelo desta Cidade, e Portas dele com todos os Terrenos, que a elas e a eles pertencem [...], para o Estabelecimento do Observatório destinado aos usos, e Lições da Astronomia aos Aposentos dos Lentes com os seus Ajudantes; e a Custódia dos Instrumentos Ópticos; conforme a Disposição dos Estatutos Régios»*, Provisão do Marquês de Pombal de 16-10-1772 citada em [Francisco de Lemos 1777, p.260].

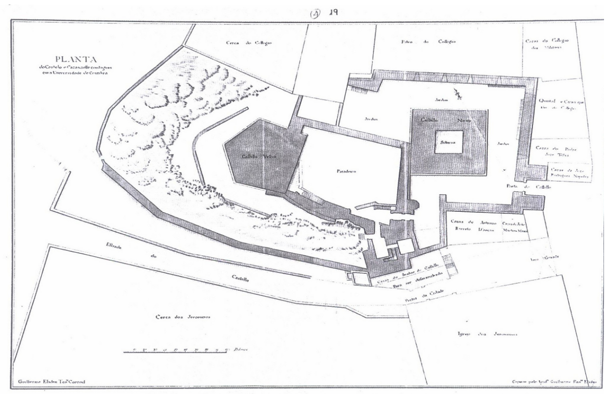
É curioso contudo notar que os referidos Estatutos estipulavam o Pátio da Universidade como o local privilegiado para a instalação deste estabelecimento e só no caso de não haver *«comodidade para o estabelecer dentro nos Paços dela [da Universidade]»* é que se deveria procurar *«o lugar, que para o sobredito Observatório for mais próprio, na maior vizinhança da Universidade, que couber no possível.»*

O sítio do Castelo da cidade para além de corresponder a um dos principais requisitos que um estabelecimento científico desta natureza exigia, o ser edificado num lugar alto e *«desassombrado por todos as partes»* [Estatutos 1772, v.3 p.214][2], desempenhava também um papel simbólico da própria Reforma Pombalina. A monumentalidade da Reforma espelhava-se na obra arquitectónica dos vários estabelecimentos científicos, dos quais sobressairia pela monumentalidade e localização o observatório astronómico. É com base neste programa que Guilherme Elsden (?-1779)[3] irá desenvolver o projecto do referido Observatório. Guilherme Elsden chega a Coimbra em inícios de Março de

[2] *«O dito Observatório deverá ser desassombrado por todos as partes; de sorte, que dele se domine livremente o Horizonte; e se possam observar todos os Fenómenos, que sucederem no Hemisfério superior. Além disso deverá ser amplo, e cómodo; para nele poderem diversos Astrónomos observar ao mesmo tempo o mesmo Fenómeno: Tendo-se grande atenção em dispor as janelas com tal artifício, que se possam fazer as Observações nocturnas em quaisquer distâncias do Zénite, sem os Observadores serem incomodados pelo sereno.»* [Estatutos 1772, v.3 p.214]. O astrónomo francês Antoine Darquier de Pellepoix (1718-1802) a propósito do local mais adequado para instalar um observatório astronómico escreve: *«La position le plus avantageuse, pour un observatoire, seroit sans contredit d'etre situe au rez-de-chaussée, isole de toute parts, & ayant un ciel découvert de tous les côtés jusqu'à l'horizon [lettre de 10 Juillet 1777]»* [A. Darquier 1786, p.4].

[3] Guilherme Elsden, engenheiro militar inglês terá vindo para Portugal nos anos 1760's e servido o exército português, ainda antes da chegada do Conde de Lippe. A partir de 1772 e até 1777 será o director das obras da Reforma Pombalina da Universidade, tornando-se o *«grande mentor do novo ideário arquitectónico ligado aos esquemas neoclássico; [Elsden] tornava-se assim, no veículo da tentativa encetada pelo Marquês, de modernização e aproximação à Europa no campo da arquitectura»* [Lurdes Craveiro 1990, p.8]. A partir do afastamento de Elsden em 1777 ficará responsável pelas obras, até ao ano de 1782, o engenheiro militar José Carlos Magne, a quem se seguirá Manuel Alves Macomboa (?-1815).

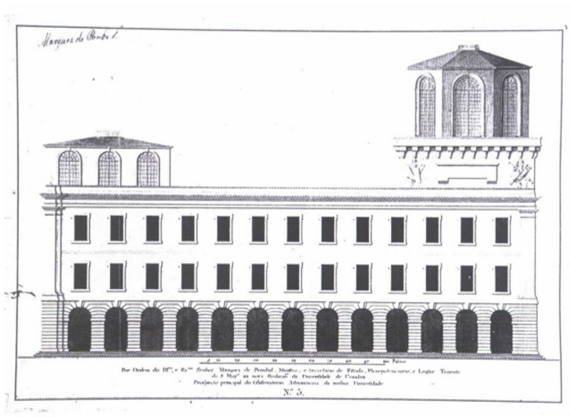
1773 [DRP 1937-1979, v.1 p.80][4] e no final do mês começam os preparativos da obra, com a demolição do Castelo medieval e a regularização do terreno[5]. O Castelo era constituído por duas torres: a de menagem quadrada, de construção afonsina, a que se chamava Torre Nova; e uma segunda torre de configuração pentagonal que embora fosse de construção mais recente, pois havia sido erguida nos tempos de D. Sancho I, era designada por Torre Velha [Rui Lobo 1999, p.4]. A figura seguinte diz respeito à *«Planta do Castelo e Casas a ele contíguas em a Universidade de Coimbra [Elsden, 1773]»* [BGUC, Ms.3377/41]:



Na tentativa de aproveitar as duas torres é delineada uma primeira versão para o projecto do observatório, constituído por um volume com três pisos organizado a partir do aproveitamento das duas torres, enquadrando-as nos topos laterais do edifício a construir. Assim temos um piso térreo porticado em silharia de junta fendida, com treze vãos formados por arcos de volta perfeita em correspondência aos treze vãos em cada um dos dois pisos superiores, definindo um bloco maciço enquadrado pelas pilastras laterais e entablamento superior de grande contenção e sobriedade, com as duas torres a projectarem-se nas extremidades, À esquerda uma formação aparentemente quadrangular com três vãos por lado, à direita, e assente em estrutura quadrangular rematada por mísulas (com assentamento para uma inscrição ausente e ladeada pela iconografia relativa ao Observatório), a outra torre de definição octogonal com um vão em cada um dos lados do octógono. A cobertura apresenta o remate coroado por pequenos balaústres [Martins & Figueiredo 2008].

[4] Guilherme Elsden ainda antes de ter chegado a Coimbra já andava às voltas com as plantas das obras da Universidade, incluindo as do observatório [Teófilo Braga 1898-1902, v.3 p.464, 469].

[5] Os trabalhos começaram em 29 Março de 1773 com 64 trabalhadores – «*Desmanchando: as paredes velhas para o Observatório Astronómico [64 trabalhadores]*» [ANTT Mç.513 Ministério do Reino]. Na semana que finda em 3 de Abril de 1773 são pagos os primeiros ordenados e despesas referentes às obras do observatório [AUC Liv.1 Est.10 Tab.2 n.15].



Alçado do Observatório do Castelo (Elsden, c.1773) [MNMC, Inv. 2945/DA 23]

Esta proposta foi discutida e trabalhada com os vários professores, principalmente com Ciera, à data o professor de Astronomia,

> *«[1] e com os Drs. Ciera, Franzini [foi de consulta com as plantas ao terreno], refutei a opinião de fazer casa para o Observatório, entre as suas Torres, por ser despesa enorme, e assim para utilizar as suas Torres fazendo a sala de um andar entre ambas as Torres, fazendo escada para a direita e esquerda para comunicarem ambas as Torres»*; *«[2] Hoje com o Dr. Ciera examinei com mais rigor o Castelo Velho e achei que as rachas no lado A são superficiais e que a dita Torre está aprumo e seguríssima em todas as partes; e assim pode entrar inteiramente no Desenho Geral do Observatório Astronómico sem a menor dúvida, de sorte que resolvemos não fazer obras nem casas novas para o Observatório Astronómico, entre as Torres Velha e Nova, somente uma sala comum de um andar para ligar os corredores e passagens das escadas para ambas as Torres, como se mostra na planta anexa e assim está vencido o único objecto que lhe aflige por conta da grande despesa [30 de Março de 1773]»* [ANTT Ms.513 Ministério Negócios do Reino][6]

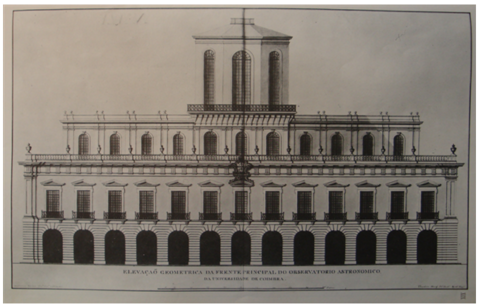
Não é fácil de interpretar de forma clara estas palavras de Elsden. Se em [1] parece que Elsden critica a versão das duas torres por dificuldade em as integrar no conjunto do edifício; já em [2] parece que esta mesma versão não está em causa, pois escreve: *«para ligar os corredores e passagens das escadas para ambas as Torres»*. Seja como for a verdade é que esta solução das 2 torres viria a ser efectivamente abandonada por

[6] Segundo Francisco de Lemos a consulta acabou por envolver todos os professores da faculdade [Francisco de Lemos 1777, p.126]. No mês de Setembro de 1773 Elsden menciona, para além das de Ciera, as contribuições de Franzini e Monteiro da Rocha [Sousa Viterbo 1988, pp.293-294].

dificuldade em as integrar, principalmente a de forma pentagonal (Torre Velha), no conjunto do edifício [Francisco de Lemos 1777, pp.126-7].

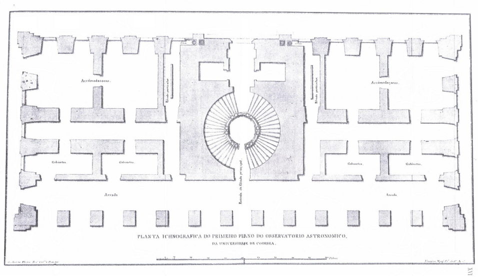
Ao que parece a torre pentagonal não estava em bom estado de conservação e é demolida. Com essa demolição é possível avançar para outra versão. A torre Nova, que compreende uma cisterna, é de forma quadrada e vai constituir o elemento fundamental dessa 2.ª versão, situando-se no centro da composição e não de um dos lados. Com esta 2ª versão, ao deslocar-se a implantação do edifício para mais próximo do Colégio de São Jerónimo, ou seja, ao ficar centrado na torre quadrada, evitava-se um embasamento muito maior, podendo-se assim endireitar o terreno e *«formar-se uma planta regular»*, como Francisco de Lemos afirma. O centro do edifício passa a ser a torre cisterna, transformando-se o vazio interior do poço na escada e resolve-se assim o que parece ter sido uma das crises da 1ª solução[7].

Esta 2ª versão, a mais monumental das propostas para o observatório do Castelo, será aprovada no último trimestre de 1773 – *«No Castelo se vão também fazendo os alicerces do Observatório [2-12-1773]»* [Teófilo Braga 1898-1902, v.3 p.542].

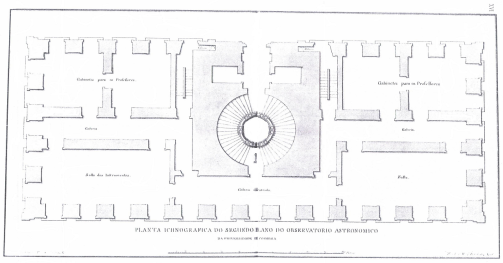


«Elevação Geométrica da frente principal do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra»

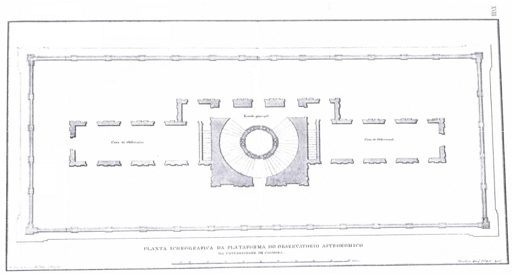
[7] Na verdade ao longo de todo o ano de 1773 houve imensas indefinições relativas ao projecto definitivo, com várias e sucessivas plantas a serem desenhadas e discutidas – fica claro pelas palavras de Elsden que foram feitos vários desenhos do Observatório, de que hoje se desconhece o paradeiro e que creio mesmo que não será fácil encontrá-los! No Ofício de 15 de Julho de 1773 começam a ser discutidas e aprovadas as plantas das obras [DRP 1937-79, v.1 p.69]. Três meses depois (24 de Junho de 1773) o Reitor informa que as obras preparativas para a construção do Observatório haviam entretanto começado, estando o Castelo já desembaraçado das muitas paredes velhas que eram necessárias demolir para fundar o Observatório [Teófilo Braga 1898-1902, v.3 p.470]. Em 3 de Setembro de 1773, ao que parece, as plantas estavam quase prontas e as obras de preparação, ainda, decorriam [Teófilo Braga 1898-1902, v.3 p.504].



«primeiro plano do Observatório Astronómico»



«planta do segundo plano do Observatório Astronómico»



«planta da plataforma do Observatório Astronómico»

Esta é a versão final do observatório astronómico do Castelo, aquela que é apresentada por Francisco de Lemos à Rainha,

> *«Fizeram-se as Plantas, que constam dos Num. 16. Num. 17. Num. 18. Num. 19 as quais foram aprovadas pelo Marquês Visitador, e pelo seu risco se principiou a Obra.»* [Francisco de Lemos 1777, p.127][8]

Estamos perante o projecto de um edifício de dois pisos, porticado no piso térreo, e encimado por um corpo recuado onde se eleva, ao centro da composição, a torre do observatório. Neste projecto, um dos mais belos projectos de Elsden para a Universidade,

[8]Francisco de Lemos entregou à Rainha juntamente com o seu *Relação Geral do Estado da Universidade* (1777) as plantas dos, *«Estabelecimentos fundados na Universidade de Coimbra por Ordem de S. Majestade, que Deus tem, para as Observações, Experiências, e Demonstrações»*. Este álbum esteve durante muitos anos perdido, tendo sido divulgado pela primeira vez em 1919, mas publicado apenas em 1983 [Matilde Sousa Franco 1983].

a galeria porticada do piso térreo, em cantaria de junta fendida, clarificava a função urbana de porta: iniciar o acesso à Rua Larga e prolongar o Passeio Público que vinha desde o já idealizado Jardim Botânico, em confronto com o Colégio de S. Jerónimo; implantava-se no local onde desembocava uma das mais importante vias de acesso à Alta. O Observatório tem um forte poder simbólico, pois representa ele próprio o paradigma de uma monumental reforma: a Reforma dos Estudos Universitários como um todo e dos estudos das *'Sciencias Naturaes'* em particular. Na Provisão de 16 Outubro de 1772 o próprio Marquês faz questão de referir essa função arquitectónica e simbólica do edifício – *«para que a entrada para o mesmo Observatório e para a Rua Larga dos Colégios, sendo uma das principais e mais úteis, e necessárias fique em beneficio publico dos Académicos, e dos Habitantes de Coimbra livre e desembaraçada dos impedimentos, e perigos que nela se acham; e constituindo uma das porções mais formosas da mesma Cidade naquela parte destinada aos passeios públicos»*[9].

Em 1775 estava realizado o essencial do piso térreo com as obras a pararem a partir do mês de Setembro desse ano, quando o edifício estava erguido até ao 1^o piso *«a uma altura não inferior a 8 metros»*[10].

O elevado custo destes trabalhos atingido em cerca de dois anos e meio, e quando estava ainda por realizar parte significativa da obra, é apontada como a causa principal para a interrupção, por parte do Governo e da Universidade, de tão ambicioso projecto – desde o início da Reforma que o custo das obras foi uma preocupação constante [DRP 1937-1979, v.1 p.71], sendo, em Novembro de 1775, grandes as dificuldades de tesouraria para o pagamento das *«Folhas das Obras»* [DRP 1937-1979, v.1 p.215]. De facto os livros de despesa referentes às obras do Observatório do Castelo fecham as contas no mês de Setembro de 1775 com um custo total de 18879$582 reis[11] (em 25 de

[9] A respeito do discurso arquitectónico da própria reforma pombalina António Pimentel escreve: *«A implantação dos dois primeiros [Laboratório Químico e Observatório Astronómico] foi estudada de maneira a que o Observatório com o seu proeminente lanternim octogonal, funcionasse como «rótula» entre o eixo da Rua Larga e o da Rua dos estudos, rua esta que passaria a ser renotada por uma praça, o antigo largo do Museu, onde no lado norte, como contraponto à fachada do Museu se implantou o Laboratório Químico»* [António Pimentel 2000]; opinião partilhada por Lurdes Craveiro [Lurdes Craveiro 2004].

[10] Em duas plantas (c.1780) – [MNMC, Inv. 2870a/DA12], [MNMC, Inv. 2935/DA22] –, pode ver-se o que em 1780 existia desta obra. Na primeira planta é nítida a galeria porticada do piso térreo, na segunda vê-se nitidamente o perfil dos vãos laterais do primeiro piso. E nos anos 40 do século XX, antes das obras da Alta, ainda se podia observar o que dela restava – *«As arcadas, em número de 13, só existem na frente do edifício, pois na parte lateral encontram-se 2 portas e 3 janelas; no lado Sul, embora parte da parede esteja demolida, patenteando restos da muralha do antigo Castelo, observam-se ainda 2 portas e 6 janelas. O andar térreo é precisamente igual em ambas as plantas»* [Ramos Bandeira 1943-1947, p.87]. Muito provavelmente terá sido aqui que se armazenaram os instrumentos astronómicos aquando da demolição do OAUC nos anos 40-50 do século XX [Cecília Costa 2003].

[11] Em finais de 1773 a obra já custara 1835$330reis; em finais de 1774 a obra ia em 11079$860reis e em Setembro de 1775 o total da obra orçava em 18879$582 [AUC: Universidade de Coimbra, Administração e Contabilidade, Obras, Observatório Astronómico. Despesas com Obras. Livro I, II, III].

Junho de 1777 D. Francisco de Lemos aponta um total de 18936$775 reis [Francisco de Lemos 1777, p.192]). Valores de facto elevados, a representarem cerca de 15% do custo global das obras da Universidade quando o edifício pouco ia além dos alicerces[12].

Todavia, em 1775, o Reitor consciente destes problemas e do tempo que levaria à conclusão da obra mandou construir no terreiro do Paço das Escolas um pequeno edifício para servir provisoriamente de observatório – o Observatório Interino:

> *«Para o uso interino das Lições, e Observações Astronómicas fiz construir hum pequeno Observatório no Terreiro dos Paços das Escolas, o qual tem servido até aqui para o dito fim.»; «Para se não suspender o Exercício das lições e Observações Astronómicas enquanto não se acabar o Grande Edifício para elas destinado construir-se no Território dos Paços da Universidade uma Casa térrea para servir de Observatório interino»* [Francisco de Lemos 1777, p.214, 127][13]

A escolha deste local representa uma opção que era admitida pelos próprios Estatutos, a da comodidade – *«procure escolher o lugar, que para o sobredito Observatório for mais próprio; na maior vizinhança da Universidade, que couber no possível; quando não haja a comodidade para o estabelecer dentro nos Paços dela»* [Estatutos 1772, v.3 p.214]. Distante dos acessos à Alta e mais recatado para o exercício das observações práticas da cadeira de Astronomia, o local dispunha de um amplo espaço aberto sobre o vale do Mondego. Segundo informa Francisco de Lemos os custos com esta obra «*importavam, em Julho de 1777, em 242$170 reis*», valor bastante baixo mesmo para uma *«casa térrea»*!

Nos diferentes Arquivos que consultámos não há praticamente informação alguma sobre este pequeno Observatório Interino. Não se encontrou nenhuma planta, apenas encontrámos alguma informação acerca de obras que foram nele efectuadas logo a partir de 1776 e que se estenderam até praticamente 1785, ano a partir do qual parecem cessar qualquer despesas referente a este pequeno edifício[14]. Este pequeno estabeleci-

[12] Este valor corresponde ao valor mais alto atingido por uma só obra. Os outros estabelecimentos científicos todos juntos (Museu História Natural, Gabinete de Física Experimental, Dispensário Farmacêutico, Teatro Anatómico, Laboratório Químico, Hospital, Observatório Interino e o Jardim Botânico) representaram 55% do custo total das obras. E se compararmos apenas os custos das obras dos estabelecimentos científicos cerca de 1/5 foi absorvida pela obra inacabada do Observatório do Castelo [Francisco de Lemos 1777, pp.191-193].

[13] A construção de um Observatório interino (o termo interino é usado como se vê para significar provisório) já estava previsto nos próprios Estatutos: *«Sendo porém obra, que dependerá de mais tempo o fazer um Observatório, digno da Universidade: Ordeno, que interinamente, em quanto senão construir o dito Observatório regular, (no qual o Reitor deverá logo cuidar) se procure um lugar cómodo, em que se principie, do modo que for possível, o Exercício das Observações.»* [Estatutos 1772, v.3 p.214].

[14] Pela pouca documentação encontrada é de supor que tenham existido plantas, ou desenhos – *«João Baptista Ferreira fez e acabou a obra de carpintaria do Observatório Interino [...] como consta*

mento terá sido então construído entre 1775 e 1778 e com o passar dos anos vai sendo alvo de algumas obras e pequenas requalificações (segundo John Blankett (?-1801) em 1777 já estava construído [J. Blankett 1777, p.33]). Deverá ter inclusive sofrido uma ampliação, pois são feitos pagamentos em 1784 ao que se chama *«novo acrescento do Observatório dentro da Universidade»* (explicando-se assim as despesas que para ele se encontram nos arquivos) – em 1787 é alvo de mais intervenções: *«Pelas despesas do Observatório Astronómico [...], por concertos na casa interina do dito Observatório: 68$460 [17 de Fevereiro de 1787]»* [ANTT Mç.517 Ministério do Reino]). Muito provavelmente terá funcionado, servindo quase em exclusivo para o uso das aulas, até cerca de finais da década de 1780, altura em que se começa a construção do definitivo OAUC – e que possívelmente faz, como veremos, um aproveitamento do espaço que este Observatório Interino ocupava. Castro Freire [Castro Freire 1872] defende que o Observatório Interino foi construído entre 1782 e 1789, porém convém notar que este autor desconhecia o Relatório de Francisco de Lemos [Francisco de Lemos 1777]. Lurdes Craveiro, mais recentemente, defende que o Observatório interino foi construído ao longo da década de 1780, sofrendo depois uma grande obra virando definitivo em 1799 [Lurdes Craveiro 2004]. Em nossa opinião a autora está errada. O Observatório Interino foi construído na década de 70, sendo alvo de contínuos melhoramentos até c.1785, tendo sido demolido aquando da construção do definitivo OAUC, que aproveita parte do espaço que este ocupava.

O problema da efectiva falta de um verdadeiro observatório astronómico na Universidade exige uma solução que se começa a desenhar por volta de 1785-87. Poderão ser várias as razões para que só por volta desta data a questão do observatório da

da sua medição e assinada pelo engenheiro Teodoro Marques Pereira que fica na casa da obra [18 de Janeiro de 1777]» [AUC IV-1^{a}E-12-5-2]. A primeira despesa referente a este Observatório é de 18 Outubro de 1775 [AUC Livro de Receita e Despesa, 1774-75]. Em Fevereiro de 1776 aparecem mais despesas, bem como nos anos de 1777, 1778 [AUC IV-1^{o}E-12-4-19]. Em 1779 há despesas assinadas por José Carlos Magne e João José Cerqueira [AUC IV-1^{a}E-12-5-3]. O ano de 1780 começa com *«despesa feita no Observatório»* na semana de 8 de Janeiro [AUC IV-1^{a}E-12-5-4]. Nos anos de 1780 a 1782 continuam despesas feitas com o *«Observatório Interino»*, e que são nitidamente continuação dos anos anteriores. Em Junho de 1781 despesas: *«Observatório Astronómico: 3$510, pela importância da despesa feita com uma taboa de pau-santo, concerto da caixa nova, dois parafusos para a pêndula, outras miudezas precisas para o mesmo Observatório, como se vê no documento [não o especifica]»*; 1782 (Janeiro): *«Observatório Interino - 7$700, com hum oitavo de Carmim, e um quarto de tinta-da-china e outras miudezas»* [AUC IV-1^{o}E-12-4-20]. Em 1784 há despesas com obras *«que se há-de fazer dentro no Observatório entrino da Universidade»*; as obras são referentes a carpintaria: *«Na contadoria Geral da Junta da Fazenda da Universidade [...] foi rematada a obra de que trata o apontamento supra a José Nunes Oficial de carpinteiro, na quantia de vinte e quatro mil reis, com a obrigação de as dar acabadas até ao fim de Setembro corrente [datada e assinada, 3 de Setembro de 1784]»* [AUC IV-1^{a}E-8-5-20]. Também há despesas com obras no *«Observatório Interino: acrescento que se fez na casa redonda das lições [despesas com obras: telhados]»* [AUC IV-1^{a}E-10-1-10]. Em 1785 (Janeiro) há despesas com *«pintura que se fez na caza redonda do Observatório Interino, por ordem do Sr. José Monteiro da Rocha»* e também com móveis. A partir deste ano (1785) as despesas que se encontram não dizem respeito a obras mas sim a mobiliário, instrumentos e afins.

Universidade volte a estar em cima da mesa[15]. Uma deve-se a questões internas à própria astronomia, as outras a condicionalismos externos.

Por volta de 1785-1787 está reunido (ver capítulo seguinte) praticamente todo o acervo instrumental indispensável à efectiva actividade astronómica e funções que se pretendiam com um verdadeiro Observatório Astronómico tal como os Estatutos estipulavam; nomeadamente o indispensável à elaboração das efemérides astronómicas. O Observatório Interino, de carácter provisório e relativamente acanhado, construído para uso das aulas não possuía as necessárias condições de acomodação dos instrumentos que entretanto se haviam adquirido, nem as condições mínimas de trabalho para os astrónomos e calculadores das efemérides. Parece-nos bastante provável que o Aviso de 1 de Outubro de 1787 [DRP 1937-1979, v.2 pp.177-78] seja uma consequência directa de sucessivas interpelações de José Monteiro da Rocha (que para além de professor da cadeira de Astronomia é também vice-reitor desde 31 de Julho de 1786) face à inexistência de um verdadeiro Observatório Astronómico na Universidade capaz de trabalhar no *'aditamento da astronomia'*[16].

Há outras razões que poderão, também, ter contribuído para que esta questão se tenha tornado premente. Uma é a actividade da ACL, que inaugura o seu Observatório Astronómico, instalado no Castelo de São Jorge, a 3 de Janeiro de 1787, e que tinha também como objectivo a publicação de umas efemérides *«para utilidade da navegação portuguesa e aumento da Astronomia»,* colidindo directamente com um dos principais objectivos do inexistente observatório da Universidade. A ACL começa logo no ano seguinte a publicação das suas *Ephemerides Náuticas, ou Diário Astronómico* (Lisboa, 1788), projecto que começara a ser pensado cerca de meia dúzia de anos antes (1781), tendo Monteiro da Rocha sido sondado pelo Secretário da Academia sobre o assunto (veja-se o nosso capítulo 15). Lembremos que data também deste ano a tentativa (Aviso Régio de 16-3-1787) do estabelecimento da Congregação Geral das Ciências conforme os Estatutos, uma reacção evidente da Universidade face ao papel compet-

[15] Em 1 de Outubro de 1787 o ministro Vila Nova de Cerveira informa o Reitor de que era para ser efectivamente construído um observatório da Universidade – *«Sua Majestade, achando muito justo, e necessário que o Observatório Astronómico, e o Teatro Anatómico se concluam, e acabem, como V. Exa. lhe representou: Há por bem que estas duas Obras se acabem pelo modo que V. Exa. aponta para a despesa delas: mas que não se entre a promover o trabalho destas Obras, enquanto com a Oficina da Tipografia Régia e Sua Direcção, não se regula a porção que poderá dar, ou a Consignação ânua, que poderá fazer, por conta do capital, que deve a essa Universidade; o que só poderá ter depois que Eu recolhido a Lisboa poder tratar e ajustar este Negócio. O que participo a V. Exa. de Ordem de Sua Majestade, para que fique a este respeito entendendo qual é a Resolução da mesma Senhora.»* [DRP 1937-1979, v.2 pp.177-178].

[16] Convém salientar que nem no livro de Actas da Congregação de Matemática, nem em nenhum outro documento por nós consultado se encontra informação alguma sobre uma possível discussão no seio da Congregação da Faculdade da questão do Observatório (a última Congregação antes do referido Aviso Régio é de 25 Julho de 1787, tendo nela participado Monteiro da Rocha, José Joaquim de Faria, Manuel José Pereira da Silva e Manuel Joaquim Coelho da Maia).

itivo que a Academia das Ciências de Lisboa vinha assumindo [José Maria de Abreu 1751, p.21]. Outra das razões poderá ser a mudança de Governo. Como já tivemos oportunidade de referir o governo que se formou após a subida ao poder da rainha D. Maria I (24 de Fevereiro de 1777) não contribuiu para dar um novo impulso às obras da Universidade de Coimbra. Pelo contrário, faltou empenho e persistência nos trabalhos públicos ao ministro Vila Nova de Cerveira que substitui Pombal na pasta do Reino[17]. Esta fase, marcada por hesitações e adiamentos, relegaria a questão do Observatório da Universidade para o esquecimento, sendo, porém, a partir de 1785 reavivada por José Monteiro da Rocha – há instrumentos, há recursos humanos, mas não existe um edifício com a capacidade de albergar as diferentes valências indispensáveis à actividade astronómica que se deseja. Contudo, no ano seguinte com a formação de um novo Governo (15-12-1788), que vê nomeado José Seabra da Silva (1732-1813), antigo colaborador do Marquês de Pombal na Junta de Providência Literária, para a Secretaria de Estado do Reino, a questão iria-se finalmente resolver[18]. Fazia parte do programa deste governo, movido pela acção de fomento para o território continental, a conclusão de obras que se arrastavam ou de projectos que não tinham sido postos em prática [Moura Martins 2009]. É assim que a partir de 1788 o projecto da construção de um Observatório definitivo passa a estar verdadeiramente em cima da mesa. Vários projectos são então delineados por Manuel Alves Macomboa, o arquitecto agora responsável pelas obras universitárias, sob as ordens e considerações de Monteiro da Rocha[19].

A solução definitiva do OAUC passava por fixar a sua localização no topo Sul do Paço das Escolas. Abandonava-se, assim, definitivamente, o longínquo e primitivo Observatório do Castelo projectado por Guilherme Elsden. A concretização da opção de realizar o OAUC no Pátio das Escolas foi muito debatida. Pelo menos em projecto, pois são realizados quatro projectos em relativamente pouco tempo – no espaço de quatro anos são conhecidos quatro projectos arquitectónicos (três deles em menos de meio ano): primeira versão de 1788; segunda versão de Setembro de 1790; terceira

[17] D. Tomás Xavier de Lima (1727-1800), Visconde de Vila Nova de Cerveira e posteriormente Marquês de Ponte de Lima (17-12-1790). Substitui o Marquês do Pombal na Secretaria de Estado do Reino, ocupando o cargo de 14 de Março de 1777 a 15 de Dezembro de 1788; nesta altura deixou a pasta do Reino e foi nomeado Ministro Assistente ao despacho e Ministro e Secretário de Estado da Fazenda, acumulando com a presidência do Erário e da Junta do Comércio; a partir de Agosto de 1799, após a demissão de José de Seabra da Silva, reocupou interinamente a Secretaria de Estado do Reino.

[18] Seabra da Silva estará à frente do Governo até 5 de Agosto de 1799, data em que é demitido pelo Príncipe Regente D. João (a oficialização da Regência do Príncipe é de 15 de Julho de 1799).

[19] Manuel Alves Macomboa chega a Coimbra em 1773 como mestre-de-obras (o seu nome aparece nas folhas de pagamento a partir de 16 de Outubro de 1773). A partir do ano de 1782, e até 1810, exerce as funções de arquitecto das obras. Morre em Lisboa a 11 de Março de 1811. Sobre a obra de Macomboa veja-se [Lurdes Craveiro 1990].

versão de Novembro de 1790; quarta versão de Fevereiro de 1791 e Setembro de 1792 (a versão construída). Ou seja, a concretização do projecto do OAUC constituiu um processo riquíssimo de desenho, estando em cima da mesa duas hipóteses (que decorrem, aparentemente, entre 1788 e 1791). Ambas as soluções têm pontos comuns: o programa, a localização e o carácter permanente do edifício. Têm como temas comuns o programa de instalações e a amarração do edifício ao muro do Terreiro que dá para a rua da Trindade (hoje Rua José Falcão). Estes dados de trabalho, essenciais para se poder projectar, devem ter passado pela Secretaria de Estado do Reino e deviam constituir temas decididos e acordados entre o Estado e a Universidade, ou seja entre José de Seabra da Silva, o Reitor e José Monteiro da Rocha[20]. Em nenhum dos projectos, realizados nesta fase, estes dados estão em causa. Varia isso sim, e isso os distingue, a forma e a disposição volumétrica: a 1^a hipótese propõe a realização de um edifício novo; a 2^a propõe o aproveitamento parcial do edifício existente (do Observatório Interino); e a 3^a e 4^a versões a realização novamente de um novo edifício, em que a sua forma final será constituída por um corpo horizontal com um piso e cobertura plana, e uma torre com três pisos definida a partir do vão central, também com cobertura plana[21]. Vejamo-las.

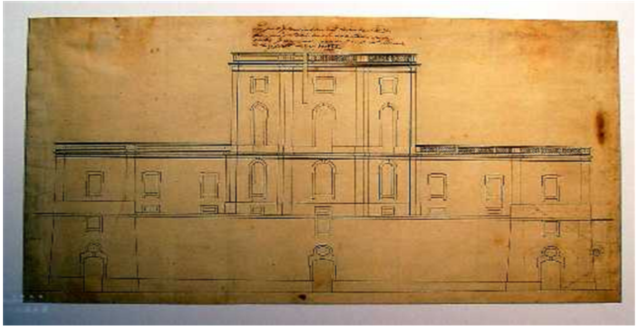
- **primeira versão: 1788.**

A primeira hipótese é informada pelo projecto de 1788 «*Planta do Observatório Astronómico [1788, s.n.]*» [OAUC: Arquivo D-003][22],

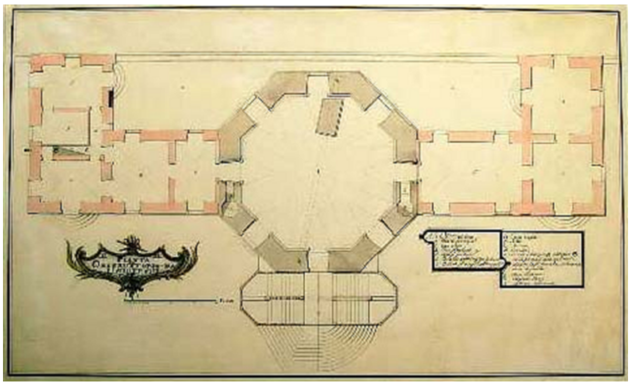
[20] Para Seabra de Albuquerque o cerne da questão do projecto do *«novo»* Observatório ter-se-á desenvolvido num diálogo mais restrito entre Monteiro da Rocha e Macomboa, em que este vai respondendo de acordo com as hipóteses colocadas pelo Vice-reitor [Seabra de Albuquerque 1876, p.76]. Há porém outra hipótese, as propostas do arquitecto e de Monteiro da Rocha por um lado serem tratadas directamente com a Junta da Fazenda da Universidade – duvidamos desta hipótese, Monteiro da Rocha era vice-reitor e aquando das obras há documentação que explicita *'por mando do vice-reitor'*. Outra alternativa, o de ter sido um diálogo directo de Monteiro da Rocha com o ministro que tutelava as obras públicas, José de Seabra da Silva, parece-me mais plausível. Segundo o investigador Carlos Martins muitas obras públicas desta altura conhecem vários projectos e alternativas e o processo vai passando directamente pelo ministro, que vai dando instruções caso a caso – as alternativas normalmente vêm da equipa projectista mas passa tudo pelo ministro. Assim o caso do projecto do OAUC será fruto de Monteiro da Rocha em diálogo com o Ministro e Macomboa a desenhar e a fazer o que o primeiro manda. Monteiro da Rocha é referido explicitamente não só nas próprias plantas e desenhos do OAUC mas em vários outros documentos justificando despesas várias respeitantes à obra (o Aviso Régio de 23-1-1778 autorizava a Junta da Fazenda a dispor sem prévia licença régia de 400000 reis anuais para despesas de obras).

[21] A partir da 2^a versão (Setembro de 1790) tudo se passa muito rápido. Dá a impressão que a decisão tem de ser tomada e em pouco tempo são realizados os outros três projectos.

[22] Embora não esteja assinado o seu autor é Macomboa [Lurdes Craveiro 2004, p.76].



«Prospecto ou vista do milhoramento do Observatorio da Universidade de dentro do seu patio» [OAUC: Arquivo D-008]

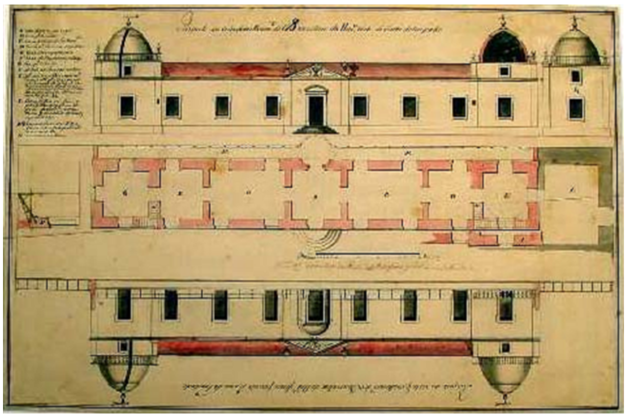


«Planta do Observatório da Universidade de Coimbra [b]» [OAUC: Arquivo G003].

É o projecto inicial, correspondendo portanto ao ponto de partida, poderia ter sido a versão que José Monteiro da Rocha apresentou (em conformidade com o tal Aviso Régio de 1787) ao Governo e que Vila Nova de Cerveira adiou, ou seja não aprovou. É o projecto mais ambicioso de todos. É a proposta que está mais ligada à ideia da torre octogonal de Guilherme Elsden, como se esta constituísse uma memória ainda presente (como veremos a solução final, a 4^a versão, vai aproximar-se um pouco desta proposta). A organização e a edificação do observatório respondem obviamente às exigências induzidas pela prática observacional, assim a presença de uma torre no observatório também está ligada à necessidade de elevar o local das observações acima dos telhados da Biblioteca Joanina, a Oeste, e do Colégio de S. Pedro, a Este. O edifício proposto vive fundamentalmente do corpo central (octógono, na 'planta [b]' legendado com o n^{o}1), que domina toda a composição em U, com uma escadaria de grande aparato, orientada a Norte, a definir a entrada do Observatório. É no corpo central, o octógono, que se integram nas paredes as escadas para o piso superior. O projecto integra várias salas como uma biblioteca, as salas para as aulas e para os instrumentos, quarto e sala de jantar[23].

[23] A identificação do projecto insere-se numa moldura muito cuidada com um desenho de um globo, de uma luneta e de um compasso. A sua legenda ('planta [b]') é a seguinte: *«1- Observatório; 2-*

- **segunda versão: Setembro de 1790**



«Prospecto ou vista do milhoramento do Observatorio da Universidade» [OAUC: Arquivo G-008].

Não estamos de acordo com Lurdes Craveiro quando atribui este desenho a *«um dos primeiros desenhos do Observatório Interino (inédito) que contempla uma definição aproximada em planta do que foi, efectivamente, construído»* [Lurdes Craveiro 2004, p.77]. Para nós este desenho corresponde a uma 2^a proposta para a construção do definitivo OAUC e não é, por isso, um desenho do Observatório Interino. Contempla, isso sim, o aproveitamento do Observatório Interino (em parte ou na sua totalidade). É a mais modesta das propostas e poderia constituir uma alternativa, apresentada após o fracasso da proposta anterior, agora menos ambiciosa, aproveitando parcialmente o edifício existente[24]. Este projecto determina um longo bloco (215 palmos aproximadamente ($\approx 47.3\,\mathrm{m}$)) com sete salas que encontra, nas extremidades, a elevação em duas torres encimadas em cúpula, e dotadas de varandim, correspondendo às salas para o Sector e para as aulas[25].

A dimensão do edifício, na sua extensão, parece obedecer ao aproveitamento de um dos espaços do Observatório Interino, que devia ser o mais importante, tendo como

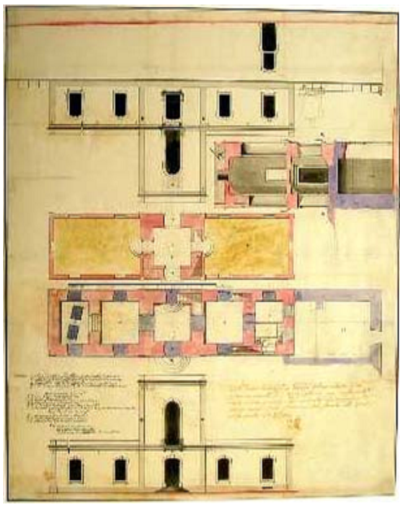
escadas principais; 3- casa vaga; 4- casa para as lições; 5- casa para os instrumentos; 6- escada interior para o primeiro plano; 7- escada para os seg. e últimos planos; a- casa vaga; b- sala; c- livraria; d- corredor; e- escada q desce por A, e sobe por B desta forma para casa do criado, daquela para cozinha subterrânea; f- casa de jantar; g- casa de cama; h- espaço livre; i- latrina subterrânea».

[24] Segundo Carlos Martins o facto de ter um único piso assim o parece indicar (uma vez mais agradecemos ao investigador Carlos Martins a preciosa e imprescindível ajuda na leitura das plantas e clarificação de alguns pontos muito importantes das mesmas).

[25] A legenda assinala: *«A- Casa despeza ou vaga; B- Casa para dar Lições; C- Casa guarda de instrumentos; D- Casa da Livraria respectiva; E- Casa correspondente; F- Casa de Experiências actuais; G- Casa para o sector; H- [denota a elevação interior]; I- [Segundo modo e melhor movimento na planta para a construção e elevação da casa F batendo acima na do prelongo nos cunhais, e subindo estes livres como se mostra em h]; L- [Casa que fica inferior e por baixo do plano do pátio da Universidade; e mais outra que denotam os traços de pontinhos]; M- Espaço livre entre [fasia] da nova planta e a muralha; N- escadas interiores.»*

referência compositiva o eixo do Pátio das Escolas. Existe uma intenção de poder qualificar o desenho, que é apresentado pelo alçado alternativo com a letra *h*. Ou seja, apesar de se reduzir o edifício ao mínimo, parece haver sempre o cuidado de o dignificar. O Observatório interino parece ser constituído de dois espaços, assinalados no desenho com as letras *L* e *F* (veja-se a legenda, contudo o espaço mais pequeno coincide não com a letra *F* mas na verdade com a letra *I*)[26].

- **terceira versão: Novembro de 1790**



«*Plantas para o melhoramento do Obser. da UC*» [OAUC: Arquivo G-004].

Esta versão[27] é interessante, pois, em certo sentido é uma fusão da primeira e da segunda versão, retoma o tema da torre central, agora de planta quadrangular e de muito menor dimensão; e aproveita a implantação de uma das paredes do edifício antigo do Observatório Interino[28]. Pode, talvez, a ideia de torre associada a um observatório astronómico ter sido a razão desta alteração, seja como for é apenas uma especulação. É de salientar que a revisão do projecto obedeceu a uma mudança, que se materializou na proposta final, de não enveredar por uma solução tão modesta como a que foi apresentada em Setembro desse ano.

[26] Devia existir um espaço circular mas não está assinalado, pois encontrou-se em documentos referência à «*pintura que se fez na caza redonda do Observatório Interino*» e também com «*acrescento que se fez na casa redonda das lições [em 1784]*» [AUC: IV-1^{a}E-10-1-10]. Se não era um espaço circular, poderia ser ortogonal e tinha uma cúpula. Parece haver indícios suficientes em desenho para se poder dizer que o Observatório Interino era um edifício de pedra (ou tijolo) e cal, com coberturas em madeira como aliás é assinalado no corte transversal do desenho de Setembro de 1790 com a letra *H*.

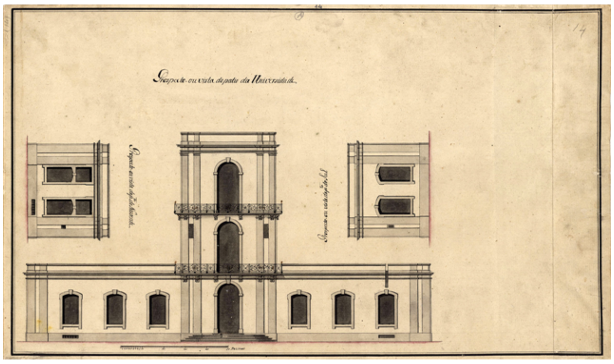
[27] «*Mais uma vez sem a assinatura de Manuel Alves Macomboa, mas da sua incontestável autoria*» [Lurdes Craveiro 2004, p.78].

[28] Neste desenho a implantação do Observatório Interino também parece estar assinalada. O levantamento difere nos dois desenhos (2^a versão e 3^a versão), o que torna a interpretação mais difícil, mas nos aspectos essenciais é comum a possível implementação do Observatório Interino.

Este projecto é dominado por uma torre central quadrangular de apenas um piso (o que será efectivamente construído terá uma torre idêntica mas de 2 pisos) ladeada por dois terraços[29]. Segundo Lurdes Craveiro este projecto, *«pese embora a sua sobriedade de feição também utilitária, não deixa de manifestar as propostas neoclássicas introduzidas em Coimbra por Guilherme Elsden.»* [Lurdes Craveiro 2004, p.78].

Este projecto foi aprovado em Junta da Universidade, em 20 de Novembro de 1790 (o desenho assim o indica – *«Aprovado em Junta de 20 de Novembro de 1790»*) e o facto de as obras terem começado em Dezembro desse mesmo ano, ou seja depois desta aprovação, sugere ter sido este o 1^o projecto a ser aprovado. O observatório que viria a ser construído não é, contudo, a materialização deste projecto mas sim de um outro apresentado e aprovado em 5 de Fevereiro de 1791, provavelmente ainda durante o processo de demolição[30].

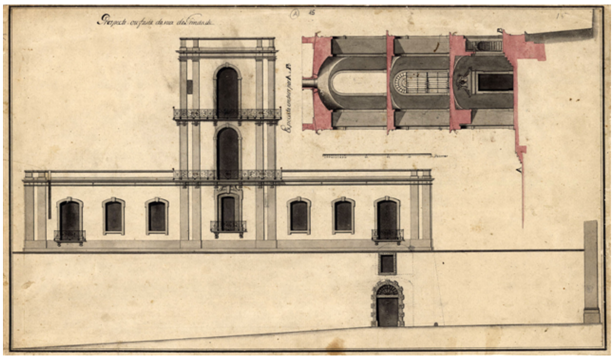
- **quarta versão (a versão aprovada e efectivamente construída): 1791-1792**



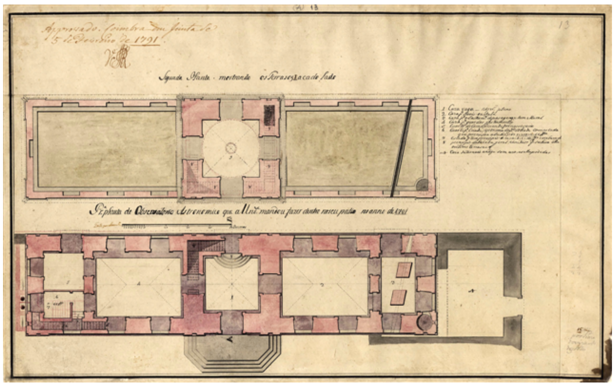
vista do Pátio da Universidade [BGUC Ms. 3179].

[29] A sua legenda é a seguinte: *«a- Plantas para o melhoramento do Observatório. da Univ. de Coimbra que se entende a fasia do plano do pátio; b- segunda planta em que se mostram os terraços aos lados +; c- prospecto ou fasia para o pátio; d- prospecto ou vista para a Rua da Trindade; e- expecado interior por A B mostrando os subterrâneos †; na primeira planta há o seguinte: 1- casa vaga com escada para cima; 2- casa para lições ou aula; 3- casa p. Instrumento de passagens e para 1 Mural; 4-casa para guardar instrumentos; 5- primeiro e segundo [quarto] por cima casa para (?); 6- escadas: e no patim duma latrina por baixo dos 2 quartos; na segunda planta há o seguinte: 7- casa própria para o sector do zénite; 8 – lugar para o Quadrante novo ao Sul; 9- lugar para os instrumentos ao Norte; 10- subterrâneos que existem sem uso, e o podem ter, dando-se-lhes, e melhor entrada, e renda»*.

[30] Os trabalhos de demolição começaram meses antes, a 4 de Dezembro de 1790 [AUC IV-1^aE-10-1-12] e não como Lurdes Craveiro afirma *«alguns anos antes»*.



«Prospecto ou fasia da rua da Trindade» [BGUC Ms. 3377-5].



«Planta do Observatório Astronómico que a Universidade mandou fazer dentro no seu pátio no anno de 1791» [BGUC Ms. 3377-4].

Esta última versão, datada de 5 de Fevereiro de 1791 e assinada por Monteiro da Rocha[31] e aproxima-se mais, no comprimento do edifício, do Observatório do Castelo, do que a terceira versão (que foi aprovada em Junta). Aproxima-se também na elevação da torre, apesar de esta ter uma escala mais modesta[32]. É portanto uma solução de compromisso entre a modéstia do desenho e dimensão do edifício e a necessária qualificação e dignificação de um observatório astronómico. A consequência desta decisão

[31] Tem a indicação de *«feito por Macomboa»*. Um documento datado de 25 de Maio de 1791 atesta-lhe um pagamento (de 38$400 reis) por isso, *«mestre das obras da Universidade que as dirige principalmente fazendo os riscos apontamentos delas deu-se-lhe a dita quantia por uma só vez somente em atenção às que actualmente se fazem e sobretudo à do novo Observatório nos Paços da Universidade»* [AUC Livro de Receita e Despesa n.8, fl.36]; em 21 de Julho de 1792 ser-lhe-ia pago ainda mais 9$660 reis: *«E nove mil seiscentos reis Que pagou a Manuel Alves Macomboa mestres das obras da Universidade de resto da ajuda de custo que se lhe concedeu pelo trabalho que teve na obra do novo Observatório.»* [AUC Livro de Receita e Despesa n.8, fl.120].

[32] A primeira versão do Observatório do Castelo compreendia um edifício com uma frente de 49 m e altura (pela torre mais alta) de 31 m; a versão apresentada por Francisco de Lemos à rainha compreendia um edifício de frente 58 m e altura total (do solo ao topo da torre) de 37 m. A versão para o OAUC, aprovada em Junta de 20 de Novembro de 1790 (a 3^a versão), compreendia um edifício de frente de 35 m e altura 15 m; já na versão efectivamente construída (a quarta versão) o OAUC tinha de frente 41 m e uma altura total de 24 m.

implicou a demolição quase total, senão total do Observatório Interino, conforme se depreende da planta.

Este edifício é um bom exemplo do desfasamento entre as ambições iniciais da Reforma Pombalina, com o Observatório Astronómico a implantar no Castelo e a nova realidade. Pensado no seu início como um edifício destacado de todos os estabelecimentos científicos, acabava num edifício mais modesto (o Observatório do Castelo que se planeou era um edifício de grandes dimensões: 58m de frente; 24 de lado e 37m de altura). Abdicava-se da carga simbólica e da função urbana iniciais e concentrava-se a atenção na criação de um simples estabelecimento astronómico, privilegiando-se a funcionalidade. A sua construção revela já uma outra mentalidade, um outro tempo já distante do tempo de Pombal: fazer obra em pouco tempo, isto é projectá-la e executá-la em tempo útil[33]. Este projecto foi aprovado em 5 de Fevereiro de 1791, estando em 1799 erguido e concluído. Contudo há alguns indícios que parecem sugerir que o edifício já estaria praticamente pronto por volta do ano 1795.

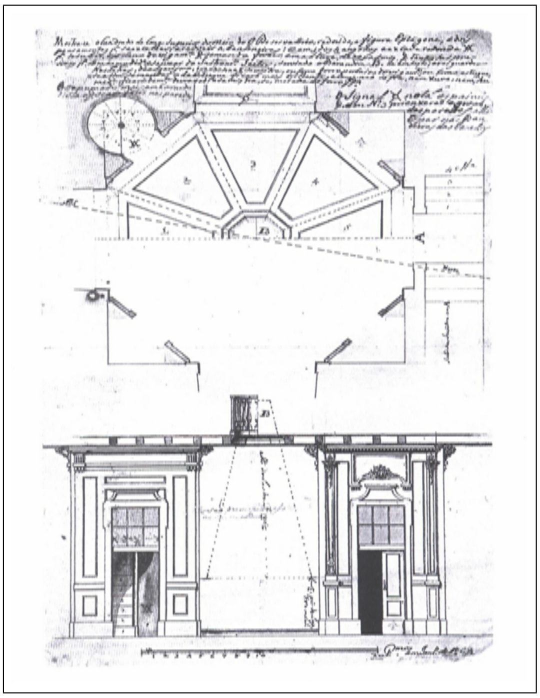
Um é a ausência nos arquivos, a partir desta data, de documentos relevantes de despesa com a obra[34]. Outro é a Carta Régia de 4 de Abril de 1795 que nomeia Monteiro da Rocha como Director do Observatório Astronómico[35], o que para alguns

[33] «*Obedecendo a um projecto que não tem o arrojo do de Elsden, mantém a sobriedade de uma obra de feição utilitária e a força dos elementos clássicos que lhe são presentes. O corpo central, a cortar a monotonia de um conjunto equilibrado, eleva-se dois andares acima, demarcados por faixas de gradeamentos que lhe conferem certo ar de jovialidade e leveza.*» [Lurdes Craveiro 1990, p.29]. Virgílio Correia refere-se-lhe como «*a última grande obra (da Reforma Pombalina) e a menos característica*» [Virgílio Correia 1946, v.1 p.136].

[34] Os documentos que relatam as despesas das obras começam em 1790 (4 de Dezembro de 1790) – «*serventes nos desmanchos do dito desentulho [26 serventes e 8 mulheres]*»; «*serventes nos desentulhos para a nova obra [rol de 66 trabalhadores]*»; «*no Observatório com os desentulhos para os caboucos e desentulho da pedreira e carregar pedra do Castelo*» [AUC IV-1^{a}E-10-1-12] – todas estas relações de despesa finalizam com a seguinte frase: «*por despacho da Junta de 20 de Novembro de 1790*». Em 1792 aparecem várias despesas, nomeadamente de ferragens (muitas das ferragens nos edifícios do século XVIII são colocadas nas cantarias e não posteriormente como se faz hoje e assim tinham que ser aprontadas muito cedo na obra). No ano de 1793 as despesas com as obras continuam e aparece muitas vezes a justificação, «*por ordem de José Monteiro da Rocha*». Em 1794 já vão aparecendo despesas com tintas [AUC IV-1^{a}E-10-1-13 (1793-1798)] – e dá a impressão pelo rol das despesas que em 1793-94 a obra estaria já bem adiantada. Em 1794 há despesas com obras de carpintaria e despesas relacionadas com a pintura do edifício [AUC Livro de Receita e Despesa (1794), n.9 pp.14-19 e seguintes]. A partir do ano de 1795 não encontrámos nos arquivos documentos que indiquem, sem sombra de dúvida, o estado de andamento da obra; encontram-se porém documentos que indicam despesas, nos anos 1795-96, com as obras das portas e janelas [Ramos Bandeira 1943-1947, p.95]. A partir desta dada passamos a encontrar também algumas despesas relativas a mobiliário.

[35] «*Tendo consideração ao distinto merecimento, Letras, e Serviços do Doutor José Monteiro da Rocha, Decano da Faculdade de Matemática, e Lente de Astronomia dessa Universidade; e Querendo eficazmente promover o progresso, e adiantamento dos Estudos das Ciências Matemáticas nela estabelecidos: Hei por bem nomeá-lo Director Perpétuo da referida Faculdade, e do Observatório Astronómico, sendo confiada a inspecção, e direcção desta Obra ao seu conhecido zelo, actividade, e inteligência. E Mando, que para o bom Regimento, e Governo de um tão importante Estabelecimento, o mesmo Director ordene, sem perda de tempo, e vos proponha para haverem de subir à Minha Real Presença com o Vosso Parecer, todas as Providências, que julgar necessárias para o referido fim, as quais podereis logo*

autores é a prova de que a obra estaria (praticamente) concluída por volta desse ano. Como se pode explicar então um intervalo de 4 anos, entre 1795 e 1799, sem actividade no OAUC? É nossa opinião que apesar do corpo central do edifício, isto é ao nível do rés-do-chão, estar praticamente pronto por volta de 1795, ainda se enfrentavam alguns problemas com a edificação dos dois andares da torre, mais propriamente com a escadaria na passagem do 2^o para o 3^o piso, o que terá atrasado a conclusão da obra. O desenho abaixo parece-nos poder explicar esta hipótese.



«Planta e desenhos de portas para o Observatório Astronómico, Manuel Alves Macomboa, 17[?]4» [OAUC Arquivo G-009].

Este desenho, de data parcialmente ilegível (é ilegível o algarismo referente à década do ano em causa – 17[?]4) e que se encontra no arquivo do OAUC, foi publicado pela primeira vez por Lurdes Craveiro que o data de 1784, relacionando-o por isso com o projecto do Observatório Interino e com o projecto de 1788 (da torre central ortogonal)[36]. É nossa convicção que a autora está errada.

mandar interinamente observar em todo, ou em parte, se assim vos parecer necessário, ou conveniente, enquanto Eu não houver por bem determinar o que for mais do Meu Real serviço a este respeito [4 de Abril de 1795]» [ACFM 1982-83, v.1 p.134].

[36] Sobre este desenho escreve Lurdes Craveiro: *«O primeiro projecto conhecido e ainda inédito do Observatório Interino, assinado por Manuel Alves Macomboa [...]. A partir dele formar-se-iam outros até alcançar a definição neoclássica que o arquitecto instalou no pátio das Escolas e que se encontraria basicamente concluído em 1791. Na parte superior mostra-se a definição octogonal escolhida para a parte central do Observatório, destinada a albergar o Quadrante, e onde se integram um varandim de balaústres e as escadas com projecção circular para o exterior.»* [Lurdes Craveiro 2004, p.75].

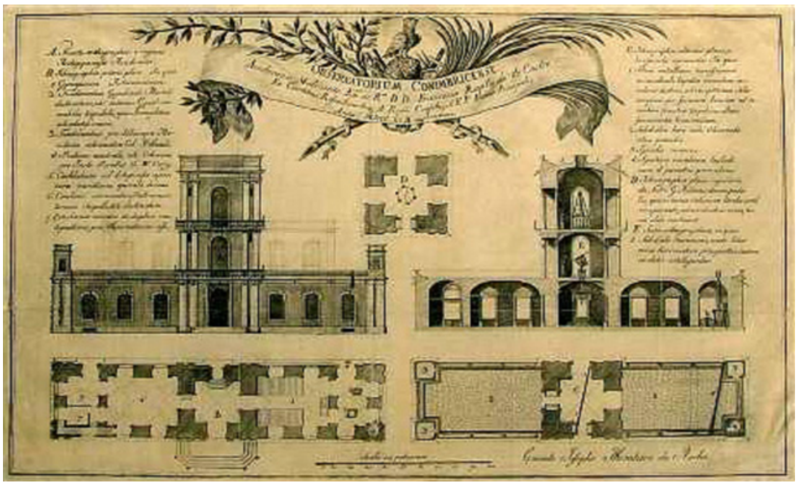
Para nós o esquema não diz respeito ao Observatório Interino, para o qual na nossa opinião não há qualquer esquema, desenho, ou planta até à data conhecido, mas sim a um possível estudo arquitectónico relacionado com a torre quadrangular da última versão do projecto do definitivo OAUC (4^a versão) – será assim datado de 1794 e não de 1784. A própria legenda informa que o desenho diz respeito ao *«quadrado da Casa superior do meio do Observatório, reduzida, à figura [E]ptagone»*[37], isto é à torre quadrada (que só existe a partir da versão de 1790) e não a uma torre octogonal, conforme o desenho de 1788. A medição dos lados da torre do desenho em causa confirma que este não pode estar relacionado com a torre do projecto de 1788 – a torre octogonal deste projecto tem um diâmetro exterior 20m (e interior 15m) e a torre do desenho em causa tem apenas 6m, os mesmos da torre quadrada do projecto de 1792.

De certa forma esta interpretação poderá explicar a razão pela qual estando o OAUC praticamente pronto por volta de 1795, pelo menos ao nível do primeiro andar, a sua conclusão se vê atrasada devido alguns problemas técnicos que se deparam no acabamento da torre e que que acabam por adiar a conclusão definitiva do OAUC para os finais da década. H. Friedrich Link (1767-1851) que visita Coimbra e a sua Universidade em 1799 diz que o OAUC, apesar de ser um edifício bem construído e cómodo, é falto de instrumentos – *«il manque de beaucoup d'instrumens»* [H. Link 1808, v.1 p.389]. Como explicar esta afirmação de Link, sabendo nós que desde 1785-86 já está reunido o numeroso acervo instrumental que integrará o futuro OAUC, senão supondo que aquando da sua visita ainda não se tinham transportado e guarnecido com todos esses instrumentos o novo edifício, que se tinha acabado de construir?[38]

Há ainda que considerar que a nomeação de Monteiro da Rocha para Director (4 de Abril de 1795), de um observatório que ainda não estará efectivamente pronto, vem no sentido de preparar as condições necessárias para que se ultimem uma série de coisas essenciais ao seu futuro funcionamento e que passam pela elaboração e redacção do regulamento, a construção do mobiliário necessário, o aprontar as máquinas e colocação dos instrumentos, isto é tratar de tudo o que fosse necessário e indispensável para efectivamente pôr o OAUC a funcionar.

[37] A legenda de desenho é: *«Mostra-se o quadrado da Casa superior do meio do Observatório, reduzida, à figura [E]ptagone, e dois pensamentos para se escolher e reduzir a cantoneiras; e em 1 dos 4 ângulos a escada redonda para se subir, o plano de vigamento que se manda fazer, em altura de 20 palmos que tantos são precisos para com comodidade se usar do Instrumento Sector servindo o Varandim B. de encosto, e resguardo. Nas Letras de algarismo 1=2=3=4= e 5 já mostra, ou como forro por baixo do vigamento, ou, como estuque, =se assim se mandar = de Estuque ficará mais brilhante e como não sofre, nem chuva, nem humidade ficará de muita duração e se mostra, só, metade do forro»*.

[38] Em inícios de Outubro de 1799 trabalhava-se no mobiliário do OAUC para aprovisionamento dos instrumentos – *«despesa que se fez com as obras dos armários do Observatório Astronómico... 267$175 reis»* [AUC Cx. IV-$1^a$E-8-5-20].



«Observatorium Conimbricense Academian Moderante Ex.mo ac Rmo D. D. Francisco Raphaele de Castro Ex Comitibus Resendiensibus, A Regiis Consiliis, S. E. P. Lisbon principali, Anno M.DCC.XCII exstructum» [OAUC: Arquivo G-005].

A imagem de cima representa o OAUC que foi efectivamente construído no Pátio da Universidade[39] – é esta a planta que é publicada no 1^o volume das *Ephemerides Astronomicas* (Coimbra, 1803).

Ao longo do século XIX o edifício sofreria algumas transformações arquitectónicas para se adaptar à acomodação de vários instrumentos que entretanto foram sendo adquiridos. Antes da sua demolição, nos anos 40 do século XX, Ramos Bandeira descreve-o assim:

> *«[exterior do Observatório] O edifício principal, de alvenaria, com uma área coberta de* $450m^2$*[piso térreo], encontra-se localizado ao Sul do Pátio da Universidade, com frente para o Norte, confinando a Sul com a rua Dr.*

[39] *«Observatorium Conimbricense Academian Moderante Ex.mo ac Rmo D. D. Francisco Raphaele de Castro Ex Comitibus Resendiensibus, A Regiis Consiliis, S. E. P. Lisbon principali, Anno M.DCC.XCII exstructum»* ["Planta do Observatório de Coimbra feita em Lisboa a 1 de Setembro de 1792, sendo Reitor o Ex.mo Rmo. Francisco Rafael de Castro, descendente dos Condes de Resende, do Conselho Régio', Setembro de 1792] [OAUC: Arquivo G-005], [OAUC: Arquivo G-006]. A planta tem a seguinte legenda: *«A- Forntis ortographia e regione Archigymnasii Academici; B- Ichnographia prioris plani In quo; 1- Gymnasium Astronomicum; 2- Fundamentum Quadranti Murali destinatum ubi interim Quadrans mobilis tripedalis, opus Troughtoni absolutissimum; 3- Fuandamentum pro Telescopio Meridiano acromático Cel. Dollondi; 4- Podium australe, ubi Columna pro Instr. Parallat. cl. W. Cary; 5- Cochlidium at detegenda aperturae meridianae opercula ducens; 6- Conclave servandae Instrumentorum supellectili destinatum; 7- Conclavia minora in duplici contignatione pró Observatorum ufu ; C- Ichnographia alterius plani, ubi specula communis: In qua; 1- Filum metallicum tenuissimum in canaliculo lapideo secundum meridiani ductum, ad excipiendam solis imaginem per foramen laminae ad incumbam senestrae 20 palmos altam serruminatae transmissam; 2- Subdialia hinc inde Observatoribus patentia; 3- speculae minores; 4- apertura meridiana testudinem, et parietes pervadens; D- Ichnographia plani superioris, ubi Sector G. Adams decempedalis, quem ternae columnae limbo ortu respiciente, ad occidentem verso, ternae aliae sustinent; E- Sectio orthographica, in qua; 1- Subdiale summun, unde liber circa horizontem prospectus: caetera ex dictis intelliguntur».*

José Falcão. No Terreiro, junto ao Observatório, a norte da sala do Círculo Meridiano, encontra-se um pilar de cantaria albergando uma lente de mira, regulada para um foco luminoso a colocar numa caixa com tampa de ferro embebida na parede de alvenaria da escadaria principal da Via Latina, servindo para as observações meridianas. Subjacente, aos terrenos do lado Oeste, entre o Observatório e a grade de ferro, existem vestígios da antiga cisterna, entulhada no reitorado de Manuel de Arriaga, deixando, assim, de construir reservatório das águas do pátio. Tem configuração rectangular, apresentando-se constituído por três corpos contíguos em que o central é três vezes mais alto do que os laterais. Os corpos laterais ocupam um só pavimento, coberto de terraços, e o central, de secção quadrada, tem dois andares rematados igualmente por um terraço. Na Rua Dr. José Falcão divisa-se um edifício de cinco andares. Em cada um destes terraços existe uma cúpula, resguardando instrumentos de observação. Vêem-se, ainda, quatro torreões nos ângulos do primeiro andar. Os degraus são, apenas, quatro (incluindo o da soleira). Em 1941, como consequência das obras em curso, no Reitorado do Prof. Dr. António Luís de Morais Sarmento, reduziram-se as dimensões do patamar, ajustando-o às obras de lajeamento que hoje circundam o Terreiro. Os degraus são ainda em número de quatro [...]. Na fachada, à direita, um pilar adaptado a parede, indica provavelmente o local onde outrora se colocava uma lanterna, certamente de azeite, para iluminar o retículo do colimador norte. [interior do Observatório] Possui treze divisões, excluindo as cúpulas, não só para ensino da cadeira de Astronomia mas ainda para trabalhos de investigação científica. Entrando no edifício, pelo Pátio da Universidade, depara-se-nos um pequeno átrio, tendo em frente uma escadaria de acesso aos andares superiores, e, lateralmente, duas portas conduzindo às Salas de Newton (à esquerda) e de Pedro Nunes (à direita) [...]. Ladeando a entrada para a escadaria, a cerca de um terço da parte superior da parede, encontram-se duas lápides de homenagem a antigos directores: Monteiro da Rocha (1734-1819) e Rodrigo de Sousa Pinto (1808-1893). Bem pode considerar-se, esta Sala [Sala de Newton], o Museu deste estabelecimento. Existe um busto de Newton, em gesso, sobre o pilar de pedra, oferecido pela legação Inglesa. Anexo a esta sala está o gabinete do Director. No andar inferior fica uma parte da valiosa Biblioteca, pois estende-se, ainda, até ao andar térreo do edifício de S. Pedro. A Biblioteca serve simultaneamente de gabinete ao Observador-chefe, guardando preciosas cartas. Há, além disso, uma cave, onde está a pêndula eléctrica, de pressão constante, Leroy. Existe um portão de en-

trada pela Rua Dr. José Falcão[40]*. A sala Pedro Nunes [...] é o gabinete de trabalho, para medições e cálculos, tendo várias cartas celestes dispostas nas paredes. Comunica com a sala de observações Meridianas, onde se encontram diversos instrumentos, e a histórica pêndula de Berthoud. No primeiro andar, fica a Sala de Tipografia e Geodesia, e nas cúpulas dos terraços o Equatorial e o Alt-azimutal. Para o 2º andar deslocou-se o Foto-heliógrafo, o Telescópio Secretan, etc., e para o 3º, o Espectógrafo estelar.»* [Ramos Bandeira 1943-47, pp.127-37][41]

11.2 O apetrechamento instrumental e a constituição da biblioteca

11.2.1 Os instrumentos

A preocupação com o apetrechamento instrumental dos vários estabelecimentos científicos da Universidade, incluindo o observatório astronómico, foi desde logo uma preocupação dos Reformadores, conforme o expressam os Estatutos,

> *«E será logo provido de uma Colecção de bons Instrumentos: Procurando-se hum Mural, feito por algum dos melhores Artífices de Europa; e hum bom sortimento de Quadrantes; de Sectantes de diferentes grandezas; de Micrómetros; de Instrumentos de Passagens; de Máquinas Paralácticas; de Telescópios; de Níveis; de Pêndulos; e de tudo o mais necessário a um Observatório, em que se há-de trabalhar eficaz, e constantemente no exercício das observações, e progresso da Astronomia.»* [Estatutos 1772,

[40] No século XIX os subterrâneos do OAUC, que tinham entrada por esta rua, serviram de habitação conforme se pode ler no seguinte documento: *«Diz Maria Clara, residente nesta cidade de Coimbra que ela Supp. pretende arrendar o lojão intitulado dos Morcêgos que fica por baixo do Observatório, e como tal pertencente a esta Universidade por isso [pede que se lhe faça um contrato de arrendamento], [depois vem na folha seguinte, de um maço de 4 folhas] casa humida de 38 pés de comprido por 26 de largo, é térrea e tem 1 janela para a rua e uma porta interior para antre as escadas que há-de mister um ferrolho, e tem uma outra porta para a rua [...], mal pode servir para gente [...]»* [AUC Cx IV-1ªE-10-3-15].

[41] Mudámos a ordem da descrição de modo a destacarmos individualmente o exterior e o interior. Conhece-se ainda uma descrição mais antiga, de 1865: *«Junto ao edifício do Observatório, da parte do oeste, está a escada de Minerva [...]. No primeiro pavimento acham-se a sala de aula de astronomia; outra sala que serve de depósito de alguns instrumentos que não têm colocação fixa [...]. Estão mais no mesmo pavimento dois gabinetes, que servem de arquivo de livros e papeis, [...] e o gabinete das observações. O segundo e terceiro pavimentos constam cada um de uma sala, correndo sobre os corpos laterais do pavimento inferior dois terraços que terminam nos ângulos com quatro pequenos pavilhões. Na sala do segundo pavimento vê-se dentro de uma calha aberta no chão um fio metálico mui delgado, traçando a meridiana. A sala do terceiro pavimento contém um grande sector de Adams. Do eirado que coroa todo o edifício desfrutam-se mui lindos e variados panoramas [...]»* [Vilhena e Barbosa 1865].

v.3 p.214][42]

Os primeiros instrumentos viriam de Lisboa provenientes do Colégio dos Nobres (alguns dos da colecção de Sto. Antão [L. Tirapicos 2010]), que em virtude da Carta de Lei de 10 de Novembro de 1772 lhe extinguia os estudos matemáticos e científicos[43]. Encaixotados sob supervisão de Ciera e Dallabella os instrumentos chegam a Coimbra em inícios de Fevereiro de 1773 [DRP 1937-1979, v.1 p.69], sendo provisoriamente guardados no Colégio das Artes enquanto os vários estabelecimentos científicos não se iam construindo [Silvestre Ribeiro 1871-1914, v.1 p.389][44]. DallaBella, que também foi professor no Colégio dos Nobres, redigiu um inventário das máquinas e instrumentos que foram transportados para Coimbra. Rómulo de Carvalho que estudou esse inventário [Rómulo de Carvalho 1978, pp.71-91] sugere que 8 desses telescópios tenham sido incorporados na Faculdade de Matemática para uso da cadeira de Astronomia [Rómulo de Carvalho 1978, pp.494, 511 e 515][45]. O Colégio dos Nobres possuía mais telescópios para além destes mas ficaram na posse do Gabinete de Física Experimental [Rómulo de Carvalho 1978, p.511][46]. Provavelmente alguns destes telescópios terão servido para as observações astronómicas que Miguel Ciera fez na década de 60 aquando da sua

[42] Como veremos no capítulo seguinte este conjunto instrumental, que por meados da década de 1780 estará praticamente reunido, constituí o núcleo duro do acervo instrumental indispensável ao funcionamento de um qualquer Observatório típico do século XVIII.

[43] Numa carta de finais Novembro de 1772 o Marquês informa o Reitor que os instrumentos científicos do Colégio seriam remetidos para Coimbra [Teófilo Braga 1898-1902, v.3 p.462-464]. Em 1 de Dezembro de 1772 é oficializada a entrega dos instrumentos à Universidade, segundo se lê num Ofício do Marquês de Pombal para Frei Manuel do Cenáculo, Presidente da Real Mesa Censória [Silvestre Ribeiro 1871-1914, v.1 pp.292-293].

[44] Nesse mesmo ano (1773) é nomeado António Rodrigues para guarda dos instrumentos e das máquinas destinadas à lições de Física Experimental, com vencimento de 300 reis diários e uma ajuda de custo *«para se vestir decentemente»*. No entanto no ano seguinte (12 de Abril de 1774) seria despedido por se ter ausentado da Universidade sem autorização.

[45] Os telescópios que foram entregues à faculdade de matemática são: telescópio astronómico com cerca de 3 pés (97,5cm) de comprimento – *Telescopium Astronomicum in tubo ex orichalco 3 circitar pedes longo sustentatum virga ferrea, quae adhaeret basi firmae ferreae* (com o n^{o}354 do inventário do Colégio dos Nobres); telescópio astronómico 16,5 pés (5,36m) – *Telescop. Astronom 161/2 pedes longum in tubo coriaceo ex duobus tubis compósito* (n^{o}355 do inventário do Colégio dos Nobres); telescópio de 15 pés (4,88m) – *Telescopium superiori simile, longum pedes 15* (n^{o}356 do inventário do Colégio dos Nobres); telescópio de 12 pés (3,90m) – *Telescop Astron longum pedes 12 capsulis cupreis, in tubo quadrato ligneo, qui semel alium ingreditur* (n^o 357 do inventário do Colégio dos Nobres); telescópio dióptrico com quatro lentes e 9 pés (2,90m) de comprimento – *Telescopio ex quator lentibus novem pedes longum in tubo ex bracteis (Astronomo tradita) ferreis constructo, quod adhibetur cum Machina Parallactica* (n^o 350 do Inventário do Colégio dos Nobres); telescópio gregoriano de 9 polegadas (24,3cm) – *Telescopium catadioptricum Gregorianum ex orichalco, longum pollices 9. Tripode ex eodem metallo suffultum* (n^o 388 do Inventário do Colégio dos Nobres); telescópio newtoniano de 52 polegadas (1,40m) de comprimento – *Telescopium catodioptricum Newtonianum 52 pollices longum Abaco impositum* (n^o 385 do Inventário do Colégio dos Nobres); *Alterum priori símile Telescopium, cui adiectum est Telescopium dioptricum* (n^o 386 do Inventário do Colégio dos Nobres).

[46] Segundo este autor seriam 562 as *«máquinas»* do Colégio inventariadas por DallaBella que seguiram para a Universidade. Mais tarde em 1788 DallaBella inventariará os instrumentos científicos pertencentes ao Gabinete de Física da Universidade (580 instrumentos). Comparando ambos os inventários Rómulo de Carvalho conclui: *«dos 562 números de Lisboa há 18 que não figuram no*

passagem como prefeito pelo referido Colégio[47]. Para além dos telescópios também os seguintes instrumentos foram para a Faculdade de Matemática: *«4 tubos de madeira para instalação de lentes; 2 caixas de cobre para arrumação das lentes dos dois telescópios maiores; uma caixa de madeira também para a arrumação de lentes; 2 tripés de madeira para a montagem dos telescópios grandes»*[48]. Tudo leva a crer que terão sido estes os primeiros instrumentos que integraram o acervo instrumental da Faculdade de Matemática e do seu Observatório Interino[49].

Em 1777 Francisco de Lemos avisava da necessidade de se dotar o Observatório Interino com mais instrumentos – *«Este Estabelecimento necessita ser provido de muitos*

Index; dos 580 dos de Coimbra há 36 que não figuram no conjunto do Colégio dos Nobres. Em conclusão: entre 1772 e 1788 ingressaram no Gabinete de Física novas «máquinas» correspondentes a 36 números e abateram-se 18 ou porque se partiram no transporte para Coimbra ou porque passaram a fazer parte do inventário da faculdade de Matemática como sucedeu a certos instrumentos de óptica (telescópios e acessórios) incluídos na cadeira de Astronomia» [Rómulo de Carvalho 1978, p.76].

[47] Algumas destas observações foram anos mais tarde publicadas por Custódio Gomes VilasBoas numa memória da ACL – *«1761 Junho 5: às 19h 44' 26"observou o Dr. Miguel António Ciera no Colégio dos Nobres, o 1º contacto interior do disco de Vénus com o Sol, e o 2º contacto interior às 20h 2' 33"; 1764 Março 31, às 22h 48' 44" observou o mesmo Ciera no Tesouro o fim do Eclipse do Sol»* [VilasBoas 1797].

[48] Segundo o Inventário do Colégio dos Nobres: *«Quatuor tubi lignei quadrati variorum longitudinum capsulis cupreis, qmbus lentes aptantur pro data occasione [nº 358 do Inventário do Colégio dos Nobres]; Capsulae binae cuperae oblongae, in quibus insunt lentes oculares pro duobus magnis Telescopus Astronomicis, quibus inserviunt duo vitra objectiva n. 323 indicata [nº 359]; Cista lignea, in qua sunt variae lentes tam objectivae quam oculares, quarum aliquae in capsulis ex orichalco [nº 360]; Bini Tnpodes lignei viridi colore picti, cum varus partibus ferreis, ad sustinenda praedicta Telescopia longiora [nº 361]; e ainda Speculum metallicum concavum, et parvum speculum planum, ex quibus construitur Telescopium Newtonianum. Tria instrumenta ista Astronomicis instrumentis adjuncta fuerunt [com o nº 387].»*

[49] Pelo menos desde de 3 Maio de 1776 o Observatório Interino possuía oficiosamente um funcionário, Francisco José Miranda: *«O qual será obrigado a limpar os Instrumentos, e a ter em boa ordem, e cautela tudo o que respeitar ao mesmo Observatório»* [AUC Livro de Receita e Despesa nº 4 (1780-81), fl.16] –, tornando-se a partir de 1780 oficialmente guarda do Observatório: *«[petição] de Francisco José de Miranda Maquinista e Guarda do Observatório Astronómico desta Universidade que estava servindo sem provimento havia anos se lhe mandou passar Provisão para servir as duas ocupações de que estava encarregado enquanto bem satisfizesse a ela [16 de Junho de 1780]»* [ACD 1984, v.1 p.133]. Mais tarde será também o seu filho funcionário do Observatório: *«José Joaquim Miranda, praticante de guarda do Observatório Astronómico»*, funções que desempenha pelo menos desde 1 de Julho de 1801, conforme se lê num documento [AUC Cx. IV-1ªE-8-5-20]. As suas qualidades e competências são reconhecidas em vários documentos, chegou a realizar observações astronómicas a par dos astrónomos: *«Atesto que José Joaquim de Miranda filho de Francisco de Miranda, tem hum génio e talento extraordinário para a construção de machinas e instrumentos físicos [20 de Julho de 1804, assinatura ilegível]»*; *«Atesto que José Joaquim Miranda, filho de Francisco Miranda, maquinista no Observatório Académico [...] tem mostrado um génio mui digno de aproveitar-se [22 de Julho de 1804, Tomé Reis Sobral]»*. José Joaquim Miranda é também referido em alguma documentação como *«encarregado no Real Observatório da Universidade de Coimbra»* [AUC Processo de Miguel Franzini]. A família dos Mirandas, assim haveriam de ficar conhecidos, estiveram durante muitos anos ligados ao OAUC. Monteiro da Rocha foi inclusive padrinho de baptismo de José Joaquim de Miranda e deixou-lhe em herança a Quinta do Cumerzão, nos subúrbios de Coimbra. Só em 1828 se encontra outro nome de um funcionário que não da família Miranda: António José Basto – *«[requer] ser provido no lugar de porteiro, ou guarda do Observatório Astronómico, ou na Propriedade ou na Serventia [requerimento de Dezembro de 1828]»* [AUC IV-1ªE-8-5-20].

instrumentos, alguns dos quais são importantes» [Francisco de Lemos 1777, p.125][50].

Em 1779 encontram-se referências a despesas com instrumentos *'para o Observatório'*: *«óculo do quadrante com uma despesa de 100 reis [Março]»* – despesa assinada por Monteiro da Rocha –, bem como despesas com várias *«miudezas»* (as maiores parcelas dizem respeito a *«resmas de papel (1$300reis) e 10 peças de chita para cobrir o octante (2$800reis) [Outubro]»)*; em Dezembro encontram-se despesas com uma caixa para o octante (*$240reis*) e para uma fechadura para a *«casa da pêndula $320reis»* [AUC Cx. IV-1ªE-10-4-1]. Ainda nesse mesmo ano (1 de Julho de 1779) há uma ordem de pagamento, assinada por Miguel António Ciera, para as *«duas pêndulas que se mandarão vir para o Observatório da Universidade, importarão 76$820»* [AUC Cx. IV-1ªE-8-5-20].

No ano seguinte (1780) há referência de um pagamento a Manuel Joaquim Coelho da Costa Maia por conta de *«duas esferas e dois globos que vieram de Inglaterra para o Observatório [3 de Junho de 1780]»* [AUC Livro de Receita e Despesa nº4º (1780-1781), fl.32].

Em 1781, *«pela importância da despesa feita com uma taboa de pau-santo, concerto da caixa nova, dois parafusos para a pêndula, outras miudezas precisas para o mesmo Observatório [total de 3$510, em Junho]»* [AUC: IV-1ºE-12-4-20]; em Abril acabava-se de pagar *«os óculos acromáticos adquiridos em Londres»* [AUC Livro de Receita e Despesa nº5 (1782-1784), fl.111], bem como diversos instrumentos fornecidos por Thomas Bradley [AUC Livro de Receita e Despesa nº4 (1780-1781), fl.102]. Também em 1782 há referência a despesas com instrumentos, mas não se especificam nem os instrumentos nem o valor dessas despesas.

Em 1783 (7 de Janeiro) Monteiro da Rocha encomenda *«4 óculos acromáticos»*[51] [AUC Livro de Receita e Despesa nº5º (1782-1784), fl.111]; em 23 de Abril é dada ordem de pagamento ao *«Dr. Joze Monteiro da Rocha pelo custo de trinta e três mil e seiscentos reis de um telescópio Gregoriano e catorze mil e quatro centos reis de um Microscópio composto, ambos instrumentos para o Observatório Astronómico desta Universidade»* [AUC Livro de Receita e Despesa nº5 (1782-1784), fl.180]. No ano de 1785 é dada ordem de pagamento a João Jacinto de Magalhães pelos instrumentos que

[50] Segundo Francisco de Lemos chegou-se a pensar enviar a Londres Miguel Ciera para tratar da compra de instrumentos. Tal viagem acabou por não ser feita e os instrumentos vindos de Londres foram adquiridos através de João Jacinto de Magalhães, muitos dos quais para as demarcações do Brasil (veja-se [Isabel Malaquias 1994]).

[51] *«200$000 Que a requerimento do Dr. Joze Monteiro da Rocha lente das Sciencias Physico Mathematicas recebe o Dr. João António Dallabella lente de Física Experimental para mandar vir de Londres para o Observatório Astronómico interino da Universidade de Coimbra quatro óculos acromáticos dos quais trez custaram ordinariamente a razão de trinta mil reis cada um, e o outro que custa cento e dez mil reis o qual é da ultima invenção de Dollond de que lhe faz menção Mr. de la Lande no numero 2307 de sua Astronomia»*

haviam chegado de Londres [AUC Livro de Receita e Despesa n^o 6 (1785), fls.12-13, 39].

Em 1786 há documentos que atestam o pagamento de umas *«Cartas Hidrográficas» e de um «compasso de proporção de 9 polegadas»* (17 de Fevereiro de 1787) [AUC Livro de Receita e Despesa (1786), fl.110][52].

A partir do ano de 1787 não encontrámos referências a despesas com instrumentos, só mais tarde, em 1790, há uma destinada ao pagamento do transporte do quadrante [AUC Livro de Receita e Despesa (1790), fl.222]. A década de 90 prima pela ausência total de despesas referentes a instrumentos destinados ao Observatório, porém sabemos que por esta altura o núcleo fundamental dos instrumentos do futuro OAUC já está reunido (ver capítulo seguinte).

Na nossa pesquisa só voltámos a encontrar documentação sobre instrumentos no ano de 1804, tendo-se em 4 de Setembro feito o pagamento de material não especificado à firma Gildmeister e C^a[53] e a compra de *«três óculos, um relógio de segundos, seis microscópios para o sector quadrante»* [AUC Livro de Receita e Despesa (1804), fl.111]. Segundo Ramos Bandeira também terá sido em 1804 que *«os óculos de Lenoir e pêndula de Berthoud, devem ter chegado de Paris»*[54]. Em 1807 *«José Nunes cortou vidros para a nova pêndula e cortou outros para várias Machinas [$600]»* e em 1808 a Fazenda da Universidade manda pagar a Francisco José Miranda a compra de instrumentos[55] [AUC IV-1^{a}E-15-2-43].

Nos anos de 1809-1810 vive-se em Portugal e consequentemente na Universidade um período complicado aquando das Invasões Francesas. Alguns instrumentos são requisitados (levados) pelas tropas francesas e outros[56] e outros são provisoriamente enviados

[52] No ANNT há uma nota sobre despesas com o Observatório, infelizmente não as especifica, mas o montante é relativamente elevado: *«Pelas despesas do Observatório Astronómico; compra de vários instrumentos e livros e mais coisas do expediente, 562$829 [Documento Balanço da Receita e Despesa da Fazenda da Universidade]»* [ANTT Mç.517 Ministério do Reino].

[53] *«Para Francisco José Maria de Brito, residente em Amesterdão, com a interferência de Pedro Roiz Ferreira e Filhos, Lisboa, enviou Francisco José de Miranda, em 4 de Setembro de 1804, a importância de 244$900»* [Ramos Bandeira 1943-1947, p.106].

[54] Em Dezembro deste ano encontra-se em pagamento as despesas de deslocação de Francisco José de Miranda, efectuadas entre Lisboa e Figueira da Foz [Ramos Bandeira 1943-47, p.107]. Há também mais documentação que atesta compra de material (não especificado) e cujo pagamento se faz através de Francisco José de Miranda [AUC IV-1^{a}E-8-5-20].

[55] *«Manoel Pais de Aragão Trigoso hei por bem do serviço desta Universidade que os Srs. Pedro Roiz Ferreira correspondentes da Universidade na cidade de Lisboa entreguem a Francisco José Miranda, maquinista e guarda do Observatório Astronómico, a quantia de 180$000 [...] [para] satisfazer o custo de três óculos acromáticos que tem justo [?] do uso do sobredito Observatório. Coimbra, 5 de Dezembro de 1808»*.

[56] As Invasões Francesas desfalcaram o OAUC, bem como outros estabelecimentos científicos da Universidade. Do OAUC foram levados: *«um circular de um pé de diâmetro, pouco mais ou menos, da construção de Lenoir. Paris; - Um dicto de seis pollegadas de diâmetro, pouco mais ou menos, da construção do mesmo; - Um dicto de Borba, construído por Nairne, e dirigido por J. J. Magalhães, Londres; - Um teodolito de um pé de diâmetro, pouco mais ou menos, construção de Jones, Londres,*

à guarda para Lisboa[57]. De Setembro de 1807 a Fevereiro de 1812 as *«Despesas com o Observatório Astronómico»* importaram em *'395$915 reis'* [AUC IV-1^{a}E-10-2-19].

Nos anos de 1814-1816 encontram-se despesas com concertos de instrumentos e pequenas obras de restauro devidas aos estragos provocados pelas Invasões e a uma tempestade que destruiu janelas e partes do Observatório[58]. Em 1818 dá-se a compra de uma série de telescópios como atesta o inventário de 1824.

Em 1825 o OAUC recebe mais instrumentos, *«dois Sextantes, dois Barómetros, e dois Termómetros, construção d'Harris, encomendados para Londres por despacho da Junta Real da Fazenda de 11 de Outubro de 1823»* [AUC cx.IV-1^{a}E-8-5-20]; nesse mesmo ano há ainda um documento, datado de 16 de Abril de 1825, com a conta de mais instrumentos feita em Londres – *«Conta do custo original e despesas dos Instrumentos Mathematicos que encomendei para Londres, e uzo do Observatório da Universidade de Coimbra [...] que ao câmbio fazem £54,18.3 [total na parte referente aos instrumentos é de 251$030]»* [AUC cx.IV-1^{a}E-8-5-20].

Depois do conturbado período das lutas liberais retoma-se a compra de instrumentos para o OAUC (veja-se [Castro Freire 1872] e [Ramos Bandeira 1943-45]).

Em anexo apresenta-se sistematizada a informação recolhida sobre o acervo instrumental do OAUC, que como se constata encontra-se na década de 20 do século XIX bem apetrechado.

11.2.2 A biblioteca

O trabalho astronómico de qualidade faz-se não só com bons instrumentos mas também com acesso a livros e a obras de referência. Darquier adverte que é necessário o astrónomo ter acesso à teoria *«qu'il faut toujours faire marcher de front»* e ele próprio, à semelhança de outros observatórios europeus da época [B. Corbin 2002, p.139], pos-

- A agulha de uma plancheta, construção de Haas, Lisboa; - Telescópio pequeno de Galileu de cinco polegadas, pouco mais ou menos, construção de Dollond, Londres; - Um telescópio acromático de dois pés e 9 polegadas de foco, pouco mais ou menos, construção de Nairne, Londres.; - Três telescópios acromáticos de dois e meio de foco, que amplificam com diversas oculares de cinquenta a oitenta vezes, tendo de abertura duas polegadas e nove linhas, construção de Dollond, Londres.; - Telescópio Gregoriano de 14 polegadas de foco, pouco mais ou menos, construção de Adams, Londres.; - Um óculo de ver de noite de dois pés de foco, pouco mais ou menos.» [Mário Brandão 1938, p.35]. Também o inventário de 1824 [OAUC Inventário 1824] traz essa relação dos instrumentos levados pelos franceses.

[57] Em 28 de Março de 1812 a Universidade solicita ao Governo a devolução desses mesmos instrumentos, que haviam sido enviados entre Março de 1809 e Setembro de 1809: *«Suplico que com o mais respeito represente a V.A.R. pedindo licença necessária para se restituírem às Casas do Real Museu, e dos outros estabelecimentos, produtos, instrumentos e livros que se acham encaixotados há mais de 2 anos nos Armazéns do Arsenal»* [ANTT Mç.513 Ministério do Reino, Doc.83].

[58] *«Por determinação do Illmo. Exmo. Sr. Bispo Conde Reformador Reitor se comprou a madeira seguinte [madeiras de pau vinhático e de pau de óleo] para o concerto das janelas do Observatório estragadas por hum raio [1814 Nov. 12]»* [AUC cx.IV-1^a-2-10-20], tendo ficado a compra em 76$800 reis. A madeira veio de fora (Lisboa?) pois foi conduzida do porto da Figueira para Coimbra, as obras terminaram em Dezembro.

suía no observatório de Toulouse uma biblioteca bem fornecida[59]. Cientes desta necessidade, também os responsáveis pela construção do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra lhe prevêem uma *'casa de livraria'*. Apesar da planta do OAUC construído *'Observatorio Conimbricense (1792)'* [OAUC G-006] não apontar esta divisão (embora o façam, como vimos, alguns projectos arquitectónicos anteriores que foram sendo propostos, a verdade é que tanto o inventário de 1810 [OAUC Inventário 1810] como o de 1824 [OAUC Inventário 1824] referem a existência de uma biblioteca no OAUC, elencando as obras aí existentes (*'gabinete dos livros'* e *'livraria'* assim é designada nesses inventários de 1810 e 1824) – em anexo publicamos a lista completa das obras aí listadas. Esta biblioteca seria provavelmente destinada em exclusivo aos professores e astrónomos do OAUC, bem como aos alunos do 4^o ano, pois possuía quase em exclusivo apenas obras de astronomia, ao contrário da biblioteca da Universidade de acesso geral[60].

Através dos dois inventários é possível perceber que entre 1810 e 1824 a biblioteca foi aumentada substancialmente. No inventário de 1810 constam, entre livros, mapas e cartas celestes, 50 títulos, no de 1824 listam-se 146 títulos, um acréscimo de quase 150%[61]. Ao longo do século XIX o acervo bibliográfico do OAUC crescerá significativamente, fruto de sucessivas aquisições, doações e trocas com instituições congéneres estrangeiras, tornando-se numa biblioteca de referência no país não só em obras de astronomia mas também em muitas outras disciplinas (matemática, física, navegação, fortificação e até filosofia, entre outras)[62]. Emília Mariano e Manuel Augusto Pinheiro que em 2000 procederam à inventariação dos fundos da biblioteca do OAUC identi-

[59] *«pour la théorie, qu'il faut toujours faire marcher de front, vous avez dans ma bibliothèque tout ce que vous pouvez désirer à cet égard: les ouvrages des MM. de la Caille, le Monnier, de la Lande, &c. vous offrent des secours bien plus puissants que tous ceux que vous pourriez attendre de moi.»* [Darquier 1786, p.2]. Mais tarde ao relatar actividade científica que desenvolveu no observatório de Toulouse reforça a importância da biblioteca [Darquier 1777, p.i].

[60] Em 1814 a Congregação da Faculdade de Filosofia chegou a ponderar da conveniência de se estabelecer em cada um dos seus estabelecimentos científicos uma biblioteca especializada para uso dos professores e alunos [Miguel Pereira 1990]. O OAUC já tinha uma!

[61] Infelizmente pouco sabemos sobre como a aquisição das obras (notas de encomenda, pagamento de facturas, etc.), provavelmente a maior dos títulos estrangeiros eram adquiridos via canais diplomáticos. Era assim em França [D. Roche 1988] e [J. Lamy 2007, p.71] e ao que parece também em Portugal muitos livros estrangeiros eram adquiridos por esta via [Cláudio DeNipoti 2008], ou por encomendas directas aos livreiros de Lisboa e Porto. O Aviso Régio de 6 de Novembro de 1802 possibilitava à Universidade o despacho automático das suas encomendas na alfândega – *«para a Universidade mandar vir na forma que determinam os Estatutos, os Jornais literários mais interessantes, as Memórias das Academias, os livros mais necessários para o estudo e adiantamento das Ciências, principalmente das Naturais, em que há continuas descobertas e ultimamente os Instrumentos e as Máquinas de que careciam os diferentes estabelecimentos Académicos»* [ANTT Mç.513 Ministério do Reino].

[62] Em 1887 um projecto de reforma da Faculdade de Matemática propõe que seja aproveitado o valioso acervo da biblioteca do OAUC para a constituição de uma biblioteca própria da faculdade: *«Tem o Conselho a honra de propor também a criação de uma biblioteca própria da faculdade, sendo aproveitados os livros que existam nas estantes do Observatório Astronómico»* [BGUC RB-32-17(23)] – este projecto não se concretizou, existindo ainda hoje uma biblioteca no OAUC.

ficaram a existência de 464 títulos (em 563 volumes), respectivas ao período de 1500 a 1900 [Mariano & Pinheiro 1991][63].

Relativamente ao período que estudamos constatamos que o OAUC possuía um conjunto muito significativo de títulos. No que diz respeito a efemérides e tabelas astronómicas o OAUC possuía as mais representativas: as francesas, *Connaissance des Temps*, *Ephemerides des Mouvements Celestes*; o *Nautical Almanak* inglês; as efemérides de Berlim, *Berliner Astronomische Jahrbuch*; as do Observatório de Brera (Milão), *Ephemeridi Astronomi di Milano*; as de Weimar, *Das 12te Stück der A[llgemeinen] Geograph[ischen] Ephemeriden*; as espanholas do Observatório de Cádiz, *Almanaque náutico y efemérides astronómicas do Observatório Real de Cádiz*; bem como as portuguesas da ACL, *Efemerides náuticas, ou Diário Astronómico* e, evidentemente, as suas próprias efemérides – *Ephemerides Astronomicas calculadas para o meridiano de Coimbra* (veja-se o nosso capítulo 15). No que diz respeito a tabelas astronómicas constam nos inventários: as de Halley (1656-1742); de Tobias Mayer (1723-1762); de Lalande, *Tables astronomiques pour servir a la trosieme edition de l'Astronomie* (Paris, 1792); as de Alexis Bouvard (1767–1843), *Tables Astronomiques de Júpiter, de Saturne et d'Uranus* (Bureau des Longitudes) (Paris, 1821); as de J. B. J. Delambre (1749-1822) e de Tobias Bürg (1766-1835), *Tables Astronomiques* (Bureau des Longitudes) (Paris, 1806); entre outras. Também não falta a importante publicação editada por Franz X. von Zach (1754-1832), as *Monatliche Correspondenz.*

Também possuía as famosas publicações das observações do Observatório de Greenwich, feitas pelos astrónomos reais, James Bradley (1693-1762), Maskelyne (1732-1811) e John Pond (1767-1836).

São também várias as cartas celestes possuídas: o famoso atlas de John Flamsteed (1646-1719) – *Historia Coelestis Britannica* (Londres, 1725) –, bem como a tradução portuguesa feita por Francisco António Ciera e Custódio Gomes Villas-Boas e publicada pela Impressão Régia, em 1804. Da *Uranographia* (1801) de J. Elert Bode (1747-1826) possuía encaixilhadas várias cartas celestes – *«Colecção cartas celestes de Bode (encaixilhadas)»*.

No que diz respeito aos livros de astronomia e de instrumentos estão presentes autores (maioritariamente franceses) como: Lacaille, Lalande, Delambre, Pingré, Bailly, Bouguer, Borda, Laplace, Bird, Berthoud, entre outros.

[63] Castro Freire afirma que a biblioteca do OAUC recebeu ao longo dos tempos algumas importantes doações de Manuel Pedro de Melo (listando esse conjunto), Filipe Folque e de outros [Castro Freire 1872, p.103, 187]. Segundo José Freire Sousa Pinto em 1892 não havia um catálogo actualizado da biblioteca do OAUC, havia apenas *«alguns apontamentos isolados e incompletos nesse sentido»* [Sousa Pinto 1892-93].

Capítulo 12

O ensino e a investigação científica no *Real Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra*

12.1 O arsenal técnico do OAUC

A prática astronómica de um observatório está, obviamente, ligada ao acervo instrumental que este possui[1], ou, para sermos mais precisos, devemos afirmar que é o acervo instrumental de um observatório que dita o seu programa observacional, ou seja, a sua real e efectiva prática astronómica. Como atrás afirmámos um dos motivos que leva, nos finais da década de 1780, à resolução do problema da inexistência de um verdadeiro observatório astronómico na Universidade, tal qual os Estatutos estabeleciam, é o património instrumental que ao longo dos anos foi sendo adquirido e cujo núcleo fundamental nos finais dessa década estava praticamente completo. O Observatório Interino se servia para que *«os estudantes [pudessem] nele tomar as Lições da Astronomia Prática»*, não servia com certeza para que *«os Professores [trabalhassem] com assiduidade em fazer todas as Observações, que são necessárias para se fixarem as Longitudes Geográficas; e rectificarem os Elementos fundamentais da mesma Astronomia»*. Este observatório provisório que Francisco de Lemos mandara construir não reunia nem as necessárias condições materiais para uma verdadeira prática observacional, nem, pelas suas pequenas dimensões, as condições suficientes para a investigação científica desejada. Servia quando muito, e possívelmente com várias condicionantes, para

[1]Por exemplo, a brevidade do fenómeno condiciona o uso dos instrumentos, tal é o caso, por exemplo, dos trânsitos dos planetas Mercúrio e Vénus sobre o disco solar.

as aulas dos alunos do 4^o ano e para a guarda dos instrumentos. Porém os sucessivos projectos para o edifício definitivo, que a partir de 1788 são delineados, contemplam os requisitos de um verdadeiro observatório: espaços específicos tanto para arrumação dos instrumentos, como para a sua instalação definitiva em salas e locais próprios para a observação.

O núcleo instrumental fundamental do OAUC está bem identificado na planta do OAUC de 1792 – *'Observatorio Conimbricense (1792)'* [OAUC G-006] –, onde se mostra a localização específica das salas para esses instrumentos: quadrante mural – *'Fundamentum Quadranti Murali destinatum ubi interim Quadrans mobilis tripedalis, opus Troughtoni absolutissimum'*; instrumento de passagens – *'Fuandamentum pro Telescopio Meridiano acromático Cel. Dollondi'*; luneta paralática – *'Podium australe, ubi Columna pro Instr. Parallat. cl. W. Cary'*; sector – *'Ichnographia plani superioris, ubi Sector G. Adams decempedalis, quem ternae columnae limbo ortu respiciente, ad occidentem verso, ternae aliae sustinent'*; bem como três pêndulas e ainda pequenos telescópios – *'speculae minores'*. São estes os principais instrumentos que, no século XVIII, constituem o cerne instrumental de um observatório astronómico, sendo fundamentais para o estabelecimento de um efectivo programa observacional astrométrico[2].

O grande programa astronómico dos grandes observatórios nacionais dos séculos XVIII e XIX, concentra-se em torno da mecânica celeste, caracterizando-se por uma constante busca de precisão na posição dos astros, principalmente os do sistema solar e das estrelas, que possa contribuir para a melhoria da teoria newtoniana e das ferramentas matemáticas que compreendem os fenómenos celestes – *«le seul moyen de connaître la nature, est de l'interroger par l'observation et le calcul»* [Laplace 1835, p.207]; *«L'Astronomie, considérée de la manière la plus générale, est un grande problème de Mécanique, dont les éléments des mouvements célestes sont les arbitraires; sa solution dépend à la fois de l'exactitude des observations et de la perfection de l'analyse, et il importe extrêmement d'en bannir tout empirisme et de la réduire à n'emprunter de l'observations que les données indispensables»* [Laplace 1878-82, v.1 p.i]. Neste processo contínuo – de desenvolvimento dos métodos instrumentais de observação, redução das observações e refinamento da teoria – a astronomia prática desenvolve-se essencialmente em torno da medição angular das ascensões rectas e das declinações

[2] E são também este tipo de instrumentos que os Estatutos já estipulam como os que deveriam provir a *«Colecção de bons Instrumentos»* do observatório da Universidade: *«um Mural, feito por algum dos melhores Artífices de Europa; e um bom sortimento de Quadrantes; de Sectantes de diferentes grandezas; de Micrómetros; de instrumentos de Passagens; de Máquinas Paralácticas; de Telescópios; de Níveis; de Pêndulas [...] e de tudo o mais necessário a um Observatório, em que se há-de trabalhar eficaz, e constantemente no Exercício das Observações, e progresso da Astronomia»* [Estatutos 1772, v.3 p.214].

dos astros que passam no meridiano dos observatórios[3]. O programa delineado para o OAUC sintoniza-o em absoluto com o programa da ciência astronómica dos grandes observatórios nacionais da época:

> *«As Observações diárias que se hão-de fazer, são as: passagem dos Planetas e das Estrelas pelo Meridiano, e as suas alturas; [...] E como o Observatório tem a vantagem de lhe passar a Lira Estrela de primeira grandeza, perto de Zénite; diariamente se observará também com o Sector, destinado para isso.»* [C.R. de 4 de Dezembro de 1799]

A astronomia observacional não é por si própria investigação, mas fornece, isso sim, dados observacionais para o astrónomo teórico. Esta necessidade de dados leva a que os observatórios se apetrechem com instrumentos cada vez mais precisos ocupando os telescópios meridianos, os instrumentos de passagens, os sectores, os telescópios reflectores e os quadrantes murais o cerne instrumental de qualquer observatório bem apetrechado [M. Daumas 1972, p.122].

A grande preocupação do astrónomo do século XVIII é a recolha sistemática e precisa das posições dos astros, principalmente dos corpos dos sistema solar e das posições estelares. O essencial para o astrónomo da segunda metade do século XVIII é medir e essas medições exigem instrumentos cada vez mais precisos (os telescópios e lunetas por si só não o fazem). Como Pannekoek afirma a astronomia prática tornou-se a rotina principal de qualquer observatório oitocentista, uma rotina que se renovava continuamente numa procura de uma maior exactidão observacional e na busca de novos métodos de instrumentação e observação [A. Pannekoek 1989, p.280]. Este programa foi a base de um progresso triunfante para a ciência astronómica e esteve na base do desenvolvimento de uma verdadeira indústria de instrumentos astronómicos, onde os fabricantes ingleses passam a ocupar, a partir da década de 20 de 1700's um lugar de destaque, consequência dessa demanda de exactidão e precisão [M. Daumas 1972, pp.121-135].

O núcleo duro instrumental de um típico observatório do século XVIII ancorava-se então num conjunto de meia dúzia de instrumentos imprescindíveis ao desenvolvimento da astronomia meridiana. No centro deste grupo está o quadrante mural que se torna a quintessência do observatório oitocentista [A. Turner 2002]. Este instrumento que já ocupa, é certo, nos grandes observatórios árabes da época medieval, e mais tarde no observatório de Tycho Brahe (1546-1601) e depois no de Greenwich com Flamsteed um papel de relevo, assume no século XVIII uma primazia tornando-se o primeiro de

[3] *«Thus programmes of meridian measurement came to be persued in all the active observatories of Europe [...] they [as medições das observações] were accumulated by the activity that became the sine qua non of an astronomical observatory.»* [J. Bennett 1992].

uma nova classe de instrumentos muito precisos[4]. Juntamente com o quadrante mural outros instrumentos compõem esse núcleo essencial de instrumentos muito precisos. No verbete *«Observatoire»*, que Lalande escreve para a Encyclopedie Methodique, lá estão especificados, como indispensáveis, esses instrumentos: *«un quart de cercle mobile [...], une lunette méridienne [...], un mural [...], une bonne lunette achromatique de 3 à 4 piés, montée sur un pied parallatique [...], pendule & le compteur»* [Encyclopédie Méthodique (mat.) 1784-89, t.II p.481][5]. Também Darquier especifica quais os instrumentos necessários para habilitar um observatório para um efectivo estudo dos céus,

> *«[Avec les instruments ci-dessus détaillés, un observateur exercé & laborieux pourra faire beaucoup d'observations utiles]: 1º un quart de cercle de cuivre [...]; 2º un bon instrument de passages de deux pieds [...]; 3º une bonne pendule à secondes, à verge simple ou composée [...]; 4° un compteur, vous savez que c'est un mouvement de pendule simple qui marque les minutes, se sonne les secondes, 5° une lunette ordinaire de deux pieds [...]; 6º un petit quart de cercle de 18 à 20 pouces de rayon [...]; 7º une lunette de 7 à 8 pieds, ou un télescope à réflexion de 18 pouces au moins »* [Darquier 1786, pp.5-7].

O arsenal instrumental do OAUC coloca-o a par dos bons observatórios europeus desta época – Adrien Balbi em visita (1808) ao OAUC afirma-o, para além de bem construído e bem situado, como *«il était aussi trés-bien fourni d'instrumens»* [A. Balbi 1822, v.2 p.95] – também Lalande se lhes refere: *«Nous avons reçu encore une description de l'Observatoire de Coimbre, par laquelle on voit qu'il y a des instruments considérables; un secteur de dix pieds, une lunette méridienne de cinq pieds, un quart-de-cercle de trois pieds et demi, divisé à Londres par Troughton.»* [Lalande 1803, pp.871-872].

O Observatório de Coimbra não chegou a ter um quadrante mural fixo, mas tinha quartos-de-círculo, onde se destaca o quadrante portátil de Troughton[6]. O quarto-de-círculo, munido de micrómetro ou retículo romboidal, acabará por ser o instrumento

[4]É a partir do quadrante mural de 8 pés feito por George Graham, em 1725, para uso de Halley no Observatório de Greenwich, que o modelo se desenvolve, tornando-se então a partir daí quase omnipresente nos observatórios (veja-se [R. Learner 1981, pp.52-72]).

[5]E são também estes os instrumentos que Lalande dedica dois capítulos no seu *Astronomie* (1771): *«des instruments d'astronomie [cap. XIII; arts. 2274-2469]»* [Lalande 1771-81, v.2 pp.722-830] e *«de l'usage des instrumens & de la pratique des Observations [cap. XIV, arts. 2470-2624]»* [Lalande 1771-81, v.3 pp.1-82].

[6]Num dos desenhos para o Observatório do Castelo, existente na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro, há um esquema de um quadrante Mural para aí ser eventualmente instalado: *«Risco do Quadrante Mural copiado do que se acha no real Observatório da Vila de Greenwich, com a descrição da construção, uso dele em observações astronómicas»* [BNRJ Inv. 1.093.803AA n.X].

mais versátil e de mais amplo uso nos observatórios[7], suplantando o quadrante Mural que é difícil de fabricar, difícil de instalar e acima de tudo muito caro, sendo incomportável para o orçamento da maior parte dos observatórios (veja-se [A. Turner 2002] e [R. Brooks 1991]).

12.2 O ensino da astronomia na Faculdade e no OAUC

No capítulo 5 debruçámo-nos sobre o programa curricular delineado nos Estatutos para a cadeira de Astronomia. Cabe agora analisar com algum cuidado os compêndios adoptados para o ensino desta disciplina, bem como tentar perceber que aulas práticas eram ministradas no Observatório Astronómico. Tentaremos também compreender como se articularam as necessidades específicas do ensino da astronomia, uma ciência em rápida e profunda evolução, com as necessidades da prática e da produção astronómica do próprio OAUC.

Como escrevemos (capítulo 5) para as aulas foi desde logo escolhido o compêndio de Lacaille – *Leçons Élémentaires d'Astronomie* [Lacaille 1746] –, tendo inclusivamente as 105 figuras que o acompanham sido copiadas (1781-1783) em tamanho maior com o propósito de servir de apoio a Monteiro da Rocha nas aulas – *'FIGURAS // DE // ASTRONOM.'* [OAUC R-F-9][8]. Por incrível que pareça o compêndio de Lacaille ainda era usado na década de 20 do século XIX [A. Balbi 1822, v.2 p.43], reclamando o professor da cadeira de Astronomia Prática, na Congregação da Faculdade de 9 de Junho de 1823, a necessidade que *«havia de se adoptar para as Lições daquela Cadeira outro Compêndio que fosse mais acomodado assim aos Progressos desta Ciência desde os tempos de Mr. de Lacaille, como ao Sistema actual do seu Ensino nesta Universidade; designado ao mesmo tempo dois que melhor lhe pareciam preencher aquele dois fins, quais eram as Lições de Astronomia de Mr. Delambre, e as de Mr. Biot.»* [ACFM 1982-83, v.2 p.162]. Tinham passado 50 anos desde o início da Reforma!

Houve ainda outros livros que foram sendo utilizados no ensino. Uns adoptados desde logo, outros mais tarde como consequência directa da reestrutura curricular que o ensino desta disciplina sofreria com a criação da cadeira de Astronomia Prática, em 1801. Castro Freire [Castro Freire 1872, p.38] refere que para a cadeira do 4^o ano foi também adoptado o livro de astronomia de Lalande, todavia não especifica qual. Lalande publicou em 1764 um compêndio de astronomia intitulado *Astronomie* (Paris, 1764), em 2 vols. [Lalande 1764] e dez anos mais tarde inspirado neste pub-

[7] *'É de todos os instrumentos de astronomia aquele cujo uso é mais antigo, mais geral, mais indispensável e o mais cómodo'* (tradução nossa) [Lalande 1771-81, v.2 p.743]. A respectiva figura do quarto-de-círculo móvel (fig.149) vem na p.768.

[8] É a 4 de Junho de 1783 que Monteiro da Rocha passa para a regência da cadeira do 4^o ano.

licou um outro mais vocacionado para um leitor não especializado, intitulado *Abregé d'Astronomie* (Paris, 1774) [Lalande 1774][9]. Castro Freire, possívelmente aludiria ao *Astronomie*, um verdadeiro compêndio destinado especialmente ao ensino, como o próprio Lalande faz questão de afirmar: *«Cet ouvrage [Traité d'Astronomie], fait pour suppléer à ceux de Cassini, Le Monnier et Lacaille, contient toutes les parties de l'astronomie théorique et pratique, expliquées d'une manière élémentaire, et il a été utile en formant presque touts les astronomes qui existent actuellement»* [Lalande 1803, p.485]; e que se tornaria um dos mais importantes compêndios de astronomia do século XVIII[10]. Num documento sobre contas referentes à Imprensa da Universidade (1775) encontra-se uma relação de livros pertencentes a Ciera na qual constam ambos os autores: *«Livros do Ciera: Lalande=12 livros; Tabuas Astronómicas Halley=12 livros; Lacaille=5 jogos»* [AUC IV-1ºE-1-4-7][11]. José Antunes, que estudou a relação das obras existentes na Imprensa da Universidade, refere que em 1790 existia à venda na *lodge* da Imprensa da Universidade o *Abregé d'Astronomie*, bem como as *Tables Astronomiques de Halley* também de Lalande [José Antunes 1982]. Refira-se que o *Abregé*, ao contrário do *Astronomie*, não consta dos livros existentes na biblioteca do OAUC[12]. Do exposto é evidente que para além de Lacaille, Lalande foi outro dos autores seguidos na cadeira de Astronomia.

Em 1787 Monteiro da Rocha vê-se encarregado, em consequência da C.R. de 16-9-1786, da redacção de um compêndio para o ensino da Astronomia [ACFM 1982-83, v.1 p.53]. Várias actas posteriores referem-se à redacção desse compêndio, chegando Monteiro da Rocha a afirmar, em finais de Março de 1787, que *«não tinha escrito coisa alguma, mas que tinha todo o material da obra, e que cuidava em ajuntar; e não o tinha ainda feito por querer que a Congregação elegesse um dos três métodos, que expunha, e lhe parecia acertado a fim de principiar a sua composição»* [ACFM 1982-

[9] *«L'ouvrage est présenté comme une extension talentueuse des Leçons Elementaires d'Astronomie de Lacaille et dans laquelle particulèrement su clarifier les bases de 1'Astronomie.»* [G. Boistel 2001, p.200]. Em 1795 sairia uma 2^a edição.

[10] Luís Saraiva sugere a hipótese de Castro Freire confundir o livro de Lalande com a reedição (1780) melhorada e aumentada por este do compêndio de Lacaille [Luis Saraiva 2007], não o cremos.

[11] Ramos Bandeira especifica os títulos, afirmando que haviam sido adquiridos por Ciera com o fito de serem vendidos aos alunos – *«Em 15 de Julho de 1775 comprou doze exemplares das obras seguintes: La Lande – Abrége d'Astronomie; Stalley [refere-se a Halley] – Tables Astronomiques; e cinco de La Caille – Leçons Astronomiques.»* [Ramos Bandeira 1943, p.105].

[12] Outra prova de que o *Astronomie*, de Lalande era usado está numa nota de compra (7-1-1783) de 4 óculos acromáticos adquiridos para o Observatório: *«200$000 que a requerimento do Dr. José Monteiro da Rocha lente de Ciências Físico-Matemáticas recebe o Dr. João António Dalabella lente de Física Experimental para mandar vir de Londres para o Observatório Astronómico da Universidade quatro óculos acromáticos dos quais três custam ordinariamente a razão de trinta reis cada um, e outro que custa cento e dez mil reis o qual é da última invenção de Dollond de que faz menção M. de Lalande no nº 2307 de sua Astronomia»* [AUC Livro de Receita e Despesa n.5 (1782-83 e 1784), fl.100]; em 7 de Abril de 1782 a factura desta despesa era liquidada [AUC Livro de Receita e Despesa n.5 (1782-83 e 1784), fl.102].

83, v.1 p.54]. No ano seguinte (1788) ainda há notícia que nele continua a trabalhar [ACFM 1982-83, v.1 p.69] mas é a última vez que é mencionado. Aparentemente o livro nunca foi apresentado à Congregação, ou sequer escrito.

A seguir à criação da cadeira prática de Astronomia, em 1801, outros livros aparecem em cena no panorama lectivo das cadeiras de Astronomia: *Traité de Mécanique Céleste*, de Laplace [ACFM 1982-83, v.2 p.86][13], o compêndio de Delambre, *Astronomie Theorique et Pratique* (1814), e o de Jean-Baptiste Biot (1774-1862), *Traité Elementaire de Astronomie Physique* (1810-11) [ACFM 1982-83, v.2 p.162]. Balbi refere as próprias *Ephemerides Astronómicas do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra* como sendo usadas no ensino [A. Balbi 1822, v.2 p.43][14].

Tomaremos uma ideia mais concreta do ensino da Astronomia e da inter-relação existente com ciência praticada no OAUC analisando os compêndios adoptados e outros ainda que com eles se relacionam. É o que faremos de seguida.

12.2.1 Uma breve análise dos conteúdos dos compêndios adoptados

- **o compêndio de Lacaille:** *Leçons Elémentaires d'Astronomie Géométrique et Physique* (1746),

Este livro foi escrito por Lacaille para servir de apoio às suas aulas no Colégio Mazarin, do qual era professor de matemática desde 1740[15]. Este *Leçons* é um livro de texto destinado a alunos com alguma preparação matemática, como o próprio autor justifica logo no começo da obra: *«Nous supposerons dans tout ce Traité une personne instruite des Principes de Mathématiques, (que nous appellerons l'observateur) qui n'ayant aucune connaissance de l'Astronomie, veuille cependant faire une description exacte de tous les astres, et établir méthodiquement par observation et raisonnement les règles de leurs mouvements.»* [Lacaille 1764, p.24]

[13] *«O Lente de Astronomia Física disse explicar o último capítulo do 1º volume da Mecânica Celeste de Laplace»* – acta de 23 de Abril 1806. Escreve Cristóvão Aires que Manuel Joaquim Coelho da Maia, o então professor de Astronomia Teórica em 1805-06, foi *«o primeiro lente que explicou em Portugal a Mecânica Celeste de Laplace.»* [Cristóvão Aires 1927, p.69].

[14] Na relação dos *«Livros que se devem prover os Estudantes da Universidade de Coimbra»*, para o ano lectivo de 1842-43, constam os seguintes livros: *«4º ano: Biot - Astronomie Physique [sem mais informação]; Ephemerides Astronomicas para o ano 1842, Coimbra, $480; Taboas Astronomicas, Coimbra, 1813, $660»* [AUC IV-1ºE-1-4-7].

[15] Nicolas Louis de Lacaille (1713-1762) foi encarregado de escrever um *Cours de Mathematiques*, que dividiria em 4 partes: Álgebra e Geometria, Mecânica, Óptica e Astronomia. Em 1746 já havia escrito os *Eléments d'Algèbre et de Géométrie* e as *Leçons Élémentaires de Mécanique*, em 1750 publica as *Leçons Elementaires d'Optique*. A 1ª edição do compêndio de astronomia é de 1746 (foram censores Maraldi e Bouguer (24-8-1746) [Lacaille 1740, p.vii]). Até 1772 sairiam duas novas edições revistas e aumentadas pelo próprio, uma em 1755 e outra em 1761. Em 1780 sai a edição revista e aumentada por Lalande. Foi traduzido para inglês por John Robertson: *The Elemens of Astronomie, translated from the french of M. de Lacaille* (Londres, 1750).

O compêndio começa com uma introdução à trigonometria esférica – *Traité Préliminaire de la Trigonométrie Sphérique* –, onde os alunos tomam contacto com as definições e noções gerais deste ramo da trigonometria, aprofundando depois os triângulos esféricos e o cálculo dos triângulos obliquângulos, apresentando no final um extenso rol de fórmulas. Este *'Traité Preliminaire'* é bastante extenso (32 páginas) e com imensas fórmulas, Delambre considera-o demasiado extenso e com muitas fórmulas inúteis à astronomia [Delambre 1827, p.529][16]. Finda esta primeira parte começam as lições de astronomia geométrica e física.

O estudo da astronomia está dividido em seis partes ou secções: a 1^a – *«qui contient la première partie de l'Astronomie Solaire»* –, é dedicada à *'Astronomia Solar'*, onde os vários fenómenos astronómicos (movimento das estrelas, dos planetas e dos cometas) são apresentados e estudados considerando o observador no centro do Sol. Os fenómenos são abordados, primeiramente, sobre a perspectiva da descrição geométrica (astronomia geométrica), para só depois se abordarem na perspectiva da astronomia física. Para tal o leitor é introduzido nos *'princípios da mecânica'*, sobre os quais toda a astronomia física se funda [Lacaille 1764, pp.50-63], e onde Lacaille seguindo um tratamento axiomático-dedutivo aborda vários problemas específicos da mecânica celeste (por exemplo, quando trata da hipótese física que explica a lei das desigualdades nos diferentes pontos das órbitas dos planetas e que permite calcular as suas órbitas). Lacaille tem algumas reservas acerca da gravitação, não se assumindo um newtoniano convicto e balançando-se entre esta teoria e o cartesianismo. Esta secção termina com o estudo dos fenómenos gerais dos movimentos dos cometas vistos do Sol, sendo estudadas as leis do movimento dos corpos em trajectórias parabólicas.

A segunda secção contém a primeira parte da *'Astronomia Terrestre'*, ou seja a explicação dos principais fenómenos celestes vistos da Terra, tendo em conta os seus dois principais movimentos: o de rotação e de translação[17]. São também estudadas as ilusões ópticas causadas nos astros pelo movimento anual da Terra; as ilusões ópticas causadas pelos fenómenos no seu movimento diurno e pela posição do observador na superfície da Terra; por fim são estudados os fenómenos da refracção da luz ao atravessar a atmosfera terrestre.

A terceira secção contém a segunda parte da *'Astronomia Terrestre'*, sendo estudadas as leis e as regras de cálculo dos movimentos dos planetas e dos cometas

[16] Lembremos que Bezout trata a trigonometria esférica não no seu *Traité de Navigation* [Bezout 1764-69, v.6] (volume que dedica à astronomia náutica) mas no volume 2 do seu *Cours* [Bezout 1764-69, v.2].

[17] *«qui contient la première partie de l'astronomie terrestre»*; e é composta por 4 capítulos: *'das ilusões ópticas causadas pela revolução diurna da Terra'*; *'das ilusões ópticas causadas nos astros pelo movimento anual da Terra'*; *'das ilusões ópticas causadas pelos fenómenos do movimento diurno e pela posição do observador na superfície da Terra'* e *'das ilusões ópticas causadas pela refracção dos raios da luz, que atravessam a atmosfera da terra'*, respectivamente.

(independentemente da rotação diurna da Terra); são também abordados e estudados os diferentes métodos para a determinação de alguns parâmetros teóricos através das observações.

Na quarta secção – 2^a parte da *'Astronomia Solar'* –, Lacaille faz retomar o observador ao centro do Sol para tratar e explicar as leis do movimento diurno dos planetas; os fenómenos dos dias e das noites e das suas diferentes durações; as diferentes estações do ano; os solstícios e os equinócios; a obliquidade da elíptica e as diferentes posições dos pólos e do equador em relação ao Sol; a declinação do Sol e a sua ascensão recta. São também aqui estudados os movimentos de rotação dos planetas e a relação entre o tempo verdadeiro e o tempo médio. Nos capítulos finais desta secção são estudados métodos de determinação da latitude e da longitude.

Na quinta secção – 3^a parte da *'Astronomia Solar'* –, continuando o observador no centro do Sol, são estudados os movimentos dos planetas de segunda ordem, ou seja os satélites, sendo dado especial enfoque ao estudo dos satélites de Saturno e de Júpiter. O movimento da Lua é estudado na secção seguinte (6^a Secção) – 3^a parte da *'Astronomia Terrestre'* –, onde são enumerados e estudados, deduzidos das observações, os principais fundamentos do seu movimento, com especial destaque para os eclipses e o problema dos três corpos.

O compêndio termina com um último capítulo – *«Conclusion, Réflexions sur le Système Physique de l'Astronomie»* –, onde Lacaille faz algumas reflexões sobre os vários sistemas cosmológicos, reservando alguma prudência face à verdadeira natureza das forças centrais – *«Le parti le plus sage est de profiter des avantages immenses que cette loi nous offre, en l'admettant comme une induction tirée sans aucune contradiction de tous les phénomènes célestes, en attendant qu'on en ait trouvé la véritable cause physique, ou qu'on ait découvert la vraie loi à laquelle celle-ci est si parfaitement analogue.»* [Lacaille 1764, p.348]. Esta posição de Lacaille será melhor compreendida se tivermos em conta que quando a obra foi publicada, em 1746, ainda se vivia a onda de choque provocada pela violenta discussão entre os adeptos do cartesianismo e do newtonismo (veja-se [E. Aiton 1995] e [S. Chapin 1995])[18].

O livro de Lacaille é um compêndio directamente vocacionado para o ensino e estudo da astronomia. Está escrito num estilo claro com os temas tratados segundo o modelo axiomático-dedutivo[19]. Olhando para as necessidades matemáticas exigidas ao

[18]Relembremos que os Estatutos Pombalinos são assumidamente newtonianos e que Monteiro da Rocha no seu *Sistema Physico Mathematico dos Cometas* (1759) defende convictamente o sistema newtoniano.

[19]A propósito da sua estrutura escreve Lacaille: *«J'ai fait cependant mon possible pour éviter l'obscurité, qui est presque inséparable de tout ce qui est abstrait, & écrit d'un style concis [...] j'ai mis en plus petit caractère, pour ne pas interrompre le discours des Lemmes, des Théories particulières, & des Remarques qui servent à éclaircir les sujets que je traite, & qui épargnent aux Lecteurs la peine*

seu leitor alvo elas vão além das noções básicas que certamente se veriam satisfeitas no colégio de Mazarin [C. Le Lay 2002, p.31]. Contudo o livro corresponde aos propósitos do seu autor, o de responder às necessidades do ensino da astronomia – *«Puisque ce Livre est destiné à metre au fait des découvertes anciennes & modernes, & des meilleures méthodes qu'on doive suivre dans la pratique de l'Astronomie»*.

Na altura em que Lacaille escreve estas suas *'leçons'* eram poucos os livros de texto existentes vocacionados especialmente para o ensino da astronomia. Em língua francesa havia essencialmente dois: os *Éléments d'astronomie* (Paris, 1740), de Jacques Cassini (Cassini II) (1677-1756) e o *Institutions Astronomiques, ou Leçons Élémentaires d'Astronomie* (Paris, 1746), de Monnier (1715-1799). Nollet (1700-1770) no seu *Leçons de Physique Expérimental*, 6 vols. (Paris, 1743-64) apresenta apenas estes três autores como referência para o ensino da astronomia e Lalande escreve: *«Cet ouvrage [refere-se ao seu Astronomie (Paris, 1764)], fait pour suppléer à ceux de Cassini, Le Monnier et La Caille, contenient toutes les parties de l'astronomie théorique et pratique, expliquées d'une maniere élémentaire; et il a été utile en formant presque tous les astronomes qui existent actuellement.»* [Lalande 1803, p.485]. De entre os 3 autores apenas Cassini não foi professor, toda a sua carreira foi desenvolvida no Observatório de Paris, ao contrário de Monnier e Lacaille que, para além de astrónomos, foram professores nos colégios de Harcourt e Mazarin, respectivamente. O *Leçons élementaires d'Astronomie*, de Lacaille, marcará toda uma época, influenciando autores posteriores incontornáveis na história da astronomia[20].

O *Elemens d'Astronomie*, par M. Cassini (Paris, 1740), é um livro elementar escrito para servir não só na formação de astrónomos mas também dirigido a uma mais vasta audiência, intenção essa que é plasmada no título escolhido[21]. Não será contudo tão elementar quanto isso, visto ser exigido ao leitor alguns conhecimentos de matemática – *«quelques connaissances de la géométrie élémentaire», bem como «quelque teinture de la trigonométrie rectiligne et sphérique»* –, embora não muito avançados[22]. No

d'aller chercher ailleurs des principes étrangers à l'Astronomie» [Lacaille 1764, p.v].

[20] *«Quant aux Leçons de Lacaille, elles marquent aussi un jalon dans l'histoire du livre scolaire. Les savants qui succèdent à Lacaille ne s'y trompent pas et font tous mention de cet ouvrage de référence. En effet, l'auteur fait le pari de ne pas se contenter de la description du système solaire mais d'exposer les méthodes de l'astronomie, comme le feront quelques décennies plus tard Biot ou Delambre. Malheureusement, si le livre contribue à l'auto-formation des apprentis astronomes, il demeure sûrement hermétique à la plupart des collégiens d'Ancien Régime.»* [C. Le Lay 2002, p.34].

[21] E que se reforça quando no prefácio Cassini II expõe o método escolhido para a sua redacção – *«La methode que j'ái suivie, a été de ne supposer, autant quíl a été possible, que ce qui étoit parfaitement connu, & de passer dês notions les plus simples, à celles qui paroissent les plus composées.»* [Cassini II 1740, p.xi]. O livro teve algum sucesso, com várias reedições francesas em 1746, 1755, 1761, 1764 e 1780; em 1750 foi traduzido para inglês e teve ainda traduções para o latim, em Viena (1757 e 1762) e Praga (1757).

[22] Colette Le Lay [C. Le Lay 2002, p.25] defende que apesar de Cassini pretender escrever um livro

prefácio, apelando história da astronomia mas com um enfoque nos principais problemas astronómicos da sua época (a medição do arco de meridiano, as longitudes, as refracções e as paralaxes, o movimento das estrelas fixas e as tabelas do Sol e da Lua), Cassini discorre sobre a beleza e utilidade da astronomia, elogiando as contribuições e esforços do Observatório Astronómico de Paris – *«où l'on retrouve plus d'un préjuger de famille»* [Delambre 1827, p.260][23]. O livro de Cassini é bastante clássico, tanto no que diz respeito à estrutura e sequência dos capítulos como na metodologia seguida [Delambre 1827, p.266]. Um ponto interessante é a não abordagem da questão da figura da Terra. Cassini era um partidário da ideia cartesiana de que a Terra era alongada nos pólos, porém os trabalhos de Maupertius (1698-1759) indicavam que os newtonianos, e não os cartesianos, é que estavam correctos, sendo a Terra achatada nos pólos. No fim do livro Cassini apresenta umas tabelas astronómicas do Sol, da Lua, dos planetas e seus satélites e de estrelas (tabelas estas que Lalande considera muito boas – *«Cês tables, qui ont été long-temps au nombre dês meilleures»* [Lalande 1803, pp.411-412]).

O livro de Monnier, *Institutions Astronomiques, ou Leçons Elémentaires d'Astronomie* (Paris, 1746), é uma tradução livre, porém bastante melhorada, do *Introductio ad veram Astronomiam* (Londres, 1718), do inglês John Keill (1671-1721), sendo considerada por Lalande *«un des meilleurs ouvrages qu'on ait faits en français sur l'astronomie elementaire»* [Lalande 1803, p.428]. A abrir o livro, Monnier escreve um '*Essai sur l'Histoire & sur le progré de l'Astronomie'* [Monnier 1746, pp.i-lxiv] onde trata numa perspectiva histórica, temas como: o movimento da Terra, a precessão dos equinócios, a obliquidade da elíptica, o movimento de Saturno e ainda as Tabelas da Lua, dos planetas e das estrelas. O *Institutiones Astronomiques* é dividido em 30 capítulos. Nos capítulos III e IV, onde são estudados e analisados os vários sistemas do mundo, Monnier afirma o sistema copernicano como o verdadeiro sistema do mundo e ao estudar as leis de Kepler escreve que, *«Newton a explique le premier la vraie cause physique de cette règle de Kepler»* [Monnier 1746, p.40].

Estas duas obras juntamente com a de Lacaille serão os três grandes livros de texto que durante cerca de vinte anos marcam quase em exclusivo o ensino da astronomia tanto em França como fora dela, influenciando muitos dos autores posteriores, no

destinado ao público relativamente vasto, a verdade é que só poderia ser plenamente compreendido e usufruído por um leitor mais ou menos erudito e que possuísse alguns conhecimentos matemáticos.

[23] A história do Observatório Astronómico de Paris, criado em 1666, está indissociavelmente ligada à história da própria família Cassini, uma verdadeira família dinástica na astronomia francesa dos séculos XVII e XVIII. O pai de Jacques Cassini, Jean-Domique Cassini (Cassini I) (1625-1712), foi o primeiro director deste Observatório, ao qual se segue o próprio Jacques e depois o seu filho César-François (Cassini III) (1714-1784) e por último, ainda, o seu neto Jean-Dominique (Cassini IV) (1748-1845).

entanto apresentavam algumas insuficiências sérias no que diz respeito ao ensino da prática astronómica, nomeadamente no que diz respeito à instrumentação e técnicas observacionais, redução de observações e cálculo astronómico, não habilitando o futuro astrónomo para a rotina quotidiana de um observatório. Este aspecto é bastante omisso no livro de Lacaille, o que até espanta visto o autor ser um dos maiores e reconhecidos astrónomos da sua época. Contudo Delambre faz notar que tal omissão é explicável se se tiver em conta o público-alvo do livro, os alunos do colégio de Mazarin e não propriamente a formação de futuros astrónomos [Delambre 1827, p.529].

São precisamente estas lacunas, ou melhor a necessidade de as colmatar, bem como o de apresentar os grandes avanços e as grandes questões que a ciência astronómica enfrentava – *«Quand on s'est dévoué au progrès des sciences, on doit compte au public du fruit de ses travaux.»* [Lalande 1764, v.1 p.viij] –, que motiva Lalande a escrever o seu famoso *Astronomie* e que se tornará desde logo uma obra incontornável para o estudo da astronomia [M. Cotte 2010][24]. possívelmente será também este o motivo da sua adopção, a par do compêndio de Lacaille, no ensino da cadeira de Astronomia da Faculdade de Matemática da Universidade de Coimbra.

Lalande além de ser um astrónomo de enorme relevo era também desde 1760 professor no Collège Royal e essa dupla competência reflecte-se na sua obra[25]. Como astrónomo esteve envolvido em muitos dos grandes acontecimentos astronómicos do seu tempo: a medição da paralaxe da Lua, em 1751; os trânsitos de Vénus, de 1761 e 1769; esteve ao lado de Clairaut, juntamente com Nicole-Reine Lepaute (1723–1788), no cálculo das previsões do regresso do cometa Halley para 1759; trabalhou directamente com Delisle e Monnier, sob ordens de Lacaille. A partir de 1764 torna-se o editor do Connaissance des Temps, introduzindo-lhe várias modificações que lhe darão um carácter especializado e actualizado dos progressos astronómicos[26].

- **o compêndio de Lalande:** *Astronomie, par M. de La Lande* (1764)[27]

[24]No Connaissance des temps para 1767 (Paris, 1765), Lalande publicita a sua obra nos seguintes termos: *«Ceux à qui les éclaircissements qui sont à la fin de ce livre ne paraîtront pas suffisants, pourront recourir à l'explication séparée que nous en avons publiée, et qui à pour titre: Exposition du calcul astronomique ou à notre Astronomie, ouvrage plus considérable qui paraîtra incessamment et qui renferme dans le plus grand détail toutes les branches de cette vaste science»*, citado em [S. Dumont 2007, p.51].

[25]Lalande ensinou no Collège Royal durante 46 anos e teve como alunos alguns astrónomos célebres: Delambre, Méchain, Piazzi e Burckhardt.

[26]Sobre a vida e obra científica de Lalande veja-se por exemplo: [S. Dumont 2007] e [J.C. Pecker 1985], mais especificamente sobre a sua obra astronómica.

[27]A primeira edição é publicada em 2 volumes no ano de 1764. Logo após a publicação Lalande começa a trabalhar numa 2^a edição, coadjuvado pelo seu aluno Méchain, melhorando tópicos e assuntos resultado de reflexões e troca de correspondência com matemáticos e astrónomos a quem fizera questão de enviar a obra [Lalande 1771-81, v.1 p.ix] (Euler é um dos matemáticos com quem troca variada correspondência acerca do livro). Essa 2^a edição muito melhorada e aditada em 3 volumes é publicada em 1771 (em 1781 é publicado um 4^o volume). A terceira edição em 3 volumes (o 4^o volume da 2^a

O *Astronomie* é composto por 24 capítulos distribuídos por 2 volumes[28], antecedidos por um prefácio relativamente longo onde Lalande esclarece que pretende fazer um tratamento tão completo quanto possível de toda a ciência astronómica e dos seus últimos avanços [Lalande 1771-81, v.1 p.ii]. O livro destina-se tanto ao público em geral como ao especializado – *«[...] J'ai tâché d'écrire pour tout le monde, tantôt pour les amateurs, tantôt pour les astronomes de profession, voilà pourquoi l'on trouvera dans ce livre beaucoup d'explications très élémentaires, & cependant beaucoup de calculs très abstracts»* –, porém o leitor leigo teria série dificuldades em ler a obra pois esta apela em geral a conhecimentos matemáticos que vão muito para além dos rudimentos da geometria e da álgebra (inclusivamente Lalande tem dois capítulos de matemática mais avançada: *'Livre XXI: Du calcul différentiel e du calcul Integral appliqués à l'Astronomie'*; e *'Livre XXII: De la pesanteur ou de l'Attraction des Planètes'*), apesar de estar escrito num estilo simples, de modo a poder ser lido sem mestre – *«Ce n'est pás pour être expliqué, mais seulement pour être lu sans maître, que j'ai composé cet ouvrage»* –, e com profundas preocupações didácticas e pedagógicas.

No prefácio disserta sobre a importância da astronomia para as outras ciências e domínios da actividade humana, *«son utilité pour la Géographie; pour la Navigation; importance de la Marine; usages de l'Astronomie pour le Calendrier; usages pour l'Agriculture; pour la Chronologie et pour la division de temps, usage dans la Médecine»,* não no sentido astrológico, que o autor recusa, mas sim da possível influência do Sol e da Lua sobre a atmosfera terrestre e desta sobre algumas doenças – estas considerações históricas vão ao encontro do que os próprios Estatutos Pombalinos escrevem. Faz ainda um pequeno resumo acerca dos observatórios astronómicos existentes à data na Europa, especificamente sobre Portugal escreve: *«Le roi de Portugal Jean V, (qui avoit fait rétablir à Rome le théâtre de l'académie des Arcades) sit élever un observatoire dans son palais à Lisbone: il fit construire à Paris en 1728 un mural de 5 pieds de diamètre, & un sextant de trois pieds de rayon; le P. Carboni & le P. Copasse y sirent diverses observations. Les Jésuites sirent aussi élever un observatoire dans leur collège de S. Antoine. Philof. Tranf. 1727, n°. 400.»* [Lalande 1771-81, p.xlvi]. O prefácio termina com um preçário descritivo de alguns importantes instrumentos astronómicos existentes à venda em 1764 (preçário é actualizado na 2^a edição).

edição não é reeditado) sai em 1792 e para a sua publicação Lalande contou com a colaboração de Delambre.

[28] Isto na 1^a edição. Quanto à 2^a Lalande esclarece : *«Le premier volume paraîtra plus long & plus prolixe que le second, & le second plus que le troisième; parce que le premier est destiné spécialement à faire bien sentir les Principes généraux de l'Astronomie; le troisième suppose qu'on a déjà acquis dans cette science de l'habitude & de la facilité. D'ailleurs j'ai été obligé de resserrer beaucoup le dernier volume, pour ne pas rendre l'ouvrage trop volumineux & trop cher.»* [Lalande 1771, v.1 p.iii].

No que diz respeito à organização da obra, Lalande demarca-se da estrutura do *Leçons* de Lacaille:

> *«Ainsi je n'ai pas commencé mon livre en supposant l'observateur au centre du soleil, comme a fait M. de la Caille, parce qu'il a fallu deux mille ans pour parvenir à démontrer que le soleil étoit le centre des mouvements célestes. Je n'ai pas commencé par la définition des cercles de la sphère, parce que le lecteur n'aurait point aperçu la nécessiter de ces cercles & leur origine; la génération des choses doit précéder leur définition. Enfin je n'ai pas commencé par Histoire de l'Astronomie, il aurait fallu supposer l'Astronomie connue; mais j'ai tâché dans le premier livre de conduire Histoire avec la chose même, en cherchant l'ordre des inventeurs.»* [Lalande 1771-81, v.1 p.iv][29].

O primeiro volume (capítulos I-X) é dedicado às noções gerais teóricas da astronomia, sendo segundo volume (capítulos XI-XXIV) dedicado à prática e ao cálculo astronómico.

No capítulo I, *«Principes de la sphère»,* são explicados os vários movimentos diurnos dos corpos celestes que se observam no céu (Delambre faz notar que este capítulo é mais um tratado sumário de astronomia do que um simples capítulo introdutório). Os capítulos II e III, *«De l'origine et de l'histoire de l'astronomie»* e *«Des étoiles fixes et des constellations»,* são capítulos essencialmente históricos onde Lalande faz um resumo da história da astronomia desde os Caldeus até ao século XVIII (na parte onde se debruça sobre os catálogos estelares dá especial enfoque aos trabalhos de Halley e de Lacaille). O que os Estatutos escrevem sobre a história da astronomia segue de perto a organização temporal descrita por Lalande. No capítulo IV, *«Des fondements de l'astronomie»*, com Lalande a aconselhar a leitura e revisão dos conceitos fundamentais de trigonometria esférica, que trata no capítulo XXIII, antes da leitura deste capítulo. No capítulo V, *«Systèmes du Monde»*, são expostos e discutidos os três sistemas do mundo: o de Ptolomeu, Copérnico e de Tycho, dissipando Lalande todas as dúvidas acerca da veracidade do sistema copernicano. No capítulo VI, *«Des lois du mouvement des six planètes principales vues du Soleil et de leurs éléments; c'est-à-dire, de la figure et de la situation de leurs orbites»*, são estudadas as leis de Kepler do movimento planetário e apresentados os respectivos exemplos da determinação dos elementos orbitais dos vários planetas. No capítulo VII, *«De la Lune»*, são estudados os movimentos do nosso satélite. No capítulo VIII, *«Du calendrier»*, é estudada a ref-

[29] Sobre a estrutura do *Astronomie*, Delambre escreve: *«Le plan nouveau que Lalande annonce était plus naturel, mais cependant moins méthodique que celui de La Caille; il était d'ailleurs moins désordonné que celui de Keil et de le Monnier»* [Delambre 1827, p.609].

orma do calendário gregoriano de 1582. O capítulo IX, *«Des parallaxes»*, é dedicado ao estudo das paralaxes solar e lunar. No capítulo X, *«Du calcul des eclipses»*, são estudados os eclipses lunares e solares, os eclipses de estrelas pelos planetas e cometas (Lalande observou em 12 de Junho de 1764 a ocultação de uma estrela da constelação de Cisne por um cometa), bem como as ocultações das estrelas e de outros planetas pela Lua.

Este 1^o volume termina com uma série de tabelas astronómicas *Tables des Mouvements du Soleil et de la Lune pour le Méridien de Paris; suives du catalogue des principales Etoiles* –, onde apresenta as tabelas do Sol, de Lacaille (pp.1-22) e as tábuas lunares de Mayer (pp.23-38); o catálogo estelar é apresentado nas pp.39-44, ao qual se segue uma tabela de refracções elaborada por Bradley[30].

O capítulo XI, *«Des passages de Vénus et de Mercure sur le Soleil»*, com que se inicia o 2^o volume, é dedicado ao estudos dos trânsitos dos planetas Mercúrio e Vénus sobre o disco solar (sendo dada especial atenção às medições dos tempos de ingresso e egresso). Os capítulos dedicados à astronomia prática iniciam-se com o estudo da refracção (cap. XII, *«Des réfractions astronomiques»)*, onde expõe os métodos de Lacaille e de Bradley. Os capítulos XIII, *«Des instruments d'astronomie»,* e o XIV, *«De l'usage des instruments et de la pratique des observations»*, são dedicados ao estudo dos principais instrumentos de uso astronómico: a luneta acromática; o gnomon e o quarto-de-círculo; o sextante; o quarto-de-círculo mural; o uso dos micrómetros e dos retículos, bem como dos relógios e as pêndulas astronómicas. No capítulo XV, *«De la grandeur et de la figure de la Terre»,* é abordada a querela entre os cartesianos e os newtonianos acerca do achatamento da Terra e a questão da determinação da longitude geográfica, sendo apresentados vários métodos. Nos capítulos XVI e XVII, *«Des changements qui s'observent dans la situation des étoiles fixes, à raison de la précession, de la parallaxes et des causes particulières»* e *«De l'aberration et de la nutation»*, são estudadas as alterações aparentes na posição das estrelas devidos aos fenómenos da precessão dos equinócios e à diminuição da obliquidade da eclíptica, provocados pela nutação e pelo movimento da Terra à volta do Sol. No capítulo XVIII, *«Astronomie des satellites»*, são estudados os satélites de Júpiter e os anéis de Saturno. O capítulo XIX, *«Des comètes»*, é dedicado à história dos cometas e ao cálculo das suas órbitas (dos 450 cometas enumerados são estabelecidas as órbitas de 51 deles), onde Lalande expõe um método de determinar a órbita de um cometa através de três observações (veja-se o nosso capítulo 19). O capítulo XX é dedicado à *«De la rotation des planètes et de leurs taches»*.

[30]Na segunda edição apresenta: *Tables Astronomiques calculées pour le méridien de Paris, sur les observations les plus exactes, faites jusqu'à l'année 1770*, onde apresenta as tabelas do Sol [Lalande 1771-81, v. pp.4-46], da Lua [Lalande 1771-81, v.1 pp.47–99] e as quais se seguem a dos planetas e um catálogo de estrelas; terminando com umas tabelas de aberração e nutação e de refracção atmosférica.

Os capítulos finais são de forte pendor matemático. No XXI, *«Des sections coniques, du calcul différentiel, relativement à l'astronomie»*, são aprofundados conceitos e ferramentas matemáticas indispensáveis ao astrónomo para o estudo do capítulo seguinte – *«De la pesanteur, ou de l'attraction des planètes»* –, onde são estudadas as leis de Newton. No capítulo XXIII é estudada a trignometria esférica. O capítulo final XXIV – *«Du calcul astronomique par le moyen des observations et des tables»* –, mostra e desenvolve os métodos de redução das observações e a construção de tabelas astronómicas, são também aprofundados os métodos de cálculo de longitudes.

A profundidade das temáticas abordadas, a estrutura e a organização do *Astronomie* torná-lo-ão numa obra de referência imprescindível a todos os astrónomos da época:

> *«Cette première édition est celle dans laquelle j'ai étudié l'astronomie sans maître [...]. Ce Traité avec tous ses défauts était le plus clair el le plus étendu que l'on connut à cette époque. La collection de toutes les méthodes alors en usage était un service essentiel rendu à l'Astronomie qu'on ne pouvait étudier auparavant que dans les observatoires fournis d'une grande bibliothèque. Le succès en sut prompt»* [Delambre 1827 p.614].

Anos mais tarde Lalande publicará o já mencionado *Abrégé d'Astronomie* (Paris, 1774)[31]. Embora escrito com um forte pendor pedagógico, e de certa forma também vocacionado para o ensino, tem contudo um propósito diferente que se prende mais com a divulgação científica. O *Abrégé* é mais simples e abreviado e é especialmente direccionado tanto para um público leigo como para o astrónomo amador [S. Dumont 2007, p.93]. A ser usado pelos alunos da Faculdade de Matemática da Universidade de Coimbra, como parece que também poderia ter sido, serviria como uma boa e fácil introdução à astronomia.

Outra obra de Lalande que nos merece referência, pois também foi usada na cadeira de Astronomia, é a tradução e publicação, em 1759, das tabelas de Halley referentes aos planetas e cometas. Em 1749, havia Edmond Halley (1656-1742) já falecido, são publicadas, por John Bevis (1695-1771), uma série de tabelas astronómicas fruto das exaustivas observações e investigações do astrónomo real – *Edmundi Halleii astronomi dum viveret regii tabulæ astronomicæ. Accedunt de usu tabularum præcepta* (Londres, 1749). Inicialmenente publicadas em latim (em 1752 é publicada uma edição em inglês) são traduzidas para francês por Chappe d'Auteroche (1728-1769) e por Lalande. Em

[31]Seria reeditado com alguns acrescentos em 1795 e teve várias edições estrangeiras: uma alemã (1776); uma italiana (em 1777 e 1796); uma russa (1789) e ainda uma tradução árabe em 1807 [C. Le Lay 2002, p.63].

1754 d'Auteroche publica as tabelas solares e lunares[32] e em 1759 Lalande publica as restantes tabelas dos planetas e cometas – *Tables Astronomiques de M. Halley pour les planetes et les cometes, réduites au nouveau stile & au Méridien de Paris. Augmentées de plusieurs Tables nouvelles de différens Auteurs, pour les satellites de Jupiter & les Etoiles fixes, avec des explications détaillées, par M. De Lalande* (Paris, 1759). O volume da responsabilidade de Lalande, começa com um prefácio histórico escrito em homenagem a Halley [Lalande 1759, p.iii], ao qual se seguem as explicações das tabelas – *Explication et usage des Tables Astronomiques* –, que incluem considerações acerca da sua construção – *Remarques sur l'Histoire & sur la construction des Tables des Planetes.* As várias notas e comentários escritos por Lalande são uma constante ao longo da tradução, antecipando de alguma maneira alguns pontos que tratará mais tarde no seu *Exposition du calcul astronomique* (Paris, 1762) e no próprio *Astronomie* (Paris, 1764) [G. Boistel 2001, p.553][33].

Os compêndios de Biot e Delambre e os livros de Laplace

- **o compêndio de Biot:** *Traité élémentaire d'astronomie physique, par J.B. Biot* (1805)[34]

Este livro é especialmente destinado dos alunos dos *«Lycées impériaux et les Écoles secondaires»*, conforme se lê no subtítulo, e por isso escrito com uma profunda preocupação pedagógica[35]. Biot divide o compêndio em 5 grandes secções (*'livres'*): *'Phénomènes généraux du système du monde et moyens d'observations'*; *'Théorie du Soleil'*; *'Théorie de la Lune'*; *'Théorie des planètes, comètes et satellites'* e por fim o capítulo final sobre as *'Principales applications de l'astronomie'*[36]. A abordagem que

[32] *Tables Astronomiques de M. Hallei. Première partie, qui contient aussi les observations de la Lune, avec les préceptes pour calculer les lieux du Soleil & da la Lune, & découvrir les erreurs des tables lunaires pendant une période de 223 lunaisons; Ouvrage destiné principalement à l'usage des Navigateurs & au progrès de la Phisique [...], par M. l'Abbé de Chappe D'Auteroche* (Paris, 1754).

[33] Lalande inclui uma pequena secção [Lalande 1759, pp.11-16] onde compara as tabelas de Halley com as tabelas de Cassini fornecidas no *Leçons de Astronomie.* Considerando as tabelas de Halley do planeta Mercúrio mais exactas que as de Cassini e o inverso para as tabelas do planeta Júpiter e Saturno.

[34] Em 1810-11 sairia a 2^a edição, em 3 volumes (1+2): *«avec dês additions relatives a l'astronomie nautique, par M. de Rossel.»* A inclusão nesta edição de uma secção dedicada à astronomia náutica é esclarecida pelo próprio autor: *«Il est une branche de l'astronomie qui n'a jamais été traitée dans les livres élémentaires d'une manière convenable, parce que pour être exposée d'une manière utile, elle exige beaucoup d'exactitude, beaucoup de simplicité, et une extrême habitude de pratique que très peu de personnes ont eu l'occasion d'acquérir»* [Biot 1810-11, v.1 p.xv]. Em 1841 teve ainda uma 3^a edição, tendo sido traduzido para alemão (1821) e inglês (1849 e 1850).

[35] *«Je prends un élève qui n'a absolument aucune connaissance d'astronomie, ni même de cosmographie»* [Biot 1805, p.viij]; *«Le texte de l'ouvrage ne contient rien au-dessus de la portée d'un élève qui a les premières notions de mathématiques»* [Biot 1805, p.xj]. A matemática mais avançada é desenvolvida em notas de rodapé, com o objectivo explícito de obrigar o aluno a estudá-las de imediato.

[36] *«Je prends un élève qui n'a absolument aucune connaissance d'astronomie, ni même de cosmo-*

faz da mecânica celeste é profunda, o que não é alheio o facto de Biot ter sido aluno de Laplace e ter participado activamente na revisão matemática do *Mécanique Céleste*, tendo inclusive publicado, em 1801, um livro dedicado à análise da *Mecânica Celeste* de Laplace – *Analyse du Traité de Mécanique Céleste de P. S. Laplace* (Paris, 1801).

- **o compêndio de Delambre:** *Abrégé d'Astronomie, ou Leçons Élémentaires d'Astronomie Théorique e Pratique, par M. Delambre* (1813)[37]

Quando publica este livro, em 1813, Delambre é professor de astronomia desde 1807 em substituição de Lalande, no Collège de France. Embora escrito como resultado das suas aulas [Delambre 1813, p.v], este livro não é propriamente um compêndio vocacionado para o ensino básico da astronomia, ou seja para um estudante iniciado, mas sim destinado a um estudante superior com forte formação matemática.

Delambre demarca-se dos dois compêndios clássicos, o de Lacaille e o *Astronomie* de Lalande. Considera o primeiro, apesar de ser um *«excellent texte pour un professeur»*, de difícil leitura para um aluno, não lhe agradando a estrutura [Delambre 1813, p.vi]. Em relação ao livro de Lalande, critica-lhe alguma simplicidade no tratamento de algumas matérias – *«L'Abrégé d'Astronomie de Lalande, à portée d'un bien plus grand nombre de lecteurs, est par là même moins fait pour être enseigné que pour être lu, les méthodes n'en sont quelquefois ni assez rigoureuses, ni assez géométriques.»* [Delambre 1813, p.vi]. Delambre considera bom o *Traité élémentaire d'astronomie physique* de Biot, mas que sendo mais focado na astronomia física, i.e. teórica, tem por consequência uma abordagem diferente da sua.

O compêndio de Delambre está estruturado em 25 capítulos (*leçons*), sendo cada um deles composto por diversos parágrafos numerados[38]: os capítulos I, II, III, IV tratam dos instrumentos e da trigonometria esférica, *«La trigonométrie sphérique est aussi un instrument, et même le plus précis et le plus universel de tous»;* os capítulos V, VI, XXIV dizem respeito às observações e técnicas instrumentais; os capítulos III, VIII, IX, X, XI, XII, XIII ao Sol; os capítulos XIV, XV à Lua; os capítulos XVI, XVII, XVIII, XXI, XXII aos planetas e seus satélites e aos cometas; os capítulos VII, XIX às estrelas e catálogos estelares; os capítulos XX, XXIV, XXV às aplicações e aos cálculos astronómicos; e por fim no capítulo XXIII é estudada a *«Grandeur et*

graphie. Je lui suppose, sur les mouvements célestes, et sur la figure de la Terre, tous les préjugés qui naissent da témoignage habituel de nos sens; et d'observations en observations, je le conduis, peu à peu, jusqu'à trouver de lui-même, par le raisonnement, le véritable mécanisme du système du monde; c'est-à-dire le mouvement de la Terre et les lois de Kepler: tel et le plan de mon ouvrage» [Biot 1805, p.viii].

[37] Em 1814 sai uma versão aumentada e melhorada em 3 volumes, intitulada: *Astronomie Théorique et Pratique* (Paris, 1814).

[38] O *Astronomie Theórique e Pratique* (1814) é composto por 38 capítulos: 19 (v.1) + 8 (v.2) + 11 (v.3).

figure de la Terre». Embora escrito numa linguagem clara, nem sempre é acessível a um leitor que não domine conceitos e ferramentas matemáticas mais avançados, remetendo Delambre sempre que necessário o leitor para outros livros e autores (facto não muito comum na época).

A Faculdade de Matemática acabaria por adoptar o livro de Biot, um livro mais apropriado para o ensino e por conseguinte melhor em termos didáctico-pedagógicos. O tratamento matemático das questões não é tão profundo como o desenvolvido por Delambre, no entanto o tratamento da mecânica celeste é feito com algum desenvolvimento, o que permitia aos leitores uma boa iniciação à obra de Laplace, o que pode ter pesado no momento da sua escolha. No que diz respeito ao desenvolvimento das matérias de astronomia prática o compêndio de Delambre é mais profundo e pormenorizado mas também de mais difícil abordagem na perspectiva do estudante.

- **o livro de Laplace:** *Traité de Mécanique Céleste* (1799-1825)[39]

Em 1799 Pierre-Simon Laplace (1749-1827) publica o primeiro volume da *Mécanique Céleste* – *«Le grand et important ouvrage du C.^{en} La Place, intitulé la Mécanique céleste, attendu avec tant d'impatience, parut enfin le 6 septembre. C'est là que l'on trouvera les méthodes et la belle analyse qui l'ont conduit aux découvertes importantes que j'ai plusieurs fois annoncées et célébrées dans cette Histoire»* [Lalande 1803, p.809]. Esta obra que se completaria com mais quatro volumes é um marco importantíssimo na astronomia do século XVIII e XIX, sendo considerada uma das maiores obras da história da astronomia. Nela Laplace sintetiza toda a ciência astronómica que sob o paradigma newtoniano da lei da gravitação universal se desenvolveu durante o século XVIII[40].

O tratado de Laplace de maneira alguma se pode considerar um livro de texto, embora lhe tenha alguns traços em comum. É uma obra composta que reúne características de livro de referência e de colectânea de artigos científicos que o autor havia já tratado (muitos deles nos tempos iniciais da sua carreira científica) [C. Gillispie 2000, p.184][41].

[39] *Traité de Mécanique Céleste* (Paris, 1799-1825): 1799, volumes 1 e 2; 1802, volume 3; 1805, volume 4; 1823-25, volume 5. Entre os anos 1829 e 1839 sairia uma 2^a edição em 4 volumes. Foi traduzido para inglês por Nathaniel Bowditch numa tradução de que se tornou famosa e que se publicou em 1829.

[40] *«Towards the end of the seventeenth century, Newton published his discovery of universal gravitation. Mathematicians have, since that epoch, succeeded in reducing to this great law of nature all the known phenomena of the system of the world, and have thus given to the theories of the heavenly bodies, and to astronomical tables, an unexpected degree of precision. My object is to present a connected view of these theories, which are now scattered in a great number of works.»* [Laplace 1829-1836, v.1 p.xxiii].

[41] Sobre a actividade científica inicial de Laplace veja-se: [S. Stigler 1978]. Convém referir que

Em 1796, três anos antes do 1^o volume da *'Mécanique Celeste',* Laplace publica o *Exposition du système du monde* (Paris, 1796)[42], destinado não à comunidade científica, mas sim ao leitor culto e educado com profundo interesse na astronomia mas não nela especializado , onde antecipa a organização conceptual da *'Mécanique Celeste'.* Nele Laplace pretende fornecer a esse leitor numa linguagem simples todo um conjunto amplo e actualizado da astronomia e vulgarizar as ideias centrais da mecânica celeste sem fórmulas, cálculos ou figuras (as únicas tabelas que aparecem na obra são tabelas com dados sobre as órbitas dos vários planetas) [Arago 1854, v.III pp.511-512]; porém para Gillispie é redutor considerá-lo, como muitas vezes é feito, como um livro de divulgação científica [C. Gillispie 2000, p.170].

O volume I do **Traité de Mécanique Céleste**[43], composto por dois *'livros'* (cada um dos 5 volumes é dividido em vários livros e estes em vários capítulos[44]), é essencialmente teórico e tem como objectivo a preparação do leitor para a abordagem conceptual da astronomia enquanto ramo da mecânica. O *livro* 1 trata das leis da mecânica do ponto material (estática e dinâmica), evoluindo em seguida para o estudo dos sistemas de partículas e depois para o corpo rígido e os fluidos; no *livro* II – *'de la loi de la pesanteur universelle et du mouvement des centres de gravite des corps celestes'* –, é feita uma espécie de introdução a conteúdos astronómicos mais teóricos, tratando essencialmente do movimento de translação dos corpos celestes. Nele o leitor toma contacto com as equações diferenciais do movimento de um sistema de corpos sob a acção gravitacional mútua; com as leis do movimento elíptico; com a determinação dos parâmetros orbitais das órbitas reais dos planetas; e com a teoria das perturbações do movimento planetário. O volume II (*livros* 3, 4 e 5) é dedicado à figura da Terra e dos planetas; às grandes massas de ar atmosférico e ao movimento das águas do mar; e por último ao estudo do movimento de rotação dos planetas – *«au tour le leurs propes centres de gravité»*[45].

No conjunto geral da obra, o volume III, dedicado a Napoleão [Laplace 1878-82, v.3 p.vii], inicia uma nova parte: *'théories particulières des mouvements célestes'*, onde trata com maior profundidade a teoria das perturbações com o objectivo *«spécialement consacré à la perfection des Tables astronomiques»* [Laplace 1878-82, v.3 p.X] – na parte dedicado à teórica da Lua (*livre VII*) Laplace dedica um capítulo à comparação

Laplace foi professor na École Normale e, enquanto Ministro do Interior, responsável pela sua reforma curricular.

[42] Foi publicado em 2 volumes e teve 4 reedições: 1799, 1808, 1813 e 1824.

[43] Seguimos os volumes publicados em [Laplace 1878-1882]. Para um estudo detalhado veja-se [Biot 1801] e [C. Gillispie 2000, pp.184-196].

[44] Vol.1: livros 1-2; vol.2: livros 3-5; vol.3: livros 6-7; vol.4: livros 8-10; vol.5: livros: 11-16.

[45] É interessante ler o prefácio do 3^o volume [Laplace 1878-82, v.3 pp.IX-XIV], pois nele Laplace resume sucintamente as matérias abordadas nestes dois primeiros volumes.

dos valores teóricos previstos com os dados observacionais[46]. O volume IV (com 3 livros) é uma continuação deste volume III – *«Après avoir exposé dans les deux Livres précédents les théories des planètes et de la Lune, il reste à présenter celles des autres satellites et des comètes: c'est le principal object de ce Volume»* [Laplace 1878-82, v.IV p.VII] –, onde trata (*livro* VIII) dos satélites de Júpiter, Saturno e Urano; dos cometas (*livro* IX). No livro X (*sur différents points relatifs au système du monde*) é estudada a refracção atmosférica, bem como alguns temas tratados anteriormente mas que mereciam contudo algumas adendas, por exemplo: caso da teoria das perturbações e a elaboração das tabelas astronómicas, bem como vários outros assuntos pertencentes mais ao domínio da física[47].

O último volume publicado só em 1825 é dedicado à história da astronomia – *«Il ne me reste plus, pour remplir l'engagement que j'ai contracté au commencement de cet Ouvrage, qu'à donner une Notice historique des travaux des géomètres et des astronomes sur le système du monde: ce sera l'objecte du onzième et dernier Livre»* [Laplace 1878-82, v.V p.XXV]. Na verdade Laplace acaba por escrever 6 capítulos onde trata na perspectiva histórica de vários temas e assuntos da astronomia: *«de la figure et de rotation de la Terre [livre XI]»*; *«de l'attraction et de la répulsion des sphères. Et des lois de l'équilibre et du mouvement des fluides élastiques [livre XII]»*; *«des oscillations des fluides qui recouvrent les planètes [livre XIII]»*; *«des mouvements des corps célestes autour de leurs centres de gravité [livre XIV]»*; *«du mouvement des planètes et des comètes [livre XV] »*; e por último *«du mouvement des satellites [livre XVI]»*.

Em 1837 a Universidade de Coimbra publica uma versão do *Mécanique Céleste* pela Imprensa da Universidade.

Como se vê, os livros adoptados para o ensino da astronomia na Faculdade de Matemática eram bastante actuais acompanhando o progresso científico além-fronteiras da própria disciplina, ao contrário do que se verificou com os compêndios das outras cadeiras da Faculdade que permaneceram os mesmos desde a sua adopção em 1773-1775. Estamos por isso em crer que os conhecimentos de matemática mais avançada que os alunos tinham necessidade para estudarem a mecânica celeste eram ministrados e obtidos na cadeira de Astronomia, pois o curso de Bezout ficava aquém do exigido para o ensino mais profundo destas matérias.

[46]Nas Oeuvres este 3º volume termina com um apêndice – *Supplément au Traité de Mécanique Céleste* –, que havia sido apresentado ao Bureau des Longitudes, em 17 de Agosto de 1808, e onde Laplace aperfeiçoa alguma teoria sobre as perturbações planetárias que havia tratado nos *'livros'* V e VI.

[47]Nas palavras de Gillispie o *livro* X, *«contains largely new material and marks the shifting of Laplace's interest , to problems of physics even as he was completing the fourth volume»* [C. Gillispie 2000, p.193].

12.2.2 A criação da Cadeira de Astronomia Prática (1801) e as aulas práticas no Observatório

No que concerne às aulas de astronomia (principalmente na sua componente prática) é evidente que o estabelecimento do OAUC (1799) traz também mudanças significativas. Antes de 1799 a componente prática da cadeira terá funcionado no Observatório Interino, e mesmo durante o intervalo de tempo de 1790 a 1799, correspondente ao período de construção do definitivo OAUC e que levou à demolição do provisório Observatório Interino, ou seja período durante o qual não há Observatório na Universidade, é aceitável pensar que o professor se reuniria com os alunos no Pátio da Universidade a fim de realizarem algumas observações de cariz didáctico – durante este período só 13 alunos frequentaram o quarto ano.

A partir de 1799 o ensino da astronomia sofre uma significativa mudança, cerca de 16 meses depois da entrada em funcionamento do OAUC procede-se a uma reforma curricular da disciplina do 4^{o} ano, deixando a disciplina de ser ensinada numa única cadeira e passando a sê-lo em duas. Pela Carta Régia de 1 de Abril de 1801 a primitiva cadeira de Astronomia é desdobrada em duas cadeiras autónomas: uma de Astronomia Teórica e outra de Astronomia Prática, cada uma com um professor respectivo [AUC IV-1^{a}E-8-3-4]. A justificação desta reforma é apresentada logo no preâmbulo do referido documento: *«visto que pela sua vastidão não podem ser compreendidos nas lições delas com a extensão e profundidade que convém»*. Imponham-se novos desafios à Faculdade e ao ensino que esta reforma, com a criação das cadeiras de Hidráulica e de Astronomia Prática, tenta resolver. A criação da primeira foi fortemente motivada, como vimos (cap. 8), pelos desafios que se colocavam com a obra do encanamento do Mondego para a qual o Governo havia solicitado parecer científico da Faculdade.

Enquanto a criação da cadeira de Astronomia Prática é, no nosso entender, uma consequência directa da própria criação do OAUC e da necessidade que se lhe impõe de começar a desenvolver uma sólida actividade científica, que passa por trabalhar *«assiduamente nas Observações mais apuradas e exactas, que possam contribuir para verificar e rectificar as Tábuas Astronómicas, e para adiantar e promover os conhecimentos da Geografia e da Navegação»*, calcular a *«Ephemeride Astronómica, a qual igualmente possa servir para uso da Navegação Portuguesa»* e cooperar com os trabalhos dos Observatórios mais acreditados na Europa[48]. Embora segundo o novo regulamento do OAUC as aulas práticas devessem decorrer de modo a não interferirem com a actividade principal dos astrónomos – *«Os ensaios de Observações, que para*

[48] *«mandar-se-á visitar os Observatórios onde a arte de observar estiver na maior perfeição, para tomar conhecimento do modo, com que neles se pratica, da qualidade dos seus instrumentos, e tudo o mais, que convier: deixando estabelecidas correspondências para se fazerem as observações da Universidade de acordo com as dos ditos Observatórios»* [C.R. de 4-12-1799].

demonstração das lições fizer o Lente de Astronomia aos seus discípulos, serão regulados de maneira, que os estudantes não concorram jamais em tempo e lugar com os Astrónomos e Ajudantes ocupados em Observações de importância» –, estando inclusive vedado aos alunos o uso de quaisquer instrumentos que não aqueles que para o efeito lhes estavam reservados[49]. Todavia, e este é um ponto interessante, os melhores alunos, sob supervisão, podiam participar nas actividades observacionais quotidianas do OAUC – *«Havendo porém alguns, que tenham já dados provas de habilidade especial para as Observações, e que saibam manejar os instrumentos com o resguardo, que convém, apresentá-los-á ao Director, para que sejam por ele admitidos na distribuição das Observações efectivas juntamente com os Ajudantes»* –, com o objectivo expresso de *«nesse exercício se habilitarem melhor para serem providos nos lugares, que vagarem»*. O que deixa antever por parte do legislador, i.e. de Monteiro da Rocha, uma preocupação com o futuro quadro de pessoal do OAUC. Parece-nos assim bastante razoável afirmar que a reforma curricular de 1801 da disciplina de Astronomia foi motivada e condicionada pela necessidade de se assegurar uma sólida actividade científica no OAUC. Pretendia-se que os poucos alunos que chegavam ao 4^o ano do curso adquirissem um sólido conhecimento e formação astronómica, para os empregar mais tarde, se isso fosse seu desejo, no trabalho teórico e prático do OAUC.

Ficava assim definido que na cadeira de Astronomia Teórica se faria o estudo da mecânica celeste, mencionando-se explicitamente o estudo dos *«últimos descobrimentos das desigualdades seculares»*, matéria fundamental para o suporte teórico das tabelas e efemérides astronómicas e que Laplace, como vimos, havia tratado no 2^o volume do seu *Mécanique Celeste* (1799), que a Faculdade adoptou, e que depois desenvolveria e aprofundaria no 3^o volume (1802):

> *«[O] Lente da primeira cadeira do 4^o ano será encarregado da Astronomia Física e Geométrica, que tratará com a profundidade, que convém; Levando os seus discípulos pelo fio da Análise até os últimos descobrimentos das desigualdades seculares»*.

Na cadeira de Astronomia Prática tratar-se-ia da teoria e uso dos instrumentos astronómicos, bem como dos cálculos e métodos das reduções das observações e especialmente *«do cálculo das Tábuas Astronómicas em todas as suas partes»*[50].

[49] Infelizmente ambos os inventários [OAUC Inventário 1810] e [OAUC Inventário 1824] não fornecem indicação sobre esses instrumentos destinados às aulas. Na *«casa da aula»* apenas elencam a existência do seguinte: *«A colecção das cartas Celestes de Bode encaixilhadas. Berlim»*; *«Duas esferas celestes, e terrestres. Construção de Adams para as lições diárias. Londres»* (mais à frente ao discriminarem os móveis existentes, referem as cartas de Bode da sala de aula como sendo: *«20 quadros nas parede com as constelações»*).

[50] *«[estudo da] Trigonometria Esférica com a prática dela, e do cálculo das Tábuas Astronómicas em*

No que diz respeito ao horário das aulas, a Carta Régia deixava-o à consideração do Reitor – *«tudo às horas, que vós para isso lhes ordenardes, tendo atenção à maior comodidade da instrução dos estudantes, de maneira que entre Lição e Lição lhes fique tempo arrazoado para o seu estudo»*[51].

No que diz respeito aos compêndios a mesma Carta Régia mandava que se fizessem *«[desde] logo suplementos aos Compêndios até agora adoptados, enquanto não se formarem outros mais completos ao nível dos conhecimentos actuais»*. Na Astronomia Teórica seria então usado o *Mecânica Celeste* de Laplace e na de Astronomia Prática continuaria a ser adoptado, cerca de 20 anos mais, o compêndio de Lacaille e de Lalande, só em 1823 se adoptará o compêndio de Biot.

No que diz respeito às aulas práticas e às observações e cálculos astronómicos que os alunos praticariam, não encontrámos, infelizmente, suporte documental que nos fornecesse qualquer tipo de informação. Porém, através de um conjunto de documentos que encontrámos no Brasil, tomámos conhecimento de alguns trabalhos e observações astronómicas que os alunos da Academia Real da Marinha efectuavam no Observatório da Marinha[52]. A Academia Real da Marinha, fundada em 1779, tinha como objectivo formar os futuros oficiais da Armada e para o efeito ministrava um curso de três anos, onde se ensinavam matérias de matemáticas puras e aplicadas, astronomia e náutica (trigonometria esférica, navegação teórica e prática). O Observatório Real da Marinha foi criado em 1798, *«destinado à prática de instrumentos de observação astronómica como meio de preparação dos futuros oficiais da Marinha»* [Estácio dos Reis 2009, p.30]. O referido conjunto de manuscritos releva todo um leque de exercícios e obser-

todas as suas partes, donde passará [o professor] à aplicação da construção e uso dos Instrumentos Astronómicos, e à prática das Observações pela gradação das mais fáceis para as mais dificultosas. E lhes ensinará o uso dos Instrumentos, fazendo muito por formá-los na precisão, e delicadeza escrupulosa, que distingue os Grandes Observadores úteis ao progresso da Astronomia.» [C.R. de 1-4-1801].

[51] Segundo parece reservou-se inicialmente o horário das 9:30-11:30h para a cadeira de Astronomia Prática e o das 15:30-17:30h para a de Astronomia Teórica, mas este seria mudado a pedido dos alunos: *«Representam a V. Exa. os Estudantes do 4º ano Matemático cujo número é composto de um representante e cinco voluntários que tendo duas aulas uma de Astronomia Prática que principia às nove horas e meia, e acaba às onze da manhã, e outra teórica desde as três e meia até às cinco da tarde devendo para cumprir qualquer delas fazerem uma séria aplicação para que o quantas muitas vezes não chega o tempo, gastando-se uma parte dele nas vindas e idas ao Real Observatório, lugar das mesmas Aulas, e sendo o meio mais próprio para evitar isto a mudança da Aula de Astronomia Teórica para as onze e meia da manhã, tempo em que finaliza a de Astronomia Prática; e como para isto obtiveram o consentimento do respectivo Lente, que atendendo à evidente comodidade dos seus Alunos anuiu dar a esta hora as suas Lições, e tem disto esta Aula, como modernamente criada não tem hora senão a que V. Ex.ª lhe apresar, por isso pede a V. Ex.ª se digne transferir a Aula de Astronomia Teórica para a hora em que finalizar a de Astronomia Prática [s.d.]»* [BGUC Ms. 2530, nº.36].

[52] Tratam-se de várias cartas remetidas por Pedro Mendonça de Moura a D. Rodrigo de Sousa Coutinho (ministro do Estado da Marinha e Domínios Ultramarinos) contendo o *«diário de exercícios práticos que se tiveram no Real Observatório da Marinha»* [ANB Códice 807 NP]. Entretanto tomámos conhecimento que o Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro os havia já publicado sob o título *«Memórias Astronómicas, Observatório da Marinha, 1778-1803»* [R IHGB 2002, n.416 pp.231-268])

vações astronómicas que certamente também se ministravam nas aulas da cadeira de Astronomia da Universidade de Coimbra, pois trata-se de observações e cálculos fundamentais a quem estudasse estas matérias, compreendendo: determinações da altura do Sol; determinação das suas ascensões rectas e declinações; cálculo de distâncias de estrelas ao Sol; alinhamento e ocultações de estrelas; determinação dos instantes de emersões e imersões dos eclipses dos satélites de Júpiter; determinação da latitude e longitude do observatório; rectificação de instrumentos e regulação das pêndulas.

12.3 A producção astronómica em Coimbra (1772-1820): objectivos e alcances da investigação

O ponto sétimo da C. R. de 1799 fixa com precisão o objectivo maior de toda a actividade científica do OAUC: a elaboração de efemérides astronómicas,

> *«Para o Meridiano do Observatório, e para uso dele (assim como se pratica nos mais célebres da Europa) se calculará a Ephemeride Astronómica, a qual igualmente possa servir para uso da Navegação Portugueza»* e que não será, *«reduzida e copiada do Almanach do Observatório de Greenwich, nem de outro algum, mas calculada imediatamente sobre as Taboas Astronómicas»*.

O mesmo documento estabelece que se deveria começar *«logo pelo trabalho da que há-de servir no ano de 1804 e depois dela nas dos seguintes»*, isentando qualquer licença futura na sua publicação pela Imprensa da Universidade: *«E tanto a Ephemeride, como as Colecções de Observações Astronómicas, Taboas, e Explicações dellas, sendo assinadas pelo Director, e com a licença do Reitor, serão impressas na Oficina da Universidade, como de ordem Minha, sem dependerem de outra licença.»*

O cálculo, a elaboração e a publicação das *'Ephemerides Astronomicas calculadas para o meridiano do Observatório Real da Universidade de Coimbra para uso do mesmo Observatório, e para uso da Navegação Portugueza'* serão o trabalho maior e a imagem de marca do OAUC durante todo o século XIX – *«Esta publicação continua com regularidade, e constitui a parte principal dos trabalhos de que o Observatório se tem ocupado até ao presente»* [Sousa Pinto 1878]. O primeiro volume foi publicado em 1803, pela Real Imprensa da Universidade, com as efemérides para o ano de 1804 e salvo dois períodos relativamente curtos em que a sua publicação esteve suspensa, as *'Ephemerides'* ainda eram publicadas no século XX. Para além das efemérides propriamente ditas são também publicados ainda em diversos volumes vários artigos científicos da autoria de José Monteiro da Rocha, bem como algumas observações astronómicas realizadas durante a primeira década de funcionamento do OAUC (para épocas posteriores não constam a publicação de observações).

O trabalho de cálculo das efemérides obrigava a um intenso trabalho teórico que articulado com as observações astronómicas exigiam um enorme esforço de computação, cabendo ao Director dirigir toda essa actividade, começando pelo programa observacional – *«Para tudo se fazer com ordem, o Director no fim de cada mês distribuirá pelos Astrónomos e Ajudantes as Observações, que deverão fazer-se no mês seguinte, e mandará pelo Guarda avisar a cada um das que lhe são encarregadas»* –, e acabando na distribuição do cálculo pelos vários astrónomos – *«o Director distribuirá o Cálculo dos diferentes artigos da dita Efeméride pelos Astrónomos e Ajudante do Observatório»*.

A vastidão dos fenómenos astronómicos é enorme e o seu estudo exaustivo uma exigência nos programas observacionais dos Observatórios e dos seus astrónomos [Darquier 1786, p.94]. O regulamento de 1799 especifica bem o programa observacional do OAUC:

> *«As Observações diárias que se hão-de fazer, são: as passagens dos Planetas e das Estrelas pelo Meridiano, e as suas alturas; [...]. Além disto se observarão indefectivelmente todos os Eclipses do Sol, da Lua, dos Satélites, ocultações das Estrelas, e todos os fenómenos dos movimentos celestes.»*[53]

A Lua era um dos astros a merecer atenção diária, desde a observação das suas manchas para o estudo e determinação da libração e da posição do equador lunar, bem como aquando de eclipses o registo da progressão da penumbra. As conjugações da Lua com as estrelas e as ocultações destas forneciam ocasiões continuadas de determinação das longitudes e serviam fundamentalmente para o aperfeiçoamento das tabelas da Lua (Darquier, por exemplo, observa durante 18 anos no seu observatório de Toulouse a posição da Lua com o objectivo de melhorar as tabelas lunares e facilitar a determinação astronómica das longitudes geográficas).

A observação do Sol também merecia atenção. As alturas solsticiais do Sol serviam para determinar as variações na obliquidade da eclíptica; as suas alturas meridianas para determinar as refracções e o instante da sua passagem pelos equinócios; a determinação das diferenças das suas ascensões rectas com as estrelas, quando estas passavam pelos seus paralelos, era fundamental para a determinação das suas longitudes e para a elaboração de catálogos estelares e rectificação das tabelas do Sol. A observação das

[53] A C. R. de 4-12-1799 vem por assim dizer precisar o que os Estatutos em 1772 já haviam previamente estipulado: *«os Professores trabalhem com assiduidade em fazer todas as observações [mais apuradas e exactas], que são são necessárias para se fixarem as Longitudes Geográficas; e rectificarem os Elementos fundamentais da mesma Astronomia»* [Estatutos 1772, v.3 p.213]

manchas solares eram fundamentais para o estudo da sua rotação e os eclipses solares para a determinação dos diâmetros aparentes da Lua e do Sol.

Os eclipses do Sol e da Lua são fenómenos importantíssimos para o estabelecimento das leis da mecânica celeste, principalmente no que diz respeito à previsão e precisão teórica das tabelas do Sol e da Lua. Monteiro da Rocha irá publicar nas *Ephemerides Astronómicas* um método de cálculo para a determinação de eclipses solares e lunares, bem como de trânsitos (veja-se o capítulo 17).

Na observação dos planetas e das suas passagens meridianas havia uma vasta série de estudos a realizar: as passagens dos planetas pelos seus nodos forneciam um meio de determinar as inclinações das suas órbitas, tal como as passagens pelas suas apsides serviam para determinar as excentricidades das mesmas. A observação de Júpiter e dos seus satélites era importantíssima permitindo o aperfeiçoamento da teoria dos seus movimentos orbitais e o consequente aperfeiçoamento das suas efemérides essenciais na determinação das longitudes geográficas (o problema da determinação da longitude será tratado no nosso capítulo 16). A observação do planeta Saturno e dos seus anéis também merecia a atenção dos astrónomos, como também a mereciam as conjugações dos planetas e das estrelas fixas, fundamentais para a determinação das suas paralaxes.

No que diz respeito às estrelas, as observações sistemáticas das suas posições eram vitais para o estudo dos seus movimentos próprios e para o aperfeiçoamento dos catálogos estelares. Outro foco de interesse era o estudo das estrelas variáveis. A observação da estrela Lira merece menção específica no programa científico do OAUC, pois a sua passagem pelo meridiano do observatório fazia-se perto do zénite, o que permitia estudar dois fenómenos muito importantes e que na época preocupavam grandemente os astrónomos: a aberração e a paralaxe estelar – *«verificar a aberração da luz, e para ver se na dita Estrela se descobre alguma coisa de paralaxe anua sensível.»*[54]

A observação de todos os fenómenos celestes compreendia também o estudo dos cometas e o estudo das nebulosas, cuja respectiva catalogação (ainda incompleta) era segundo Lalande um trabalho extremamente necessário [Lalande 1771, v.3 p.82].

Apesar de ser obrigatório um registo *«diário rubricado pelo Director»* das observações efectuadas pelos astrónomos do OAUC, que depois de coligidas e reduzidas (i. é depois de calculadas as refracções, paralaxes e erros instrumentais) seriam publicadas em *«Colecções Gerais das Observações»*, somente encontrámos 2 pequenos cadernos manuscritos (com a maior parte das respectivas páginas em branco) onde estão registadas algumas observações efectuadas no OAUC entre os anos de 1806 e 1808[55].

[54] A medição da paralaxe estelar só foi conseguida no século XIX quando o aperfeiçoamento técnico instrumental o possibilitou, devendo-se a Friederich Bessel (1784-1846), Wilhelm Struve (1793-1864) e Thomas Henderson (1798-1844), nos anos 1838-39, os primeiros resultados observacionais.

[55] Estes dois cadernos encontram-se na secção de reservados da biblioteca do OAUC, são eles: *«Casa da Meridiana filar, 1806 [com observações referentes aos anos: 07-1806 a 12-1808; 09-1819 a 02-1822;*

Nesses cadernos anotaram-se imersões e emersões dos satélites de Júpiter; ocultação de estrelas pela Lua; observações do Sol e de um eclipse solar (a título de curiosidade diga-se que no observatório de Greenwich sob a direcção de Maskelyne (1765-1811) as observações dos trânsitos de estrelas e suas ocultações pelo disco lunar correspondiam a cerca de 80% de toda a actividade observacional [M. Croarken 2003, p.290]).

As *'Colecções'* não chegaram, tanto quanto nos foi possível investigar, a ser publicadas. Os únicos registos impressos que se conhecem de observações efectuadas no OAUC são as que os foram publicadas nos volumes III, IV, V, VI e VIII das *'Ephemerides Astronómicas'* e dizem respeito a observações realizadas nos anos 1802, 1804, 1805, 1806, 1807, 1808[56]:

[EAOAUC (1806) 1805]: observações feitas em 1802: emersões do 1^o satélite de Júpiter (Março); ocultações de Júpiter pela Lua (Janeiro e Abril); ocultações das estrelas pela Lua (Abril, Julho, Outubro e Dezembro). Observações feitas em 1804: eclipses dos satélites de Júpiter (8 e 16 de Fevereiro); imersões do 1^o satélite de Júpiter (18, 25, 26 de Fevereiro); emersão do 1^o satélite de Júpiter (26 Fevereiro, 29 Maio); imersão do 2^o satélite de Júpiter (5 Abril; 29 Maio); imersão do 3^o satélite de Júpiter (16 e 20 de Abril); emersão do 2^o satélite de Júpiter (12 Junho, e também nos meses de Julho e Agosto); ocultações de estrelas pela Lua (22 de Fevereiro e Setembro).

[EAOAUC (1807) 1806]: observações feitas em 1805: ocultações de estrelas pela Lua; emersões e imersões do 1^o, 2^o e 3^{o}s satélites de Júpiter.

[EAOAUC (1808-09) 1807]: observações feitas em 1806: observações da Lua; emersões e imersões dos satélites de Júpiter; eclipse de Sol (16-Jun-1806).

[EAOAUC (1810) 1808]: observações feitas em 1807: observações da Lua; imersões dos satélites de Júpiter; eclipse do Sol (28-11-1807).

[EAOAUC (1812) 1811]: observações feitas em 1808 (tem escrito por lapso 1806): observações da Lua; imersões dos satélites de Júpiter

Esta informação é complementada com a indicação dos respectivos observadores: António José de Araújo Santa Barbara (2^o astrónomo); Joaquim Maria de Andrade

06-1826 a 03-1828; 01-07-1827 a 29-08-1827; 15-03-1858 eclipse; 18-07-1860 eclipse do Sol]» e *«Casa do Instrumento de Passagens, 1805 [com observações referentes aos anos: 1805-1806; 13-09-1813 a 1823 e 1839]»*.

[56] A publicação nas *'Ephemerides Astronomicas'* de algumas observações estava prevista no ponto 8 do regulamento do OAUC: *«publicando também nestes volumes [das Efemérides] as Observações, que exigirem publicação mais pronta, sem esperarem pela impressão das Colecções Gerais das Observações»* [C.R. de 4 de Dezembro de 1799].

(3^o astrónomo); António Honorato de Caria e Moura (1^o ajudante); Agostinho José Pinto de Almeida (2^o astrónomo); Fr. Luís do Coração de Maria (3^o ajudante); Fr. Sebastião Corvo de S. Vicente (4^o ajudante) e Francisco José Miranda (Guarda do Observatório); e com os respectivos instrumentos usados: *'acromáticos $2\frac{1}{2}$ pés de foco, e que ampliam 60×'*; *'acromático $3\frac{1}{2}$ pés de foco, 50×'*; *'acromático de $3\frac{1}{2}$ pés de foco, 80×'*; *'acromático de 4 pés de foco, 100×'*; *'gregoriano de $2\frac{1}{2}$ pés de foco, 300×'*.

Sobre a actividade observacional do OAUC escreveria Balbi em 1822: *«Ces observations correspondent à celles des établissements de ce genre les plus célèbres de l'Europe»* [A. Balbi 1822, v.2 p.49].

- **O quadro de pessoal do OAUC**

Se inicialmente pelos Estatutos de 1772 o Observatório Astronómico era considerado um estabelecimento científico com *«subordinação à Congregação Mathematica; e à Congregação Geral das Sciencias em superior instância»*, posterior legislação vem alterar esta disposição provocando mudanças na relação hierárquica com a Faculdade e mesmo com a Universidade. Pelos Estatutos de 1772 o pessoal do Observatório seria constituído pelo Professor da cadeira de Astronomia e por um Guarda, cabendo ao Professor *«perpetuamente a intendência sobre o Observatório»*, tendo este que regularmente prestar contas à Congregação da Faculdade sobre a actividade e as necessidades materiais do mesmo Observatório [Estatutos 1772, v.3 p.215]. O Guarda, nomeado pelo Reitor *«com o Conselho da Congregação»*, teria como funções a limpeza dos instrumentos e a *«boa ordem, e cautela [em] tudo o que respeitar ao mesmo Observatório»*.

A Carta Régia de 4 de Abril de 1795 introduz a figura de Director do Observatório, nomeando José Monteiro da Rocha *«Director Perpétuo da referida Faculdade, e do Observatório Astronómico»*. Pela mesma C. R. caber-lhe-á a responsabilidade da elaboração e redacção do futuro Regulamento do Observatório que definirá e enquadrará o seu estatuto funcional – note-se que no que dizia respeito ao *«Regimento particular, em que se dêem as providências convenientes para a sua guarda, manutenção, limpeza, e serviço»* os Estatutos, tal como o reitor salientara já em 1777 [Francisco de Lemos 1777, pp.127-128], eram omissos.

O Regulamento do OAUC, redigido por Monteiro da Rocha, é então estabelecido pela Carta Régia de 4 de Dezembro de 1799, prevendo que o Observatório seja constituído por: *«um Director; dois Astrónomos; quatro Ajudantes; um Guarda; um Praticante de Guarda e um Porteiro»*, aumentando assim consideravelmente o quadro de pessoal que de 2 passa a 10 pessoas. Todo este pessoal seria nomeado pelo Governo por proposta do Reitor, com excepção dos 2 Astrónomos que eram professores da

Faculdade e por isso mesmo definidos pela Congregação de Matemática aquando da distribuição do serviço docente,

> *«O primeiro Astrónomo será o Lente que tiver exercício na Cadeira de Astronomia, e o seu Substituto será o segundo: Substituição, que daqui por diante será fixa na pessoa, que Eu for servido despachar nela, ficando os outros dois Substitutos adidos à Substituição das Cadeiras de Geometria, Calculo e Foronomia. Quando suceder acharem-se simultaneamente impedidos o Lente de Astronomia e o seu Substituto, então servirá um dos outros Substitutos Lentes, ainda que falte à substituição das outras Cadeiras que nesse caso serão providas por substitutos extraordinários.»* [C.R. de 4-12-1799]

O cargo de Director seria ocupado por *«um lente Jubilado, de cujo zelo, actividade e conhecimentos se possa bem confiar o progresso deste importante estabelecimento»*, ressalvando que seria de imediato provido nas funções de Director quem *«se acha já despachado neste lugar»*, ou seja o próprio José Monteiro da Rocha[57].

Mais tarde em 1801 aquando da reforma curricular da cadeira de Astronomia o lugar de 1^o astrónomo ficará atribuído ao professor de Astronomia Prática – *«a cujo Professor andará sempre anexo o lugar de primeiro Astrónomo do Observatório; assim como o lugar de segundo Astrónomo ao Substituto fixo das duas cadeiras de Astronomia»* –, ficando o professor da cadeira de Astronomia Teórica sem lugar e estatuto no OAUC. Esta situação algo problemática vê-se resolvida pela Carta Régia de 5 de Março de 1805 com a criação de mais um lugar, o de 3^o Astrónomo, no quadro de pessoal:

> *«hei por bem ordenar, que o Lente de Astronomia Teórica tenha também de aqui por diante o lugar de Astrónomo do Observatório, adido ao serviço dele [...]. E dos dois lentes (De Astronomia Prática e Teórica) o mais antigo será sempre o primeiro Astrónomo, e o mais moderno o segundo, ficando em terceiro lugar o Substituto das ditas cadeiras [C.R. 5 de Março de 1805]»* [José Maria de Abreu 1851, p.68].

A tabela seguinte mostra o quadro de pessoal do OAUC (o vencimento no caso dos professores é um acréscimo ao seu vencimento de docente da Faculdade),

[57] Segundo o Regulamento, no limite os futuros Directores poderiam ser nomeado de entre um qualquer lente jubilado de qualquer Faculdade da Universidade que não necessariamente a de Matemática, desde que se lhe reconhecesse *«zelo, actividade e conhecimentos»* para se lhe *«confiar o progresso deste importante estabelecimento»*.

Cargo	#	vencimento anual (mil reis)
Director	1	400
Astrónomos	3 (1^o, 2^o e 3^o Astrónomos)	200, 200, 100
Ajudantes	4	240
Guarda	1	300
Praticante de Guarda	1	150
Porteiro	1	120
TOTAL	11	2430

O facto do cargo de Director, dos Ajudantes[58] do pessoal menor serem feitos por nomeação Real sem que a Congregação da Faculdade tivesse nisso alguma responsabilidade reflecte o carácter de Observatório nacional que se queria acima de tudo para o OAUC. Porém o carácter de Observatório de ensino universitário também está patente no facto da nomeação dos Astrónomos ser feita via Faculdade, circunstância que poderia colocar a direcção do OAUC em situação delicada pois o papel da direcção interina, na ausência total ou parcial do Director, estava pela Carta Régia de 1799 reservado ao primeiro astrónomo, i.e. a um lente da Faculdade de Matemática[59].

Na realidade estas várias leis introduziriam *nuances*, por vezes não muito claras, na relação entre a Faculdade de Matemática e a direcção do OAUC com implicações e consequências futuras tanto ao nível da investigação realizada como ao nível do ensino da astronomia ministrado no OAUC, nomeadamente no estabelecimento dos estudos astrofísicos a partir da década de 1870 (a este propósito veja-se [Victor Bonifácio 2009, pp.163-224])[60].

12.3.1 Os ecos além-fronteiras da actividade científica do OAUC

Foi graças à estreita colaboração, no Observatório de Paris, de Manuel Pedro de Melo (1765-1833) com Delambre que as *Ephemerides Astronomicas* do OAUC viram publicadas no *Connaissance des Temps* as críticas estrangeiras mais objectivas e aprofundadas. As *Ephemerides do OAUC* são apresentadas pela primeira vez por Delambre ao Bureau des Longitudes em 8 de Junho de 1804,

> *«Le Bureau reçoit les éphémérides de Coimbre par M. Monteiro, dans lesquelles il y a des tables pour trouver les longitudes en mer, des tables*

[58] *«[n]os quatro lugares de Ajudantes [...] serão providos Doutores, ou Bacharéis Formados, que derem provas de talento e idoneidade para isso»* [C.R. 4 Dezembro de 1799].

[59] *«O Primeiro Astrónomo fará as vezes de Director nos seus impedimentos; e nas vacaturas e nas faltas de ambos as fará o Segundo.»* [C.R. 4 Dezembro de 1799].

[60] Sobre as várias leis e decretos que ao longo do século XIX foram estabelecidas para o OAUC consulte-se [AUC Cx. IV-2^oE-10-4-25].

de la planète de Mars, des distances de la lune à Jupiter, Mars et Vénus. [Procès-verbal de la 614e assemblée du Bureau des Longitudes, le 19 prairial an XII (8 Junho 1804)» [Bureau des Longitudes][61].

Delambre publica 4 recensões no *Connaissance de Temps*: [CTT (1808) 1806, pp.454-457], [CDT (1809) 1807, pp.459-483] e [CDT (1810) 1808 pp.471-475][62]. As duas primeiras referências dizem respeito a recensões dos primeiros 4 volumes, detendo-se com especial atenção, no *Connaissance des Temps* para 1809, na memória do cálculo dos eclipses publicado sumariamente no 1^o volume e depois demonstrado e ampliado no 4^o volume[63]. Delambre elogia as inovações introduzidas por Monteiro da Rocha no cálculo e organização das efemérides, bem como as várias tabelas auxiliares publicadas nos dois primeiros volumes e que se destinavam a facilitar os cálculos.

No *Connaissance des Temps* para 1810 Delambre analisa as 4 memórias que Monteiro da Rocha já havia publicado em alguns volumes das Ephemerides do OAUC e que Manuel Pedro de Melo julgou *«avec beaucoup de raison»* [CDT (1810) 1808 p.471] serem dignas de se traduzirem para francês [Monteiro da Rocha 1808][64]. Mais tarde Delambre incorpora alguns dos resultados obtidos por Monteiro da Rocha sobre o retículo romboidal (um dos trabalhos traduzidos) no seu tratado de astronomia

[61] *«Tenho a honra de oferecer ao Instituto de França em nome do Sr. Monteiro da Rocha a Efeméride do Real Observatório da Universidade de Coimbra. Não me atreveria a entreter a classe com uma obra deste género, se a Efeméride da Universidade de Coimbra não fosse inteiramente distinta de todas quantas aparecem com este título, e a mais rica em mudanças úteis, e em memórias acerca de pontos mais delicados em Astronomia»*, Delambre citado em [A. Teixeira 1889-90, p.90]. Nos arquivos encontram-se mais as seguintes referências à publicação do OAUC: *«On reçoit les éphémérides de Coimbre pour 1805. M. Delambre rend compte des additions de ce volume [Procès-verbal de la 647e assemblée du Bureau des longitudes, 12 pluviôse an XIII (1 Fevereiro 1805)]»*; – *«M. Delambre donne le détail par écrit des augmentations que M. Monteiro a mises dans les éphémérides de Coimbre pour 1805 [Procès-verbal de la 648e assemblée du Bureau des longitudes, le 19 pluviôse an XIII (8 fevereiro 1805)]»*; – *«M. Delambre annonce qu'il a reçu les éphémérides de Vienne, Coimbre pour 1808, et celles de Berlin pour 1807 et 1808. Il en rend un compte succinct et promet d'en rendre un compte plus détaillé dans une autre séance [Procès-verbal de la 708e assemblée du Bureau des longitudes, du samedi 12 avril 1806»*; – *«On lit la liste des astronomes auxquels on enverra la Connaissance des tems. Elle est composée de tous les noms des associés étrangers de l'Institut, des correspondants astronomes en pays étrangers, c'est-à-dire de MM. Melanderhielm, Van Swinden, Cagnoli, Gauss, Piazzi, Humboldt, Oriani, Zach, Olbers, Harding, Bürg, Svanberg, Mendoza, Monteiro, Du Chaila, Chevalier. On se réserve d'y apporter ceux qui pourraient avoir été oubliés [Procès-verbal du 26 septembre 1806]»*; – *«M. Delambre rend un compte verbal du contenu des éphémérides de Coimbre [Procès-verbal du Séance du 6 février 1807]»* [Bureau des Longitudes]. E depois só muito mais tarde em 1834 Coimbra volta ser mencionado: *«Le Bureau reçoit un essai de trigonométrie sphérique par M. d'Audrade, professeur à Coimbre [Procès-verbal du Séance du 12 mars 1834]»*.

[62] Alguns dos elogios estrangeiros já haviam sido elencados em: [Castro Freire 1872, p.96], [A. Teixeira 1889-90, p.90] e [Valter Roque 2003, pp.118-121].

[63] *«M. Delambre rend un compte verbal du contenu des éphémérides de Coimbre et principalement du grand mémoire sur les éclipses par M. de Monteiro [Procès-verbal du Séance du 6 février 1807]»* [Bureau des Longitudes].

[64] Numa carta (6 de Fevereiro de 1808) para Francisco de Lemos, Monteiro da Rocha informa que Manuel Pedro de Melo se encontrava nesta altura em Paris ultimando a tradução das memórias [Teófilo Braga 1898-1902, v.4 p.284].

[Delambre1814, v.1 pp.114, 439].

O enciclopedista A. Millin, em 1805, refere as inovações apresentadas nas *Ephemerides do OAUC*, destacando o facto das tabelas das distâncias lunares apresentarem não só as usuais distâncias aos Sol e às estrelas mas também aos planetas [A. Millin 1805, v.1 p.247]. Millin refere-se ainda às *«nouvelles tables de Mars»* publicadas no 1º volume. Estas tabelas já haviam sido referenciadas por Lalande no seu *Bibliographie Astronomique* [Lalande 1803, pp.871-872][65] e sê-lo-iam também mais tarde pelo astrónomo alemão Bernhard August von Lindenau (1780-1854) [Lindenau 1811, p.3]. Nos anos 20 Balbi ao compará-las com outras efemérides estrangeiras escreve:

> *«Ces éphémérides [...] bien loin d´être, comme l'a dit certain voyageur, une réduction ou une copie de l'Almanach de l'Observatoire de Greenwich, son au contraire calculées immédiatement sur les tables astronomiques [...], la disposition ingénieuse de se nombreux articles, les nouvelles méthodes qu'ils présente pour le calcul des longitudes sur mer et pour celui des éclipses, aussi bien que plusieurs autres méthodes particulières pour la formation et la vérification de plusieurs sujets astronomiques, ont donné à cet ouvrage une juste supériorité sur la plupart de ceux du même genre, et ont mérité à ses savants auteurs l'estime des mathématiciens les plus distingués de l'Europe, qui ont eu occasion de le voir et de l'examiner»* [A. Balbi 1822, v.2 p.xl].

Algumas das novidades que as efemérides de Coimbra haviam introduzido desde o 1º volume são mais tarde adoptadas no *Nautical Almanac* inglês – uso do tempo médio; a medida de 360º e não a comum medida dos signos e distâncias lunares aos planetas [NA (1834) 1833] –, e elogiadas nos finais do século XIX por Abel Souchon (1843-1906) no seu livro de astronomia, *Traité d'Astronomie Pratique, comprenant l'exposition du calcul des Éphémérides Astronomiques et Nautiques* (Paris, 1883) [Souchon 1883, p.xxii]. A propósito destas novidades escreveria Filipe Folque, em 1832,

> *«Contudo não devemos ocultar para crédito, e glória do nome Português, que só a Efeméride de Coimbra foi a única, que, não se servindo de elemento algum calculado nas Efemérides estrangeiras, teve logo desde o seu inicio maior cópia de elementos astronómicos, onde se viram muitas novidades, grandes aperfeiçoamentos, suma perfeição, e donde as Efemérides estrangeiras tem tirado alguns dos seus melhoramentos [...] não posso*

[65] Esta referência era erradamente atribuída como tendo sido feita por Lalande no seu *Astronomie* – *«Astronomia de Lalande, pág.881 art.11.- esta referência não se confirmou. Em alguns livros a referência é: pág. 871 art.11 - também não se confirmou. Parece-nos pois errada esta referência».* [Valter Roque 2003, p.118].

> *deixar de me encher de um nobre orgulho, e de tributar com maior entusiasmo, e respeito as devidas homenagens a seu Director o Sábio Astrónomo Português o senhor Doutor José Monteiro da Rocha, cujo zelo, e luzes tanto contribuíram para os progressos das Ciências em Portugal»* [Filipe Folque 1832, pp.iii-iv].

As Ephemerides do OAUC também não passam despercebidas a von Zach que as refere (quando só ainda havia saído o 1^o volume) no seu *Monatliche Correspondenz* [von Zach 1805, pp.446-455][66],

> *«A publicação de uma Obra (diz o Jornal Alemão), que oferece uma prova irrefragável do vivo zelo por esta sublime Ciência, e dos grandes progressos, que ela faz em Portugal, deve encher de júbilo a todos os conhecedores da Astronomia»* [Jornal de Coimbra 1815, v.8 n.XLI p.236].

Acrescentando ainda,

> *«Estas Ephemerides distinguem-se proveitosamente das outras por vários Problemas e resoluções muito úteis, que se acham no fim sobre o cálculo da Diferença das Longitudes de dois lugares [. . .] terminam estas muito completas Ephemerides, cuja boa continuação desejamos para bem das Ciências»* [Jornal Coimbra 1815, v.8 n.XLI p.238].

É dado algum realce ao facto das Ephemerides do OAUC possuírem uma característica mais astronómica que as suas congéneres europeias, revelada por exemplo na introdução que fazem dos números *'subsidiários A e B'*, resultantes, como veremos, de uma nova abordagem usada nas interpolações dos lugares da Lua para valores não tabelados.

[66] Esta recensão vem descrita no Jornal de Coimbra [Jornal Coimbra 1815, v.8 n.XLI pp.236-240] e ao que parece não terá sido escrita por von Zach (desconhece-se o verdadeiro autor). O Monatliche Correspondenz já havia em 1801 dado notícias de Portugal (e da actividade de Monteiro da Rocha), em: [Araújo de Azevedo 1801] e [von Zach 1801]. A primeira referência diz respeito a um texto – *«Nachrichten aus Portugal»* – escrito por António de Araújo de Azevedo, Conde da Barca (1754-1817), que se havia tornado amigo de von Zach [Abel Rodrigues 2006, p.85].

Capítulo 13

AS *'Ephemerides Astronomicas do Real Observatório da Universidade de Coimbra'*

«Les Ephemerides et les observations astronomiques de Coimbre sont estimées de toute l'Europe», J. Pinkerton (1827)

«As memórias do Sr. Monteiro da Rocha, que são um monumento glorioso para o seu auctor e para a Universidade», Rodrigo R. de Sousa Pinto (1849).

«A sua concepção foi tão originalmente prática e as suas explanações tão preciosas e claras, sob o ponto de vista matemático, que rapidamente adquiriram grande fama, sendo largamente usadas na navegação. E desta forma as Efemérides conquistaram para o Real Observatório Astronómico de Coimbra, a justa consideração e nomeada que tem perdurado até aos nossos dias», José António Madeira (1933).

13.1 Introdução

No dicionário Morais da língua portuguesa podemos ler a seguinte definição de 'efemérides':

> *«Diário, livro, notícias ou agenda em que se mencionam factos memoráveis de cada dia em diferentes épocas; obra que enumera os acontecimentos sujeitos a cálculo e a previsão durante todo o ano; título dado na*

Antiguidade às obras em que se narra dia por dia a vida de uma personagem.» [Morais Silva 1994, v.2 p.352]

No âmbito que nos interessa, o astronómico, o dicionário elucida, são *«Tábuas astronómicas anuais em que está calculada dia a dia a posição de todos os planetas»*. Efectivamente as efemérides astronómicas são tabelas com as posições não só dos planetas mas de vários outros astros, como por exemplo do Sol, da Lua e das estrelas que diariamente e ao longo de um certo intervalo de tempo (geralmente um ano) se podem observar[1].

É no século XVIII que as efemérides astronómicas, alicerçadas tanto no plano teórico por uma série de ferramentas matemáticas, como no plano observacional por uma melhoria significativa da qualidade técnica dos instrumentos que permitem realizar observações cada vez mais precisas, se tornam uma fonte de dados astronómicos indispensável, não só ao astrónomo mas também, muito especialmente, ao marinheiro que com elas não mais se perderá no alto mar! Pois com elas poderá, mais ou menos facilmente, determinar a longitude da sua rota.

13.2 Breve introdução aos problemas astronómicos enfrentados pelos astrónomos e navegadores do século XVIII

Para se localizar um lugar na superfície da Terra basta conhecer a sua latitude e longitude. A latitude é ângulo ao centro da Terra (supondo-a esférica) entre um ponto do equador terrestre (círculo máximo que serve de referência) e outro ponto situado num determinado paralelo; também pode ser definida como o ângulo entre a vertical do lugar (isto é, a direcção do fio-de-prumo) e o plano do equador (a latitude geográfica varia entre 0° e 90° Norte e 0° e 90° Sul). Desde os tempos clássicos a determinação da latitude não oferecia grandes dificuldades, sendo determinada facilmente no hemisfério norte pela altura da estrela polar (no século XVI a latitude era também apelidada por

[1] Convém aqui, e desde já, precisar a distinção que existe entre 'efemérides' e 'tabelas astronómicas', ou 'tábuas astronómicas' (*«Taboas Astronómicas»*). As *Tábuas Astronómicas* são tabelas onde estão calculados os movimentos (e consequentemente as posições) dos planetas e de outros astros – *«Les Tables [astronomiques] ne sont que des moyens d'abréger des calculs qui sans cela seraient d'une prolixité extreme»*, Lalande citado em [Montucla 1799-1802, v.4 p.301]. É a partir destas *tábuas* fundamentais que os astrónomos calculam outras tabelas, com as posições dos planetas e outros astros para um determinado local (meridiano do observatório) durante os vários dias e meses do ano, as chamadas efemérides astronómicas, *«C'est à l'aide de ces Tables fondamentales, relatives aux principaux corps du système solaire, que l'on peut composer des Ephémérides, faisant connaitre jour par jour et longtemps à l'avance la position des astres dans le ciel, ainsi que toutes les circonstances des phénomènes qui peuvent le plus intéresser les astronomes et les navigateurs»* [Souchon 1883, p.ix] (veja-se também [Newhall 1997]).

isso de altura do pólo)[2]. Para além da altura da Polar, também se pode determinar a latitude de um lugar pela altura do Sol ao meio-dia na sua passagem meridiana, através de um cálculo relativamente simples que usa o valor da sua declinação obtido nas efemérides (sobre os vários métodos de determinação da latitude veja-se por exemplo [Francoeur 1830, pp.195-236]).

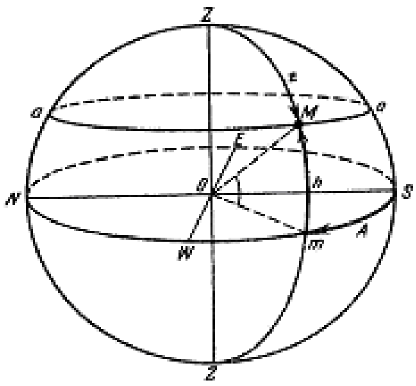
A longitude define-se como a diferença horária entre dois meridianos (círculos máximos que passam pelos pólos da Terra), o de referência (que a partir do século XIX passou a ser o meridiano de Greenwich) e o meridiano do lugar. Dois observadores que registem uma diferença horária na passagem do Sol pelo zénite do respectivo meridiano de 1 hora têm entre si uma diferença de longitude de 15° ($360°/24h = 15°/h$) – esta coordenada varia entre 0° e 180° Este e 0° e 180° Oeste. A determinação da longitude prende-se assim com a questão de determinar a diferença horária entre dois locais, problema que hoje facilmente se resolve com um simples relógio de pulso mas que até ao século XVIII foi um dos maiores problemas científicos e técnicos (veja-se o capítulo seguinte). Vários métodos astronómicos foram sendo sugeridos de modo a possibilitar a um observador o conhecimento da hora local do meridiano de referência no mesmo instante em que ele mesmo observava, nos céus, determinado acontecimento astronómico, por exemplo: a passagem do Sol ou da Lua pelo meridiano; a medição da altura de um determinado astro; a medição das alturas correspondentes de um astro antes e depois da sua passagem meridiana; a observação de eclipses lunares, ou de eclipses dos satélites de Júpiter; ou ainda o instante em que se observavam certas distâncias da Lua ao Sol, ou a determinadas estrelas (as chamadas distâncias lunares). A grande dificuldade estava então em saber com precisão a hora em que estes acontecimentos se dariam/observariam no meridiano de referência e no século XVIII os desenvolvimentos surpreendentes da mecânica celeste permitiram aos astrónomos e matemáticos elaborarem tabelas de efemérides astronómicas capazes de enfrentarem com uma precisão nunca antes conseguida esta questão.

Qualquer que seja o local da Terra onde nos encontramos parece-nos sempre que todos os corpos celestes se encontram situados no interior da superfície de uma calote esférica a que chamamos céu. Para referenciarmos um astro no céu podemos fazê-lo usando vários sistemas de coordenadas.

No sistema de coordenadas local, sistema horizontal, que tem por origem o observador, a altura aparente de um astro é um ângulo h medido desde o horizonte, o plano principal deste sistema; e o seu azimute (A) o que corresponde ao ângulo SOm

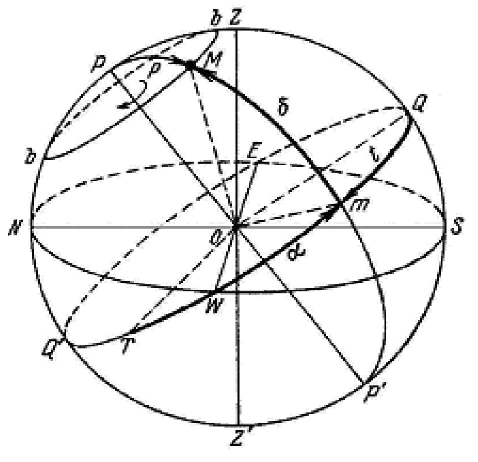
[2] Mas, para sermos mais rigorosos, como a Terra não é perfeitamente esférica, é achatada nos pólos, a determinação da latitude pela altura da Polar tem que ter em conta a necessária correcção da própria variação do raio terrestre. Sobre a história dos trabalhos geodésicos e astronómicos efectuados no século XVIII em torno da questão da forma da Terra, veja-se [S. Chapin 1995].

(veja-se a figura[3])



sistema de coordenadas local.

Podemos ainda considerar um outro sistema de coordenadas, o sistema equatorial, que tem o equador celeste (QQ') por plano principal. Define-se declinação (δ ou *dec.*) do astro, como o arco (mM) do círculo horário ($PmmP'$) e ângulo horário (t) como o arco celeste (Qm) compreendido entre o ponto superior (Q) do equador celeste e o circulo horário ($PMmP'$). A outra coordenada, a ascensão recta (α ou *a.r.*) é definida pelo arco (γm), compreendido entre o ponto vernal (γ) e o círculo horário que passa pelo astro considerado.



sistema de coordenadas equatorial.

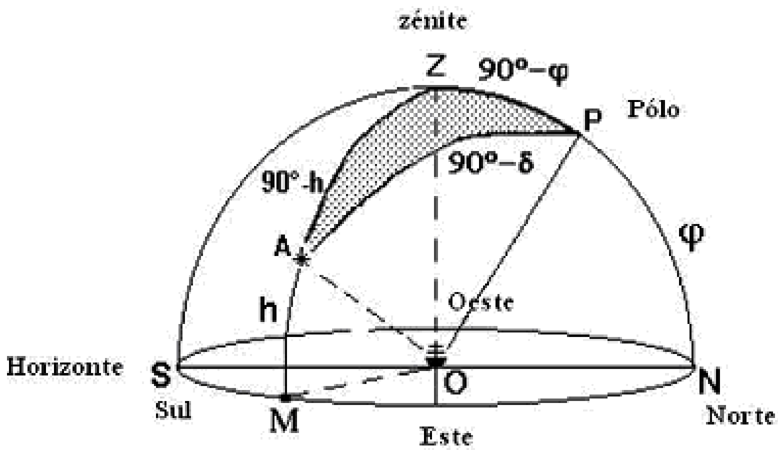
As coordenadas horizontais z, h e A e o ângulo horário t variam continuamente devido à rotação diária da esfera celeste, pois são calculados a partir de pontos fixos que não fazem parte desta rotação; ao contrário das coordenadas equatoriais *dec.* e $a.r.$ que não variam, pois são contados a partir de pontos que participam eles mesmos

[3] As figuras que usamos são adaptadas de [Baculin et al. 1988].

nessa rotação e por conseguinte a posição do astro em relação a esses pontos mantém-se constante.

Há ainda um outro sistema de coordenadas, o sistema de coordenadas eclípticas, cujo plano principal é o plano da eclíptica. Nele definimos a latitude (β) e longitude (λ) eclípticas, como: o ângulo ao centro entre o plano da eclíptica e a direcção do astro e o arco entre a direcção do ponto vernal e o plano do círculo de latitude que passa pelo astro, respectivamente.

Voltando aos sistemas de coordenadas local e equatorial, com eles podemos definir um importante triângulo esférico PZA. Este triângulo é muito importante pois permite relacionar as várias coordenadas astronómicas através do conhecimento prévio de outras, usando as relações da trigonometria esférica. Este triângulo esférico tem por lados: $PZ = (90^o - \varphi)$, co-latitude do lugar (a latitude do lugar φ é o ângulo PN, altura do pólo); $PA = (90^o - \delta)$, distância polar (δ é a declinação do astro); e $Za = (90 - h)$, distância zenital (a altura h do astro pode ser medida com quadrante, sextante ou outro similar). Dois outros ângulos importantes são: o azimute que corresponde ao ângulo (SZM) (ou o arco (SM)); e o ângulo (ZPA) que é o ângulo horário do astro (pois ($SZPN$) representa o meridiano do lugar de observação).

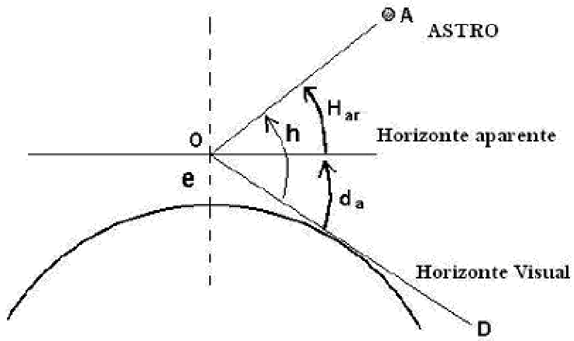


triângulo de posição, ou triângulo paraláctico.

A altura (h) de um astro acima do horizonte difere, para sermos rigorosos, daquela que se determina através do quadrante (ou de outro instrumento apropriado). A altura determinada por observação directa não é a altura verdadeira do astro mas sim a sua altura aparente, isto deve-se ao facto de haver vários factores que obrigam a que se corrija a altura observada, São eles: a inclinação do horizonte, a refracção atmosférica, no caso do Sol e da Lua os seus semidiâmetros e a paralaxe da Lua[4].

[4]A paralaxe do Sol e a paralaxe dos planetas não eram tidas em conta nas tabelas do século XVIII

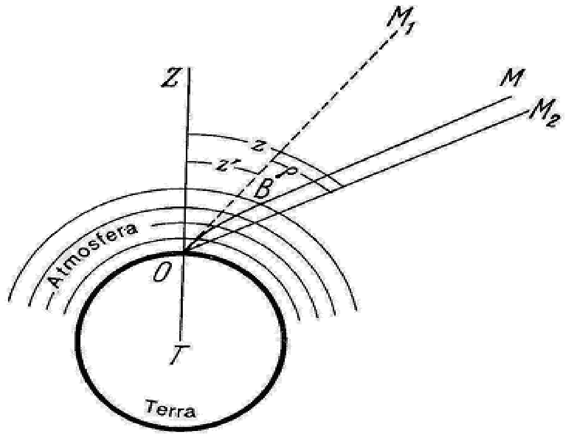
- inclinação do horizonte – o horizonte aparente é o plano perpendicular à vertical do observador e distingue-se do horizonte visual, que em terra firme é a linha irregular que delimita o encontro do céu com a terra e no mar é a linha do horizonte (quando agitado é muito difícil de determinar), pois depende da inclinação e da altura do observador. O observador observa a altura (AOD) em vez da altura (AOH). A altura refractada (H_{ar}) é igual à altura observada (h) menos a inclinação do horizonte (d_a): $H_{ar} = h - d_a$.



correcção da inclinação do horizonte.

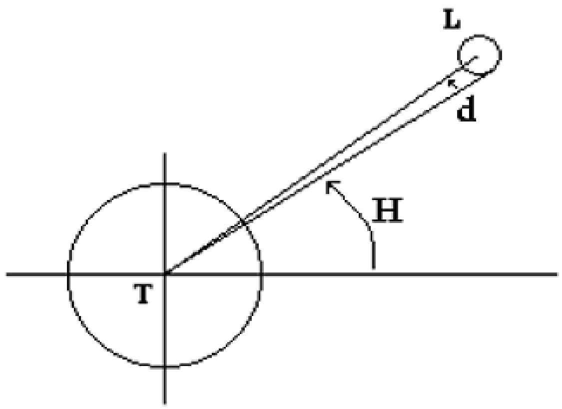
- refracção atmosférica – é um fenómeno de desvio da trajectória da luz proveniente do astro causado pela atmosfera terrestre. Uma vez que a densidade da atmosfera cresce à medida que se aproxima da superfície da Terra, os raios de luz provenientes de um astro sofrem um desvio cada vez maior. A refracção parece fazer subir o astro acima do horizonte, sendo máxima quando o astro se encontra na direcção do horizonte diminuindo progressivamente à medida que a sua altura cresce (anulando-se no zénite). A refracção depende ainda da temperatura e da pressão atmosférica, pois estes factores alteram a densidade do ar. Devido à refracção a distância zenital verdadeira do astro é superior à aparente $z = z' + R$ (z distância zenital verdadeira, z' distância zenital aparente e R refracção).

por serem valores muito pequenos. A paralaxe do Sol havia sido alvo de medições nos trânsitos de Vénus de 1761 e 1769 obtendo-se um valor de $9''$. Mais tarde em 1824 Johann Franz Encke (1791-1865) calculou um valor mais preciso para a paralaxe do Sol de $8.5776''$.



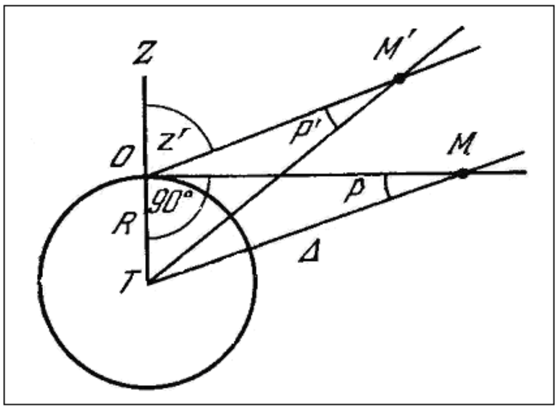
correcção da refracção atmosférica.

- semidiâmetro (raio aparente) do Sol e da Lua – ao contrário das estrelas e planetas que não são mais do que pequenos pontos no céu (os seus diâmetros angulares são praticamente nulos) é necessário ter em conta as dimensões do Sol e da Lua nas observações das suas alturas, pois estas não são medidas pelos seus centros mas sim pelos seus bordos inferiores ou superiores (no século XVIII o bordo inferior do Sol era o preferido). Face a isto é necessário corrigir pelos seus semidiâmetros (valores tabelados nas efemérides) a altura aparente do centro destes astros, sendo a altura do centro dada por: $H_c = H + d$ (será mais correcto será escrever: $H_c = H \pm d$, se se medir a sua altura respectivamente pelo bordo inferior ou superior do astro).



correcção do semidiâmetro.

- paralaxe da Lua – é a diferença entre a altura da Lua em relação ao horizonte celeste e ao horizonte do observador, i.e. é o ângulo entre a direcção sob a qual esta se veria do centro da Terra e a direcção sob a qual se veria de um ponto na superfície da Terra. Para um astro que no momento da observação se encontre no zénite a sua paralaxe é nula e será máxima quando este se observar na direcção do horizonte. A paralaxe é dada pela expressão: $\sin p = \sin p' \sin z'$, como os ângulos são muito pequenos (em média a Lua tem $p = 57'$) podemos substituir os senos pelos seus ângulos, ficando então: $p = p' \sin z'$. Devido à paralaxe o astro parece estar menos elevado acima do horizonte do que estaria se fosse observado do centro da Terra.



correcção da paralaxe.

Assim, ao medir-se a altura aparente de um astro, o astrónomo ou marinheiro tinha que ter em conta estes factores e, para obter a altura verdadeira (H_v), proceder a estas correcções, chamadas de redução das observações:

$$H_V = h - d_a \pm d - R + p$$

As efemérides astronómicas além das coordenadas e das posições dos vários corpos celeste publicavam também variadas tabelas com estas informações.

13.3 *'Tabelas'* e *'Efemérides Astronómicas'*: contextualização histórica

A história das efemérides e das tabelas astronómicas é muito antiga. Sabe-se que os povos da Suméria, Babilónia e Assíria (cerca de 600 a.C.) usavam tabelas de dados astronómicos onde através de certas regras e algoritmos de cálculo lhes era possível construir efemérides do Sol e da Lua, tão importantes para as suas vidas e organização social. As suas tabelas das efemérides da Lua eram bastante sofisticadas, permitindo por exemplo a previsão de eclipses lunares e solares por períodos de tempo relativamente longos (há efemérides babilónias com previsões de eclipses de 12a.C. até 43d.C.) [E. Robson 2003][5].

A introdução do conceito de universo geocêntrico e da teoria dos epiciclos e deferentes por Aristóteles e Apolónio, por volta de 200 a.C., permitiu desenvolver modelos de explicação dos movimentos dos planetas e, consequentemente, elevar o grau de precisão das previsões das posições dos planetas no céu. São contudo os trabalhos astronómicos de Ptolomeu (c.85-165 d.C.) reunidos na sua obra maior, o *Almagesto*, que irão fornecer aos seus sucessores uma base de trabalho teórico de modelos geométricos/matemáticos que permitiram elaborar efemérides mais fidedignas do Sol, da Lua e dos planetas. Estas sofrerão várias melhorias por parte de vários astrónomos islâmicos, destacando-se em especial os trabalhos de al-Khwarizmi (c.780-850)[6].

Na Espanha andaluz ocupada pelos muçulmanos, mais propriamente na cidade Toledo, surgem, nos finais do século XII, as *Tábuas de Toledo* ferramenta imprescindível para a elaboração de efemérides pelos astrónomos medievais. Outras tábuas importantes, e que acabariam por substituir as de Toledo, são as *Tábuas Afonsinas*. Estas devem o seu nome ao rei de Castela D. Afonso X (1221-1284), que ciente da discrepância entre as observações e as previsões dadas pelas anteriores tábuas, insta e subsidia um grupo de astrónomos que, entre 1263 e 1272, irá elaborar aquelas que se tornariam as mais famosas tábuas astronómicas da época medieval [E. Poulle 1987]. A descoberta da imprensa, por Guttenberg nos anos 30 do século XIV, vem abrir uma possibilidade de difusão do saber astronómico como até então não fora possível, surgindo, então, várias edições das *Tabelas Afonsinas* e muitas outras baseadas na astronomia ptolemaica[7]. Em Portugal no ano de 1496 publica-se o *Almanach Perpetuum* (Leiria, 1496], de Abraão Zacuto (1450-1522).

Em 1543 é publicado o *Revolutionibus Orbium Celestium* (Nuremberga, 1543) onde

---

[5] Sobre tabelas e efemérides dos povos do oriente veja-se [P. Rudra 2006].

[6] Para a astronomia islâmica e seus desenvolvimentos veja-se [J. North 1995], em especial os capítulos 8 (*Eastern Islam*) e 9 (*Western Islam and Christian Spain*).

[7] As *Tábuas Afonsinas – Tabulae Astronomicae Alfonsi X –*, foram impressas pela primeira vez em 1483 e reeditadas em 1592.

Nicolau Copérnico (1473-1543) apresenta novas tabelas dos movimentos planetários baseadas no seu modelo heliocêntrico. Em 1551 Erasmus Reinhold (1511-1553) publica umas novas tabelas baseadas na teoria de Copérnico, *Prutenicae Tabulae coelestium motuum* (Tubingen, 1551). Estas famosas tabelas só seriam suplantadas pelas célebres tabelas rudolfinas – *Tabulae Rudolphinae, quibus astronomicae scientiae, temporum longinquitate collapsae restauratio continetur* (Ulm, 1627), que Kepler (1571-1630) publica em 1627 fruto de um intenso trabalho teórico apoiado nas observações que Tycho Brahe (1546-1601) fizera em Uraniborg. Estas tabelas são um marco fundamental da astronomia, pois marcam a transição da velha astronomia ptolemaica para a nova astronomia coperniciana.

Os avanços teóricos e observacionais que se vão desenvolver a um ritmo cada vez maior, aliados, como bem faz notar M. Campbell [M. Campbell 2003, pp.6-7], à própria natureza internacional da comunidade astronómica, iniciam uma vasta série de trabalhos e publicações ao longo do século XVII e meados do século XVIII, de muitas outras tabelas astronómicas. Assim, em 1687, destaca-se a publicação das *Tabularum astronomicarum* (Paris, 1687) por Philipe de La Hire (1640-1718), aperfeiçoadas e aumentadas numa nova edição em 1702. Em 1749 são publicadas postumamente as famosas tabelas astronómicas de Halley, cujas traduções francesas foram usadas na Faculdade de Matemática da Universidade de Coimbra.

No século XVIII os avanços teóricos registados na mecânica celeste levam a um acréscimo na precisão dos dados tabelados e as tabelas astronómicas cada vez mais exactas tornam-se a base de trabalho para os astrónomos franceses elaborarem aquelas que se tornariam o paradigma de todas as efemérides astronómicas – o *Connaissance des Temps.*

Em 1758 Lacaille (1713-1762) publica as suas tabelas solares, *Tabulae solares quas é novissimis solis observationibus deduxit* (Paris, 1758), que juntamente com as tábuas da Lua de Mayer (de 1752)[8] serão durante algum tempo a base para o cálculo do *Connaissance* e do *Nautical Almanach* inglês. Em 1806 o Bureau des Longitudes publica as tabelas de Johann Tobias Bürg (1766-1835)[9] e em 1812 Johann Karl Burckhardt (1773-1825) publica as suas *Tables de la Lune*, que sendo baseadas na teoria de Laplace ainda usam termos dos coeficientes de perturbação ajustados aos dados observacionais [B. Morando 1995]. Em 1824 Marie Charles Damoiseau de Monfort (1768-1846), que

[8] Mais tarde Charles Mason (1730-1786) usando 1200 dados observacionais (não publicados) de James Bradley (1693-1762) refina estas tabelas, publicando em 1778 as suas *Lunar Tables in Longitude and Latitude according to the Newtonian Laws of Gravity* (com uma segunda edição em 1780).

[9] Em 1806 o Bureau des Longitudes instituiu um prémio a atribuir às tabelas da Lua mais conformes com a teoria, Burg com as suas tabelas ganharia o prémio. Estas seriam publicadas juntamente com as tábuas solares de Delambre sob o título: *Tables Astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes de France* (Paris, 1806).

esteve ligado ao Observatório Real da Marinha e às *Ephemerides Náuticas* da ACL, publica as *Tables de la Lune formées par la seule theórie de l'attraction* (Paris, 1824)[10]. Para os movimentos de Saturno e Júpiter são publicadas em 1812 umas tabelas por Alexis Bouvard (1767-1843) que substituiriam as que Lalande havia publicado, em 1792, na 3^a edição do seu *Astronomie.* Em 1813 Monteiro da Rocha publica as *Taboas Astronomicas ordenadas a facilitar o calculo das Ephemerides da Universidade de Coimbra* (Coimbra, 1813).

Ao longo do século XIX outras tabelas cada vez mais precisas e conformes a teoria e as observações vão sendo publicadas (para mais veja-se o já citado artigo de Bruno Morando [B. Morando 1995], bem como [P. Seidelmann 1996]).

As primeiras efemérides astronómicas foram publicadas por Johann Muller (Regiomontano) (1436-1476), em 1474, e nelas eram fornecidas as posições dos planetas, bem como previsões de eclipses para os anos de 1475 até 1531. Estas efemérides, juntamente com o *Kalendar fuer 1475-1531* (Nuremberg, 1474), tornam-se o modelo de efemérides adoptado pelos astrónomos da época, tornando Regiomontano bastante famoso[11]. Das várias obras que vão aparecendo durante o século XVI destacam-se as efemérides de Johannes Stoffler (1452-1531), *Ephemerides Astronomicae ab A. 1499, ad ann. 1531, ex tabulis alphonsinis ad meridianum ulmensem* (Ulm, 1499) e as de Zacuto (1452-1515). No século XVII aparecem umas efemérides impressas em Madrid, as *Efemerides generales de los movimentos de los cielos*, da responsabilidade de Suarez de Argunello. Em 1616 Kepler inicia a publicação umas efemérides para os anos de 1617 até 1636. Em Inglaterra aparecem umas efemérides calculadas para o meridiano de Londres por John Searle, *Ephemeris from the year 1609 to the year 1617*; mais tarde em 1762 são calculadas e impressas por Vicent Wing (1619-1668) umas efemérides compreendendo os anos 1652-1671; em 1671 John Galdbury (1627-1704) publica as suas *Ephemeris of the Celestial motion.* Em Itália, Roma, aparecem as efemérides de

[10] Damoiseau de Monfort de nacionalidade francesa, veio para Portugal na década de 1780 (ficando cá conhecido pelo nome Maria Carlos Theodoro Damoiseau de Monfort) e cá terá vivido até cerca de 1808-09, regressando depois ao seu país. Foi um dos responsáveis pela elaboração das efemérides da ACL (onde publicou vários trabalhos nas respectivas *memórias*). Em França desenvolveu extensos trabalhos sobre as tabelas da Lua, tendo sido eleito membro da Academia Real das Ciências de Paris (1 de Agosto de 1825) e mais tarde membro do Bureau des Longitudes. Recebeu ainda em 1831 a *Gold Medal* da Royal Astronomical Society. Em 1836 publica umas tabelas sobre os satélites de Júpiter – *Tables ècliptiques des Satélites de Júpiter d'aprés la theórie de leurs attractions mutuelles et les constantes déduites des observations* (Paris, 1836).

[11] Antes das efemérides de Regiomontano houve é certo outras efemérides, mas pecavam pela incerteza das suas predições, destas destacam-se as: *Tabulae astronomicae et Ephemerides* (1450), de Salomon Jarchus e o *Almanach Perpetum* (1450), de Purbachio. Para um elencar das várias efemérides que foram ao longo dos anos sendo publicadas veja-se [Montucla 1799-1802, v.4 pp.318-323] e [Lalande 1803].

Andrea Argoli (1570-1657), para os anos de 1621 a 1640, e as de Francesco Montebruni, para os anos 1641 a 1660. Em Paris Noel Duret (1590-1650) publica em 1641 as suas *Ephemerides Motuum Celestium Richelianae*, para todos os anos daí em diante até 1700. Em 1678 começa-se a publicar em França o *Connaissance des temps*, com o intuito de substituir as efemérides de Hecker (1666-1680) que embora tivessem sido primeiramente publicadas em Gdansk (Polónia) haviam sido reimpressas em Paris e tornado-se amplamente adoptadas em França.

A publicação do *Connaissance des temps* (Paris, 1678) marca um novo período na história deste tipo de publicações, servindo de modelo às principais efemérides que daí em diante se publicarão, como as inglesas *Nautical Almanak* (1766), ou as alemãs *Astronomische Jahrbuck* (1774), da Academia da Berlim.

13.3.1 O *'Connaissance des Temps'*

> *«Connaissance des Temps, ou Calendrier et Ephémérides du lever et du coucher du Soleil, de la Lune et d'autres planètes, avec les éclipses pour l'année 1679, calcules sur Paris, et la manière de s'en servir pour les autres élévations, avec plusieurs autres Tables et Traités d'Astronomie, de Physique et des Ephémérides de toutes les planètes en figures»*

Inicialmente uma publicação privada da responsabilidade de Joachim Dalencé (1640-1707) e de Jean Picard (1620-1682), foram impressas em Paris pela primeira vez em 1678 com as efemérides para os dois anos seguintes (1679 e 1680). Em 16 de Março de 1679 obteve o privilégio de impressão Real que estipulava que deviam ter tudo que permitisse determinar a hora no mar, ou em terra, de dia ou de noite, bem como os principais fenómenos astronómicos [G. Boistel 2001, p.179].

Em 1685 Dalencé cede o seu privilégio de publicação a Jean Le Fèvre (1652-1706), que será o responsável até 1701 pelos 17 volumes seguintes. Com Le Fébre o *Connaissance* torna-se bastante diferente de todas as outras efemérides suas contemporâneas ao publicarem as posições dos satélites de Júpiter, essenciais a um dos métodos de determinação das longitudes. Para além dos satélites de Júpiter são publicados (desde o 1^o volume), um calendário anual para todos os dias do ano dos nascimentos e ocasos do Sol e da Lua; o lugar da Lua e a entrada do Sol nos 12 signos do zodíaco; a posição dos planetas; as ascensões rectas e declinações do Sol e a equação do tempo; a passagem da Lua pelo meridiano de Paris; tabelas com os planetas observáveis sobre o horizonte de Paris, bem como uma tabela com os dias e as noites mais longas do ano para diferentes latitudes e ainda uma tabela com a refracção; era ainda fornecida a longitude e a latitude de 23 cidades de francesas [Souchon 1883, p.xiii].

A partir de 1702 a Academia das Ciências de Paris chama a si a responsabilidade da elaboração e publicação do *Connaissance des temps*, ficando Jacquet Lieutaud (1660-1733) responsável pela publicação dos 28 volumes (até 1729) que vêem o título mudado para: *Connaissance des Temps pour l'année 1702 au Meridian de Paris publié par ordre de L'Académie Royale des Sciences*[12].

A Lieutaud segue-lhe na direcção dos cálculos Louis Godin (1704-1760) (volumes de 1730-1734), e Jean-Dominique Maraldi (Maraldi II) (1709-1788) que se ocupa dos 25 volumes publicados entre 1735 e 1759. Em 1758 Joseph-Jérome Lalande sucede a Maraldi II inaugurando *«l'une des pages plus passionnantes et des plus riches de l'histoire de la CDT [Connaissanse des temps]»* [G. Boistel 2001, p.192]. É a 13 de Janeiro de 1759 que Lalande apresenta na Academia das Ciências de Paris o seu programa para a elaboração das 'novas' *Connaissance*, iniciando-se assim um novo ciclo na vida desta publicação, que irá sofrer variadas e significativas mudanças e atingirá um grau de elevação científica nunca antes alcançado por esta ou outra qualquer publicação periódica astronómica. Novas tabelas auxiliares, como por exemplo a inclusão de tabelas com as configurações dos eclipses dos satélites de Júpiter [Souchon 1883, pp.xvi-xvii], são, também, introduzidos artigos científicos e revisões bibliográficas, bem como notícias e observações astronómicas relevantes efectuadas pela comunidade astronómica, tanto francesa como estrangeira[13]. Resultado dessas mudanças o *Connaissance des Temps* atinge um grau de elevação científica nunca antes alcançado por qualquer outra publicação periódica astronómica[14]. As transformações introduzidas foram de tal ordem que o seu título foi inclusivamente, entre 1762 e 1767, mudado para: *Connaissance des Mouvemens Célestes*[15]. Os cálculos das efemérides da Lua e do Sol passam a ser feitos com base nas tabelas de Mayer e de Lacaille, obtendo-se assim maiores precisões nas posições destes astros; os cálculos dos eclipses dos satélites de

---

[12] Em virtude de uma querela, travada entre 1699 e 1700, em que Le Fébre acusa os La Hire (pai e filho) de falsificarem (e roubarem) algumas observações astronómicas para as ajustarem aos dados das suas tabelas da Lua e do Sol, que haviam aparecido em 1687 (*Tabularum Astronomicarum pars prior de motibus Solis e Lunae* (Paris, 1687)), a Academia das Ciências de Paris, chamada a arbitrar o caso, toma a si a responsabilidade da elaboração e publicação do *Connaissance des temps* (para mais veja-se [Lalande 1803, pp.341-344], bem como o prefácio de Le Fébre no *Connaissance des temps* para 1701, transcrito em [Souchon 1883, p.xv].

[13] *«J'ai entrepris de donner dans ce livre une idée de tout ce qui intéresse l'astronomie & un tableau de l'état actuel de cette science chaque année ; ceux qui l'aiment et la cultivent, sans être à portée de fréquenter les capitales & les grandes académies de l'Europe, trouveront dans les articles suivants de quoi satisfaire leur curiosité & les astronomes même y apprendront quelques particularités qui méritaient d´être connues...»*, Lalande na *Connaissance des Temps* para 1766, citado em [S. Dumont 2007, p.34].

[14] *«[Lalande] en modifia considérablement la forme et y rassembla tout ce que les astronomes pouvaient désirer de plus nouveau et des plus intéressant pour leurs travaux, et tout ce que les navigateurs avaient besoin de connaitre pour être en état de déterminer avec précision la longitude en mer»* [Souchon 1883, p.xvii].

[15] Para mais pormenores sobre este assunto e para as reacções da época às mudanças introduzidas por Lalande veja-se [Guy Boistel 2001, pp.198-199, 216-219].

Júpiter são feitos pelas tabelas de Wargentin e o cálculo dos planetas pelas tábuas de Halley. Novas tabelas são também acrescentadas, são novamente introduzidas, depois de terem sido suprimidas por Maraldi II, as informações sobre os principais fenómenos astronómicos que se podiam observar no ano em causa, bem como as ocultações de estrelas e tabelas de aberração das estrelas principais[16]. Porém a principal novidade foi a introdução, em 1774, das tabelas com distâncias lunares copiadas do *Nautical Almanach*:

> *«Le Nautical Almanac publié à Londres depuis 1767, contient à chaque mois quatre pages de distances calculées sur les nouvelles Tables entre la Lune & le Soleil ou les Étoiles fixes [...]. J'ai cru rendre service aux Navigateurs qui sont usage de la Connaissance des Temps, en y inférant ces calculs importantes, que nous devons au zèle & à la magnificence du Gouvernement d'Angleterre & du Bureau des Longitudes»* [CDT (1774) 1772, p.262].

São, também, publicados trabalhos astronómicos e revisões bibliográficas, bem como notícias e observações astronómicas efectuadas pela comunidade astronómica tanto francesa como estrangeira[17].

O volume de 1775 foi o último da responsabilidade de Lalande[18], a partir de 1776 e até 1787 a direcção do *Connaissance* esteve a cargo de Edme-Sebastien Jeaurat (1725-1803), ao qual se seguiu Pierre Mechain (1744-1804) responsável pelos volumes de 1788 a 1794. Jeaurat continua o plano delineado pelo seu antecessor, porém introduz-lhes muitos dos resultados da sua própria investigação sobre o movimento da Lua. Sob a direcção de Mechain a precisão das efemérides atinge um grau bastante elevado, com novas tabelas astronómicas a serem usadas nos cálculos: para o Sol as tabelas de Mayer, para a Lua as tabelas de Mason, para os cálculos de Mercúrio e Vénus são usadas as tabelas que Lalande publica em 1789 e para os lugares dos outros planetas as que este publica na segunda edição do *Astronomie* (Paris, 1771-1781). A partir de 1789 as distâncias lunares passam a ser calculadas directamente das tabelas e não mais copiadas do *Nautical Almanac*[19]. Em 1785, sob a direcção de Méchain o *Connaissance* torna-se por imposição ministerial um verdadeiro almanaque náutico, passando a ter

[16] Em 1762 Lalande publica o seu *Exposition du calcul Astronomique* (Paris, 1762), onde expõe os métodos de cálculo que estão na base da elaboração das efemérides apresentadas no *Connaissance*.

[17] *«J'ai entrepris de donner dans ce livre une idée de tout ce qui intéresse l'astronomie & un tableau de l'état actuel de cette science chaque année ; ceux qui l'aiment et la cultivent, sans être à portée de fréquenter les capitales & les grandes académies de l'Europe, trouveront dans les articles suivants de quoi satisfaire leur curiosité & les astronomes même y apprendront quelques particularités qui méritaient d´être connues [...]»*, Lalande na CDT para 1766, citado em [S. Dumont 2007, p.34].

[18] Lalande esteve à frente do *Connaissance* por duas vezes, primeiro de 1760 a 1775 e depois de 1794 a 1807.

[19] Sob a direcção de Jeaurat o cálculo das distâncias lunares era feito em estreita colaboração com

duas edições, uma mais abreviada para uso dos pilotos da marinha e outra mais extensa e aprofundada, com a publicação dos artigos científicos, para uso dos astrónomos (veja-se [Guy Boistel 2001, pp.208-211].

Em 1795 (25 de Junho) é criado o *Bureau des Longitudes*[20] que fica, sob a presidência de Lalande, responsável pela elaboração do *Connaissance des Temps* (13 volumes editados entre 1795 e 1807). Seguiu-se-lhe, entre 1808 e 1818, Delambre na direcção. Durante os anos da direcção de Lalande e Delambre o Bureau publicou também novas e aperfeiçoadas tabelas astronómicas.

A par do *Connaissance des Temps* a Academia das Ciências de Paris foi também responsável pela publicação das *Ephémérides des Mouvemens Célestes* (Paris, 1702-1792), em que cada volume não dizia respeito a um só ano mas sim a toda uma década. No prefácio ao volume V (Paris, 1755) Lacaille[21] apresenta o método das distâncias lunares, chamando a atenção para a necessidade de se imprimirem tabelas com distâncias da Lua ao Sol e às estrelas para uso dos pilotos, coisa que será feita por Maskelyne com a criação do *Nautical Almanc* (veja-se o capítulo seguinte).

- As *folhas mensais* do **Connaissance des Temps**

As efemérides apresentadas no *Connaissance* são organizadas para cada mês do ano em 12 *folhas mensais*. A precedê-las vem um calendário onde se registam datas importantes como a Páscoa, feriados civis e outras, uma tabela com a obliquidade da elíptica para 4 dias do ano (1 de Janeiro, 1 de Abril, 1 de Julho e 1 de Outubro) e ainda informação sobre os eclipses totais e parciais do Sol e da Lua que se verificarão no ano em questão.

A *folha I* é dedicada às efemérides do Sol e da Lua: nascimento do Sol; ocaso do Sol; longitude do Sol; nascimento da Lua; ocaso da Lua e dias da Lua; continuando a *folha II* com mais efemérides do Sol: longitude, declinação, distância ao equinócio e ainda a equação do tempo – *«tems vrai ou apparent»*.

As *folhas III e IV* continuam as efemérides da Lua – (III) longitude (0h e 12h), latitude (0h e 12h), sua passagem no meridiano de Paris; (IV) ascensão recta (0h e

o astrónomo real inglês Maskelyne. Para mais detalhes sobre os trabalhos de Jeaurat e o período em que dirigiu a publicação veja-se [Delambre 1827, pp.748-755].

[20] Criado à semelhança do inglês *Board of Longitudes*, este de 1714, com o objectivo de contribuir para o aditamento da ciência astronómica no que esta se refere aos problemas da navegação e à resolução do intrincado problema da determinação das longitudes no mar [BL 1795, art.5]. Os seus membros fundadores foram: Joseph-Louis Lagrange, Pierre-Simon Laplace, Jérôme de Lalande, Jean-Baptiste Joseph Delambre, Pierre-François-André Méchain (1744-1804), Jean-Dominique Cassini, Louis-Antoine de Bougainville (1729-1811), Jean-Charles de Borda (1733-1799), Jean-Nicolas Buache (1741-1825) e Noël-Simon Caroché (?-1813). Sobre a história do Bureau veja-se [J. Feurtet 2005].

[21] Lacaille foi responsável pelo cálculo de 3 volumes: v.4 (para os anos 1745-1755), v.5 (para os anos 1755-1765) e o v.6 (para os anos 1765-1775).

12h) e declinação (0h e 12h).

Na *folha V* é dada a paralaxe horizontal da Lua no equador e o seu semidiâmetro horizontal; bem como as efemérides dos planetas (Mercúrio, Vénus, Marte, Júpiter, Saturno e Úrano), onde são fornecidas as suas longitudes e latitudes heliocêntricas e as suas ascensões rectas.

As efemérides dos planetas continuam na *folha VI*: nascimento, ocaso, longitude e latitude geocêntrica, bem como as declinações e as passagens pelo meridiano de Paris.

A *folha VII* fornece o diâmetro do Sol e o tempo que o seu semidiâmetro demora a passar pelo meridiano, o seu movimento horário e o logaritmo da sua distância à Terra, o nodo da Lua e os eclipses dos 4 satélites de Júpiter.

A *folha VIII* fornece as configurações dos 4 satélites de Júpiter ao longo do respectivo mês.

Por fim as últimas 4 *folhas mensais*: *IX, X, XI e XII*, onde são tabeladas as distâncias lunares.

Seguem-se depois das folhas de Dezembro outras tabelas com variadíssima informação, por exemplo com as longitudes de vários lugares da Terra – *«Table de la différence des Meridiens en heures & degrés, entre l'Observatoire Royal de Paris & les principaux lieux de la Terre, avec leur latitude ou hauteur de Pole»*[22] e as ascensões rectas e declinações das principais estrelas.

13.3.2 O *'Nautical Almanach'*

Em 1767 sob a direcção do astrónomo Real Nevil Maskelyne (1732-1811) o Observatório de Greenwich começa a publicar as suas próprias efemérides – *Nautical Almanac*[23]. Embora tendo por modelo as francesas *Connaissance des Temps*, o *Nautical Almanac* apresenta-se com uma grande novidade, a inclusão de tabelas com distâncias lunares para o cálculo das longitudes.

- As *folhas mensais* do **Nautical Almanach**

Também composto por 12 folhas mensais, com as efemérides a seram calculadas para o tempo aparente.

> *«All the articles of the Ephemeris were computed by two separate persona, and examined by a third, except the Moon's Longitude, latitude, Right Ascension, Declination, Semi diameter, and Parallax, which for Noon were*

[22] Na edição para o ano de 1773 aparece a longitude de Lisboa referida ao observatório dos Oratorianos: *«Lisbonne, Cong. Orat.»*, não aparecendo mais nenhuma localidade nacional.

[23] De seu título completo: *«The nautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1767, published by order of the Commissioners of Longitude [...] London, MDCCLXVII»*. Para um aprofundar da história do Nautical Almanac veja-se [E. Forbes 1967b].

> *computed by one Person, and for Midnight by another, and the truth of these calculations ascertained by Means of Differences, which for the Moon's Longitude were carried as far as the Fourth Order»* [NA (1767) 1766, *'preface'*][24].

A *folha I* constava de um calendário onde se assinalavam datas importantes do calendário civil e religioso e se registavam os eclipses solares e lunares do mês e os fenómenos astronómicos mais relevantes (como ocultações de estrelas pela Lua e conjugações).

As efemérides do Sol eram fornecidas nas *folhas II* e *III*: (*II*) longitude, ascensão recta, declinação e equação do tempo; (*III*) semidiâmetro do Sol e tempo de passagem deste pelo meridiano de Greenwich; movimento horário (*«hourly motion»*), logaritmo da distância Sol-Terra; sendo ainda fornecidas na *folha III* a posição do nodo ascendente da Lua e os eclipses dos satélites de Júpiter.

A *folha IV* dizia respeito aos planetas (Mercúrio, Vénus, Marte, Júpiter, Saturno e Urano, este referido com o nome de baptismo sugerido pelo seu descobridor (1781), William Herschel (1738-1822) – *Georgian*), fornecendo, as suas longitudes e latitudes (tanto heliocêntricas como geocêntricas[25]), a declinação e o instante de passagem pelo meridiano.

As efemérides da Lua eram tabeladas nas *folhas V*, *VI* e *VII* e as distâncias lunares nas *folhas VIII-XI*,

> *«The Vth, VIth, VIIth, VIIIth, IXth, Xth, and XIth pages of each month contain the Moon's place, and all the circumstances relating to her motion, and her distances from the sun and proper stars, from which her distance should be observed for finding the longitude at sea»* [NA (1803) 1796, p.156].

As efemérides da Lua compreendiam: (*V*) dias da Lua e a sua longitude e latitude (0h e 12h); (*VI*) passagem pelo meridiano, ascensão recta (0h e 12h) e declinação (0h e 12h); (*VII*) o seu semidiâmetro (0h e 12h) a sua paralaxe horizontal (0h e 12h) e o *«Proportional Logarithm.»* (0h e 12h).

As distâncias lunares – *«are set down to every three hours of apparent time by the meridian of Greenwich, and are designed to relieve the mariner form the necessity of a calculation, which he might think prolix and troublesome, and enable him, when compared with the distance observed carefully at sea, to infer his longitude readily and*

[24] Maskelyne dirigia uma equipa criada de propósito (e para isso paga) para o cálculo e elaboração das efemérides (veja-se [M. Croarken 2003]).

[25] Para que pessoas com menos prática os possam distinguir das estrelas fixas – *«serve to know where to look for them in the evens.»* [NA (1767) 1766, p.158].

with little danger of mistake to a degree of exactness that may be thought sufficient for most nautical purposes» [NA (1803) 1796, p.159] –, compreendem: (*VIII-IX*) distância do centro da Lua ao Sol e às estrelas a *«East of her»*; (*X-XI*) distância do centro da Lua ao Sol e às estrelas a *«West of her»*[26].

Por fim na *folha XII* eram dadas as configurações dos satélites de Júpiter *«at IX o'clock in the evening.»*

O *Nautical Almanac* também publicava artigos científicos, não tanto direccionados para os astrónomos mas sim para os marinheiros. Por exemplo, no volume que estamos a seguir vem um artigo de John Mortimer Brinkley (c.1763-1835) *«Tables to improve and render more general the method of finding the Latitude, by observing two altitudes of the Sun, and the interval of time between, by John Brinkley»* [NA (1797) 1792].

Para o cálculo das efemérides do Sol e da Lua, Maskelyne usou as tabelas de Mayer[27], para as estrelas as tabelas de Bradley e para os planetas as tabelas de Lalande. Para as efemérides dos satélites de Júpiter eram usadas as tabelas de Wargentin.

Ao longo do século XVIII e XIX muitas outras efemérides inspiradas no *Connaissance des Temps* e no *Nautical Almanac* foram sendo publicadas. São exemplo: as já mencionadas *Berliner Astronomische Jahrbuch* (Berlim, 1774)[28], fundadas por Johann Heinrich Lambert (1728–1777) e Johann Elert Bode (1747-1826); as efemérides espanholas do observatório de Cádiz, iniciadas em 1791, *Almanaque náutico y efemérides astronómicas [...], para el Observatorio Real de Cádiz* (Madrid, 1791); e as portuguesas da ACL, *Ephemerides Nauticas* (Lisboa, 1788) e as do OAUC, em 1803.

Em meados do século XIX, em 1852, seriam ainda estabelecidas as *The Americam Ephemeris and Nautical Almanac*, com efemérides para o ano de 1855, publicadas pelo United States Nautical Almanac Office (criado em 3 Março de 1849). Mais tarde em 1958, resultado da estreita colaboração entre Inglaterra e os Estados Unidos dá-se a fusão do *Nautical Almanac* inglês com o congénere americano sob o título *The Nautical Almanac*, ficando a cargo dos americanos a responsabilidade desta publicação.

[26] As estrelas consideradas são: Sol, Fomalhaut, α Arietis, Aldebaran, Pollux, Regulus, Spica, Pollux, Antares.

[27] Estas tabelas publicadas em 1770 serviram para o cálculo das efemérides do *Nautical Almanac* desde o volume inicial (1766), embora depois (em 1774) tenham sido adoptadas as tabelas de Mayer melhoradas por Charles Mason.

[28] *Astronomisches Jahrbuch oder Ephemeriden für das Jahr 1776, nebst einer Sammlung der neuesten in die astronomischen Wissenschaften einschlagenden Beobachtungen, Nachrichten, Bemerkungen und Abhandlungen* (Berlim, 1774).

13.3.3 As *'Ephemerides Nauticas ou Diario Astronomico'* da Academia das Ciências de Lisboa

Ao longo da história da astronomia portuguesa houve várias publicações, os populares almanaques, que veiculavam informações de carácter astrológico/astronómico (veja-se [Rosa Galvão 2002]). Porém deve-se ao padre jesuíta Eusébio da Veiga (1718-1798) a publicação em 1757 das primeiras efemérides modernas, *Planetário Lusitano* com efemérides para os anos de 1758, 1759 e 1760 [Eusébio da Veiga 1757][29].

Depois de Eusébio da Veiga seria preciso esperar cerca de trinta anos pelo primeiro volume das *Ephemerides Nauticas ou Diario Astronomico* foi publicado em 1788 com dados astronómicos para o ano seguinte, que estavam perfeitamente sintonizadas com o que de melhor na época se fazia e que irão conviver (e rivalizar) com as *Ephemerides Astronomicas* do OAUC, que se começariam a publicar 15 anos mais tarde.

Carece-se de um estudo sobre estas efemérides publicadas pela Academia das Ciências, o que certamente nos ajudaria a lançar algumas pistas e a responder por exemplo à questão de explicar a existência num país relativamente pequeno de duas publicação afins. Como escrevemos anteriormente o aparecimento das *Ephemerides Nauticas* poderá ter sido um dos factores que em muito contribuíram para o acelerar da resolução do problema da inexistência de um verdadeiro observatório astronómico na Universidade de Coimbra.

A intenção por parte da ACL de elaborar e fazer publicar umas efemérides data do ano de 1781, tendo para isso sido consultado José Monteiro da Rocha. Em 7 de Outubro de 1781 José Monteiro da Rocha escreve ao Visconde de Barbacena manifestando-lhe o que pensava acerca do projecto da publicação de um *«Almanach»* por parte da Academia [ACL Ms. Azul 1944][30]. Esta carta de Monteiro da Rocha para o Secretário da Academia, é tanto quanto se percebe, a resposta a uma outra carta (desconhecida) de Barbacena, pedindo-lhe opinião sobre este projecto. Dissipada a dúvida deste al-

[29] A obra divide-se em 3 partes. Na primeira é dada a explicação das efemérides sob a forma de 45 problemas: *Planetário Lusitano explicado com problemas e exemplos práticos*; a 2^a parte apresenta *'24 Taboas Perpetuas e immudaveis ordenadas na forma, com que se explicam no Planetário Lusitano, para uso mais comodo, e praxe mais facil dos seus problemas'*; e por fim na 3^a parte são apresentadas as efemérides propriamente ditas, o *Planetario Lusitano*. Estas são constituídas por 3 folhas mensais com as efemérides do Sol, da Lua e dos planetas (Saturno, Júpiter, Marte, Vénus e Mercúrio), calculadas para o meio-dia do tempo verdadeiro do meridiano de Lisboa – *Folha 1: lugar do Sol, declinação do Sol, amplitude ortiva, nasc. do Sol, ocaso do Sol, amplitude Occidua*; *Folha 2: lugar da Lua; latitude da Lua; dec. da Lua; passagem pelo meridiano; dias da Lua; fases da Lua*; *Folha 3: lugar dos planetas; latitude dos planetas; dec. dos planetas; passagem pelo meridiano; imersão do 1^o satélite de Júpiter.*

[30] Esta carta apesar de publicada por Cristóvão Aires [Cristóvão Aires 1927, pp.192-195] parece ter sido quase desconhecida até recentemente. Uma leitura mais atenta por nós feita à obra de Aires permitiu-nos redescobri-la, bem como o original existente na ACL, e tendo ficado surpreendidos com o seu teor comunicámo-la ao Comandante António Costa Canas, da Escola Naval, que motivado pela sua leitura encetou um pequeno estudo sobre o início da publicação das *Ephemerides Náuticas* da ACL ([António Canas 2008], [António Canas 2009]).

manaque não ser apenas *«uma lista das pessoas empregadas no serviço, das diferentes alçadas dos Tribunais e Ministros, e de outras coisas pertencentes ao Governo, Polícia e Economia da Corte e do Reino»*, resta a Monteiro da Rocha perceber que tipo de publicação era pretendida: um *«Almanach Astronómico»* ou um *«Almanach próprio para a Marinha»*?

Quanto a um almanaque astronómico Monteiro da Rocha não vê necessidade, nem a possibilidade, da ACL o concretizar, pois os poucos astrónomos existentes em Portugal tinham acesso às efemérides através de publicações estrangeiras,

> *«Porque os Astrónomos são por mui poucos em Portugal, e esses têm as Ephemerides, ou o Conhecimento da Academia de Paris que lhe sobeja para seu uso. Por outra parte custam tanto a imprimir com exactidão tabuadas numéricas, que a despesa não seria paga pelos poucos exemplares que teriam saída.»*

Já no que diz respeito a um almanaque náutico, Monteiro da Rocha considera-o uma boa ideia se o seu uso não se restringir apenas à marinha nacional, mas *«fosse também procurado dos Estrangeiros»*. Porém, também não considera este tipo de publicação um projecto viável, por faltar à ACL, afirma, os meios humanos indispensáveis para proceder aos cálculos necessários à sua elaboração. Todavia, acrescenta que se poderá quando muito fazer *«o que fizeram os Franceses, que é copiá-las fielmente, mudando-lhes somente os tempos conforme a diferença dos Meridianos»*. Esta hipótese exigia um relativo pequeno esforço de cálculo quando comparada com o cálculo de raiz das efemérides, pois bastava, como afirma, ter em conta apenas a diferença de longitude entre os meridianos de Greenwich e Lisboa – *«que está* $36'44''$ *de tempo para ocidente de Greenwich»*. Monteiro da Rocha propunha mesmo assim dois revisores para examinarem cuidadosamente todos os cálculos com os dados do *Connaissance* e do *Nautical* – *«Para a impressão destas Taboas deveria haver dois Revisores muito fiéis que conferissem as provas, um com o Conhecimento e outro com o original do Nautical Almanach»*. Propunha ainda que em vez dos dados astronómicos se referirem ao meridiano de Lisboa deveriam ser calculados para o meridiano da Ilha do Ferro, visto este ser o meridiano comummente usado na época, tanto pela marinha nacional como pela estrangeira – *«Mas fazer-se um Almanach para a Marinha, parece-me que se devia ligar ao meridiano dos Pilotos. Ora julgo que os nossos (se não tem mudado de estilo) e grande parte dos Pilotos das outras Nações tomam por meridiano o que passa pela Ilha do Ferro. Assim lhes seria mais vantajoso, que todos os cálculos fossem reduzidos aquele meridiano, que eles tomam por termo donde começam a contar as Longitudes.»*

No que diz respeito a outra informação astronómica que, para além das distâncias lunares, deveria também ser facultada numa obra deste género, como por exemplo tabelas de refracção ou *«outras Taboas perpétuas, como a dos arcos semi-diurnos, Amplitudes, Inclinação do Horizonte etc.»*, Monteiro da Rocha é de opinião que se poderiam retirar directamente do *Connaissance des Temps* ou do *Nautical Almanac*, ou ainda *«tomar dos Livros em que se acham»*

Apesar de Monteiro da Rocha considerar que a elaboração de um almanaque naútico era exequível, não era contudo uma mais-valia nem para a marinha nacional, nem mesmo, considerando a adopção do meridiano da Ilha do Ferro, para a marinha estrangeira, porque a verdade é que esse almanaque náutico não passaria no limite de uma cópia (recalculada) de publicações já existentes. Para Monteiro da Rocha o que seria efectivamente desejável na sua opinião e *«empresa digna do zelo da Academia»* era que as distâncias lunares fossem calculadas directamente de outras tábuas astronómicas, *«que não fossem as de Mayer, nas quais são fundados os cálculos do Nautical Almanach, e a cópia deles que vem no Conhecimento dos Tempos»*. Ou seja o que Monteiro da Rocha acaba por alvitrar na referida resposta a Barbacena é que as efemérides eventualmente a publicar pela ACL fossem *«fundados em outras Taboas de crédito como as de Clairaut ou de Euler»*, concluindo que aí sim: *«Almanach desta sorte seria interessante em toda a Europa marítima, e glorioso à Corte de Portugal, assim é à da Inglaterra o outro, até agora único, fundado nas Taboas de Mayer.»* Infelizmente tal não era possível, por não haver pessoas em número suficiente que as soubessem e pudessem calcular – *«se houvesse pessoas hábeis nos cálculos Astronómicos, que calculassem as distâncias da Lua ao Sol e às estrelas por outras Taboas»*, o teria que se adiar conclui: «*para quando se puder executar».*

Na verdade este projecto sugerido por Monteiro da Rocha de calcular umas efemérides que não fossem *«reduzida[s] e copiada[s] do Almanach do Observatório de Greenwich, nem de outro algum, mas calculada[s] imediatamente sobre as Tábuas Astronómicas»*, viria a ser por si concretizado cerca de 20 anos mais tarde no OAUC, com a publicação, em 1803, das *Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatório Real da Universidade de Coimbra*, tal como os Estatutos da Universidade (1772) estipulavam cerca de 30 anos antes.

O projecto da elaboração e publicação de um almanaque náutico pela ACL voltaria a ser discutido, e agora formalmente, em sessão académica de 5 de Dezembro de 1787, ficando assente a sua efectiva publicação no ano seguinte – *«Vendo pois a Academia Real das Sciencias a necessidade, que havia deste livro, determinou que ele se compusesse, e nos franqueou todos os meios necessários para isso»*[31]. Custódio Gomes

[31] *«Determina a Academia que se imprima à sua custa, e debaixo do seu privilégio as Ephemerides*

Villas-Boas, director do Observatório da Academia das Ciências de Lisboa, ficou responsável pelos cálculos de uma equipa também composta por Francisco António Ciera e Francisco Garção Stockler[32]. Em 1788 o 1º volume das *Ephemerides Nauticas ou Diário Astronomico*[33] era publicado,

> «*Com estes subsídios é de esperar que os Navegantes Portugueses não cederão aos mais destros Pilotos das outras nações, muito mais se se lembrarem que eles de nós aprenderam a navegar ousadamente por mares desconhecidos, para os quais os nossos lhe abriram o caminho*» [ENACL (1789) 1788, *'prologo'*].

Custódio Gomes Villas-Boas dirigiu a publicação entre os anos de 1789 e 1795. Seguiu-se-lhe José Maria Dantas Pereira (1772-1836), para os anos de 1796 a 1798, e Damoiseau de Monfort, para os anos de 1799 a 1809[34].

Entre 1809 e 1819 a publicação é suspensa, o que poderá dever-se a dois factores. Por um lado as Invasões Francesas (1807-1811) e a transferência da Academia da Marinha para o Brasil (1807) com o embarque da maior parte dos instrumentos e dos livros do Observatório da Marinha que fica bastante empobrecido [Estácio dos Reis 2009, p.142], por outro o regresso a Paris de Damoiseau de Monfort [Inocêncio da Silva 1858-1923, v.2 p.229, v.4 p.170]. Entretanto no Brasil entre 1810 e 1820 imprimiram-se no Rio de Janeiro umas *Ephemerides Nauticas*[35], que a Gazeta do Rio de Janeiro de 26 Dezembro de 1810 publicitava a venda na Biblioteca da Real da Academia dos Guardas Marinhas [Ana Camargo 1993, v.1 p.46].

Náuticas para o ano de 1789 calculadas para o meridiano de Lisboa [José Correia da Serra, Secretário da Academia, Sessão de 13 de Março de 1788]» [ENACL (1789) 1788].

[32] Para a instalação do seu observatório a Academia das Ciências, que funcionava no Palácio das Necessidades, escolheu o Castelo de S. Jorge. A sua edificação começou em 1785 e foi inaugurado em 9 de Janeiro de 1787. O seu primeiro director foi precisamente Custódio Gomes Villas-Boas, sócio da Academia e professor de astronomia na Academia da Marinha (vejam-se [Pereira Osório 1985] e [Estácio dos Reis 2009]).

[33] *"Ephemerides Nauticas, Ou Diario Astronomico [...] que contém todos os elementos necessários para determinar a latitude no mar, não só pela altura meridiana do Sol; mas também pela da Lua, pela dos Planetas superiores, e pela das Estrelas fixas, com as distâncias da Lua ao Sol, e às Estrelas para determinar a Longitude do navio a qualquer hora, e o método de a deduzir. Calculado para o meridiano de Lisboa e publicado por ordem da Academia Real das Sciencias para utilidade da Navegação Portugueza, e aumento da Astronomia.»* [ENACL (1789) 1788]. O prólogo do 1º volume «*Concluído em 25 de Setembro de 1788*» é assinado por Custódio Gomes Villas-Boas.

[34] «*A partir desta ultima edição [1798], coincidente com o ano da criação do Observatório Real da Marinha, o cálculo das efemérides passou a ser da responsabilidade deste estabelecimento científico, mas não a sua publicação que se manteve a cargo da Academia das Ciências.*» [Estácio dos Reis 2009, p.140]. O Observatório Real da Marinha foi criado por decreto de 18 de Março de 1798, tendo sido seu primeiro director Manuel do Espírito Santo Limpo.

[35] *Ephemerides Nauticas, ou Diario Astronomico para o anno de 1811, calculado para o meridiano do Rio de Janeiro, por ordem de sua alteza real o principe regente nosso senhor, por Joaquim Ignacio Moreira Dias, capitão de fragata da Armada Real, Rio de Janeiro, na Impressão Régia, MDCCCX.*

Em 1820 é reiniciada em Lisboa a sua publicação[36] que se estende sem interrupção até 1863, ano em que cessa definitivamente. Entre 1820 e 1835 a responsabilidade dos cálculos coube a António Dinis do Couto Valente (1800-1867) coadjuvado nos volumes para os anos de 1827 a 1835 pelo seu irmão Mateus Valente do Couto Diniz, que ficará responsável pelos restantes volumes, até à extinção da publicação. No total entre 1789 e 1863 foram publicados 65 volumes.

- As *folhas mensais* nas **Ephemerides Nauticas**

No prólogo ao 1^o volume esclarece-se a informação astronómica fornecida nestas efemérides:

> *«mas para o fazer mais cómodo, e menos volumoso, quis que se restringisse o plano, que adoptara a Academia de Paris, no 'Conhecimento dos Tempos'; e o Almirantado de Inglaterra, no Almanach Náutico, omitindo as Longitudes do Sol, e da Lua; a Latitude desta, o tempo médio, e outras coisas, que só pertencem à Astronomia, e que tem pouco uso na Náutica.»* [ENACL (1789) 1788, *'prologo'*]

Ficando assim a *«compreender em 8 páginas cada mês, tudo o que é mais essencial para a Navegação»*[37]. As distâncias lunares eram copiadas do Nautical Almanac, cuja redução foi feita como Monteiro da Rocha havia, em 1781, sugerido:

> *«supusemos a diferença dos meridianos de Lisboa, e Greenwich de 36' 40" de tempo, posto que ela seja 36′20″; mas como na redução das Tábuas da Lua ao meridiano de Greenwich se supôs a diferença de lá a Paris 9′16″, é preciso para cá supor 36′40″, para completar 45′56″, que contamos daqui a Paris, aliás não procedíamos na mesma suposição, em que procedem os calculadores Ingleses»* [ENACL (1793) 1793, p.124].

A *folha I* dava a declinação do Sol *«calculada para o tempo do meio-dia no Meridiano de Lisboa»*, bem como a declinação da Lua[38].

[36] Ignoramos as razões do reaparecimento nesta data.

[37] Lembramos que as efemérides inglesas e francesas tinham 12 páginas/mês. Em relação ao *Nautical Almanac* as *Ephemerides Nauticas* da ACL ficavam cerca de um terço mais pequenas, *«sem deixar de ser igualmente útil, para o fim que a Academia se propõe»* [ENACL (1789) 1788, *'prologo'*].

[38] *«Seguindo os Académicos de Paris, damos aqui a Declinação da Lua para quatro épocas cada dia»* – em 4 colunas, uma para a passagem pelo meridiano de Lisboa e as outras referentes às passagens pelos meridianos mais a oeste do de Lisboa de 90°, 180° e 270° –, *«que é mais cómoda para os navegantes determinarem a declinação da Lua, independente da hora de observação, só com o conhecimento da Longitude estimada»*.

A *folha II* era dedicada em exclusivo às efemérides da Lua, nascimento e ocaso, passagem pelo meridiano, paralaxe horizontal (0h e 12h)[39] e o seu semidiâmetro (0h e 12h).

Na *folha III* fornecia-se a declinação, o nascimento, o ocaso, a passagem pelo meridiano, a longitude e latitude dos planetas (Marte, Júpiter e Saturno) intervalados de 6 em 6 dias; e ainda fornecia o valor do semidiâmetro do Sol, a longitude do nodo da Lua (também de 6 em 6 dias) e as suas fases.

Na *folha IV* era fornecida informação sobre os vários fenómenos astronómicos que se podiam observar no referido mês (eclipses, ocultações, etc.) – *«observações, que posto não sejam imediatamente aplicáveis aos usos da pilotagem, contudo podem ser de grande utilidade à Geografia, e por consequência à navegação»*, bem como os eclipses dos satélites de Júpiter.

As *folhas V-VIII* forneciam as distâncias lunares: (*V* e *VI*) a *«Distância do centro da Lua ao Sol e às estrelas orientais»*; (*VII* e *VIII*) a *«Distância do centro da Lua ao Sol e às estrelas orientais e ocidentais»*[40] copiadas directamente do *Nautical Almanac* como o fazem notar expressamente,

> *«As quatro páginas seguintes [V, VI, VII e VIII] contém as distâncias da Lua ao Sol, e às Estrelas, que copiamos do Almanach Náutico Inglês, não só porque os calculadores que em Inglaterra se ocupam nesta Obra merecem toda a confiança, principalmente sendo os seus cálculos revistos pelo Ilustre Astronómico Mr. Maskelyne; mas também porque, a serem feitos de novo nos ocupariam inutilmente muito tempo, que podemos dar a outras composições.»*[41].

Para além das efemérides mensais eram também publicadas tabelas e artigos de interesse para a marinha. Por exemplo logo no 1^o volume foram publicados 2 artigos:

---

[39] Era fornecido o valor calculado no *Connaissance des Temps* para a latitude de Paris, porque a redução à latitude de Lisboa *«faz pouca diferença, e seria trabalho baldado; pois nos cálculos que requerem muita exacção facilmente se reduz à latitude do lugar por via da Tabela 2^a [refere-se às tabelas auxiliares que foram logo impressas no 1^o volume [ENACL (1789) 1789, pp.102-141]»*.

[40] As estrelas são: α Áries, Aldebaran, β Polux, Regulus, Spiga Virgo, Antares, α Águia, α Pégaso, α Virgem e o Sol.

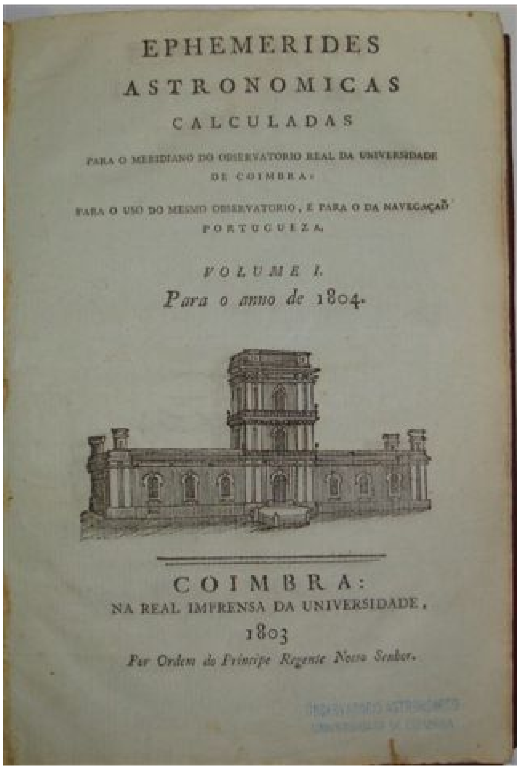
[41] Estácio dos Reis afirma que as distâncias lunares foram sempre copiadas do Nautical Almanac, excepto as efemérides de 1805 que o foram directamente das tábuas astronómicas *«as de 1805 foram calculadas independentemente de tal socorro [do Nautical Almanach]»*, mas, segundo este mesmo autor, terá sido caso único pois a falta de calculadores não permitiu que assim se procedesse nos outros volumes [Estácio dos Reis 2009, p.141]. Em 1833 Filipe Folque (1800-1874) diz que este é o primeiro ano (1805) em que as distâncias lunares não são copiadas do *Nautical Almanac*; Lalande confirma-o: *«M. Damoiseau, capitaine-lieutenant de la brigade royale de la marine à Lisbonne, m'écrit qu'il s'occupe des éphémérides nautiques de 1806: celles de 1805 ont été calculées directement sans se servir du Nautical Almanac. Je l'ai invité à attendre les nouvelles tables du soleil et de la lune, qui vont s'imprimer.»* [Lalande 1803, pp.871-872].

Método para determinar o tempo verdadeiro pela altura das estrelas [ENACL (1789) 1788, pp.166-167]; *Método do cavalheiro Borda para o calculo das longitudes no mar, determinadas pelas distâncias da Lua ao Sol, ou às Estrelas* [ENACL (1789) 1788, pp.170-181]; bem como 14 tabelas auxiliares [ENACL (1789) 1788, pp.102-142].

13.4 As *'Ephemerides Astronomicas'* do OAUC

As efemérides astronómicas do OAUC começaram a ser publicadas em 1803, com as efemérides para o ano de 1804,

> *«Ephemerides // Astronomicas // calculadas // para o meridiano o Observatório Real da Universidade // de Coimbra: // para uso do mesmo Observatório, e para o da navegação // Portugueza // volume I // para o anno de 1804. // [estampa do OAUC] // Coimbra // na Real Imprensa da Universidade, // 1803 // Por Ordem do Principe Regente Nosso Senhor.»*



1º volume (1803) das *Ephemerides Astronomicas* do OAUC.

As Ephemerides do OAUC, que se tornarão na principal actividade científica do OAUC, serão publicadas ininterruptamente até ao ano de 1827 (volume 19), com as efemérides astronómicas para 1828 [EAOAUC (1828) 1827, v.19]. Segue-se um período de 13 anos em que nenhum volume é publicado, retomando-se a publicação em 1840 com as efemérides para os anos de 1841 e 1842 [EAOAUC (1841-42) 1840, v.20]. Neste estudo interessa-nos especialmente as publicadas entre 1803 e 1827, um conjunto de 19 volumes que constitui o que apelidamos de 1^a série[42]. Ao longo destes 24 anos as *Ephemerides do OAUC* seguiram a organização delineada logo no 1^o volume, permanecendo mais ou menos inalteradas na sua organização e conteúdos. A única mudança significativa ocorre apenas nos últimos 3 volumes da série – [EAOAUC (1826) 1825, v.17], [EAOAUC (1827) 1826, v.18], [EAOAUC (1828) 1827, v.19] –, passando as *Ephemerides* a incluir um *«Calendário Náutico»* para facilitar aos pilotos e marinheiros o uso das distâncias lunares. Esta inclusão acarretará também uma mudança de título:

> *«Ephemerides Astronomicas calculadas para o meridiano do Observatório Imp. e R. da Universidade de Coimbra: para uso do mesmo Observatório, e da navegação Portugueza precedidas de hum Calendario Nautico em tempo verdadeiro com as distancias da Lua de três em três horas para maior commodidade dos navegantes [...]»*[43]

No recomeço da 2^a série, em 1840 [EAOAUC (1841-42) 1840, v.20], o Calendário Náutico deixa de ser incluído, nem volta a sê-lo em qualquer outro volume subsequente, desaparecendo por isso do título, que passa a:

> *«Ephemerides Astronomicas // calculadas // para o // meridiano do Observatório Nacional // da // Universidade de Coimbra, // para uso do mesmo Observatório, e para o da navegação Portugueza [...]»*

Atente-se na designação do OAUC como Observatório Nacional.

- **organização das** *Ephemerides Astronómicas*

A relação das matérias do 1^o volume é o seguinte:

- *«Regulamento do Observatório Real da Universidade de Coimbra»* (Carta Régia de 4 de Dezembro de 1799)[44];

[42] Houve durante este período alguns volumes duplos, com a publicação de efemérides para dois anos consecutivos: [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5], [EAOAUC (1815-16) 1814, v.11], [EAOAUC (1817-18) 1815, v.12], [EAOAUC (1819-20) 1816, v.13], [EAOAUC (1821-22) 1818, v.14], [EAOAUC (1823-24) 1821, v.15]. A partir do volume 13 (1816) passam a ser impressas *«Por Ordem de Sua Majestade ElRei Nosso Senhor»* e a partir do volume 15 (1821), *«Por Ordem de Sua Majestade»* (no volume 17 (1825) vem, *«Por Ordem de sua Majestade Imperial e Real»*).

[43] É curioso destacar que há duas edições com diferentes versões do frontespício do volume 17 (1825), uma mencionando o referido *«calendário náutico»* e a outra não!

[44] O Regulamento voltaria a ser impresso no volume [EAOAUC (1815-16) 1814, v.11].

- Épocas principais; sinais e abreviaturas; eclipses do ano 1804 e errata;

- *'Folhas Mensais'*, com as efemérides correspondentes a cada um dos meses do ano;

- *«Taboas Auxiliares para uso destas Efemérides, e para o cálculo das Longitudes»* (22 tabelas);

- Catálogo das estrelas principais reduzidas ao primeiro de Janeiro de 1805;

- *«Explicação e uso dos Artigos principais destas Ephemerides e das Taboas auxiliares publicadas neste volume»*;

- *«Cálculo das Longitudes»*;

- *«Cálculo dos Eclipses»* e *«Aplicação do método antecedente ao cálculo dos eclipses da Lua»*;

- *«Tábua do encurtamento dos semidiâmetros do Sol, e da Lua, causado pela Refracção»;*

- *«Taboas de Marte para o Meridiano do Observatório Real da Universidade de Coimbra»*[45].

Os volumes seguintes seguem genericamente a mesma organização das matérias. A partir do volume III (1805) passam a ser incluídas duas extensas tabelas, uma com informação sobre longitudes de vários lugares da Terra – *«Tábua da diferença dos meridianos dos Lugares principais da Terra, relativamente ao Observatório da Universidade de Coimbra com as suas Latitudes, ou Alturas do Pólo»* –, e outra com informação geográfica de vários portos e locais da orla costeira de vários mares e oceanos do globo – *«Tábua Cosmográfica dos Portos, Cabos, Ilhas, e Lugares das Costas Marítimas do Orbe terráqueo, pela ordem das mesmas Costas com as suas Latitudes, e Longitudes contadas do meridiano do Observatório da Universidade de Coimbra»*. São também publicadas algumas observações astronómicas realizadas tanto no OAUC[46], como noutros observatórios e locais[47]. A partir do volume [EAOAUC

[45] Precedidas de uma *Advertência* (de uma página) assinada por Monteiro da Rocha e datada de 14 Fevereiro de 1802. À semelhança de outros artigos científicos que seriam também publicados nas EAOAUC, as tábuas de Marte foram também publicadas autonomamente.

[46] *«Observações Astronómicas feitas em Coimbra no Observatório Real da Universidade»*: em 1802 e 1804 [EAOAUC (1806) 1805, v.3]; em 1806 [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5]; em 1807 [EAOAUC (1810) 1808, v.6]. No volume [EAOAUC (1812) 1811, v.8] elenca observações feitas em 1806 e o volume [EAOAUC (1814) 1813, v.10] observações de 1807, provavelmente estas observações corresponderão a outros anos, pois as observações destes anos já haviam sido publicadas em volumes anteriores (erro de impressão?).

[47] *«Observações astronómicas feitas em Lisboa no Observatório Real da Marinha por Paulo Maria Ciera Ajudante do mesmo Observatório»* nos anos, 1798, 1799, 1800, 1801, 1802 e 1804 [EAOAUC

(1813) 1812, v.9] passa a ser incluída a lista dos astrónomos responsáveis pelos cálculos, *«Pessoas efectivamente empregadas nos trabalhos das Ephemerides, com a declaração dos cálculos pertencentes a cada um»*.

À semelhança do *Connaissance des Temps* e do *Nautical Almanac* também as *Ephemerides do OAUC* publicaram em alguns volumes artigos científicos, bem como diversas tabelas. Esses trabalhos, da responsabilidade científica de Monteiro da Rocha, estão relacionados, de uma maneira ou de outra, com o próprio cálculo, elaboração e uso das efemérides; segue-se a sua lista:

[EAOAUC (1804) 1803, v.1]: – *Tábuas Auxiliares para uso destas Ephemerides, e para o cálculo das Longitudes*; – *Cálculo das Longitudes*; – *Cálculo dos Eclipses e Aplicação do método antecedente ao cálculo dos eclipses da Lua*; – *Tábua do encurtamento dos semidiâmetros do Sol, e da Lua, causado pela Refracção*; *Tábuas de Marte para o meridiano do Observatório Real da Universidade de Coimbra*.

[EAOAUC (1805) 1804, v.2]: – *Continuação das Tábuas Auxiliares [para uso destas Ephemerides, e para o calculo das Longitudes] publicadas no volume I.*

[EAOAUC (1806) 1805, v.3]: – *Uso do retículo Romboidal*; – *Uso do Instrumento de passagens.*

[EAOAUC (1807) 1806, v.4]: – *Demonstração e Ampliação do cálculo dos eclipses proposto no 1º volume destas Efemérides*; – *Tábua das reduções da paralaxe da Lua, e da Latitude dos lugares.*

[EAOAUC (1808-09) 1807, v.5]: – *Exposição dos métodos particulares de que se faz uso no cálculo das Efemérides.*

[EAOAUC (1812) 1811, v.8]: – *Aditamento ao cálculo dos eclipses proposto no 1º volume e demonstrado e ampliado no IV volume destas Efemérides.*

[EAOAUC (1813) 1812, v.9]: – *Aviso aos astrónomos sobre o uso da aberração do Sol no cálculo dos planetas.*

(1806) 1805, v.3] e [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5]; *«as observações de Lisboa, publicadas no terceiro volume destas Efemérides foram feitas desde Março de 1798 até Fevereiro de 1804, pelo Director Manuel do Espírito Santo Limpo, e pelo Ajudante P.J.M. Ciera conjuntamente»* [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5]. E ainda no volume [EAOAUC (1812) 1811, v.8]: as observações realizadas no ano de 1806 por Paulo José Maria Ciera no Observatório Real da Marinha, por Custódio Gomes de VillasBoas, em 1806 na Póvoa do Varzim e do eclipse de Sol de 16 de Junho de 1806 efectuadas em Madrid, *«na casa da Direcção de Hidrografia, rua de Alcalá por D. Fillipe Bauza»*.

Antes de nos ocuparmos sobre as efemérides propriamente ditas, i.e com as *'folhas mensais'*, vamos analisar alguma da informação astronómica que era fornecida nos vários volumes.

13.4.1 *'Catalogo das estrelas principais'*

Publicado pela primeira vez no 3^o volume apresenta as ascensões rectas e as declinações de 426 estrelas[48]. É um catálogo estelar bastante completo, quando comparado com alguns catálogos publicados no *Connaissance des Temps*, que no volume para 1773 catalogava 160 estrelas; ou no *Nautical Almanac*, que no volume de 1834 apresentava *«100 Principal fixed stars»*[49]. As *Ephemerides Nauticas* da ACL apresentavam um catálogo de apenas 30 estrelas.

possívelmente este *Catalogo das estrellas pincipais* poderá ter sido elaborado com base no catálogo de Flamsteed, *Atlas Coelestis* (Londres, 1729), que havia sido recentemente publicado em português, pela ACL, numa tradução da responsabilidade de Francisco António Ciera e de Custódio Gomes Villas-Boas [Ciera & VilasBoas 1804]. Este catálogo apresenta as *«Posições das principais estrelas, para 1 de Janeiro de 1800»* – cerca de 860[50].

Em 1808, o sobrinho de J. Lalande, Michel Lalande (1766-1839) publica no *Connaissance des Temps* um catálogo com 600 estrelas – *Catalogue des 600 étoiles principales, visibles à Paris, pour le commencement de 1810, d'après dernières observations* [CDT (1810) 1808][51] –, com base neste catálogo que as *Ephemerides do OAUC* [EAOAUC (1815-16) 1814, v.11] actualizam o seu próprio catálogo para 498 estrelas[52].

[48] As estrelas estão catalogadas numa tabela de 6 colunas: *«letras, nomes e grandezas das estrelas»*; *«A.R. em tempo e em graus»*; *«variação anual»*; *«Declinação em graus»* e a respectiva coluna da *«variação anual»* da declinação.

[49] Nas *Tables requisite to be used with the nautical ephemeris* (Londres, 1781), é publicada uma tabela com 60 estrelas: *«Table VII - The Right Ascensions and Declinations of the principal fixed stars of the First and Second Magnitudes, adapted to the Beginning of the Year 1780, with their annual Variations»* [Maskelyne 1781, p.7].

[50] O catálogo de Flamsteed é composto por 2935 estrelas, mas que se reduzem a 2876 *«pois tem 21 repetidas, 27 incompletas, 11 duvidosas e 2 do catálogo de Hevelius»*, em 28 cartas celestes [Ciera & VilasBoas 1804, p.vii, xii]. Mais tarde em 1776 Fortin reduziu-as à terça parte do seu tamanho e marcou as posições estelares para o ano de 1780 [Ciera & VilasBoas 1804, pp.vii-xv].

[51] *«M. Lefrançais Lalande a réduit à l'an 1810, le catalogue des 600 principales étoiles, qu'il n'a cessé, depuis 16 ans, de perfectionner par une longe suite d'observations, et pour lequel il a aussi consulté les catalogues de MM. Maskelyne, Piazzi, Cagnoli et de Zach»* [CDT (1810) 1808], p.3, 216].

[52] Por exemplo o catálogo estelar de *'algumas estrelas principais [tabela XX]'* apresentado nas *Taboas perpétuas Astronómicas para uso da navegação portuguesa* da Academia das Ciências de Lisboa publicado em 1815 [ACL 1815, pp.248-250] é extraído do das *Ephemerides* do OAUC.

13.4.2 *'Taboa da diferença dos meridianos dos Lugares principais da Terra'*

Esta tabela que apresenta a diferença de longitudes de vários locais *«relativamente ao Observatório da Universidade de Coimbra com as suas Latitudes, ou Alturas do Pólo»* começou também a ser publicada no 3^{o} volume. Inicialmente copiada das tabelas das posições geográficas publicadas no *Connaissance des Temps* para o ano de 1806 – *«Positions géographiques, ou Table des latitudes des principaux lieux de la Terre y et de leurs longitudes ou différence de méridiens par rapport à l'Observatoire de Paris»* –, mas reduzidas, obviamente, ao meridiano do OAUC, foi posteriormente melhorada. Introduziram-se modificações nas coordenadas geográficas de algumas localidades de Portugal continental e suas colónias[53], acabando mais tarde por servir ela própria de fonte ao *Connaissance des Temps*[54]. Na *'Taboa'* do volume XII são introduzidos *«muitos Lugares do Interior do Brasil, e alguns do Peru, tirados do Grande Mapa manuscrito, que possuímos, do hábil Astrónomo o Doutor António Pires da Silva Pontes Leme»* [EAOAUC (1817-18) 1815, v.12 p.246][55].

As *Ephemerides do OAUC* para 1806 [EAOAUC (1806) 1805, v.3] apresentam 665 localidades por ordem alfabética (portuguesas: Aveiro, Cabo de S. Vicente, Faial, Pico, Coimbra, Lagos, Lisboa, Funchal, Porto (barra da Foz), Madeira, Ilha Terceira (monte Brasil); e brasileiras: Rio de Janeiro, Olinda, Ilha Santa Catarina)[56]. O *Connaissance des Temps* (1806) apresenta as localidades nas não por ordem alfabética, como as de Coimbra, mas por países.

O OAUC, tal como os seus congéneres europeus, incentivava e apelava aos pilotos e marinheiros, bem como a todos os observadores a enviarem-lhe observações astronómicas (especialmente os eclipses dos satélites de Júpiter) que por ventura fizessem e que pudessem servir para determinar as coordenadas geográficas desses locais de observação, encarregando-se o OAUC de proceder aos cálculos necessários – *«Estas observações carecem de uma redução [...], a qual pode ser feita a todo o tempo, e aqui faremos*

[53] *«Somente nos permitimos alterar as posições de alguns Lugares de Portugal ali referidos, substituindo-lhes as que se concluem da cadeia de triângulos, calculados para servir de base à Carta do Reino.»* [EAOAUC (1806) 1805, v.3 p.240].

[54] *«M. Buache a revu la table des positions géographiques, par ordre alphabétique: il a profité, pour ce travail, des nouvelles recherches des astronomes et des navigateurs, et notamment de la table cosmographique publiée dans le dernier volume des Ephémérides de Coimbra, et que l'auteur, M. Monteiro de Rocha, a bien voulu nous communiquer 'avance.»* [CDT (1810) 1808, p.3].

[55] Como já referimos anteriormenteno António P. da Silva Pontes Leme doutorou-se em 1777 e como Geógrafo Real foi responsável pela demarcação da fronteira brasileira com os domínios coloniais espanhóis.

[56] Para as coordenadas de Lisboa foi usado o artigo de Custódio G. Villas-Boas [VilasBoas 1797, p.305]; para a longitude do Rio de Janeiro as observações de Bento Sanches de Orta [Sanches de Orta 1797].

com muito gosto a de todas as que nos forem remetidas, com as quais iremos acertando as posições dos Lugares na Taboa Cosmográfica, que publicaremos neste volume, e continuaremos a publicar nos seguintes.» [EAOAUC (1804) 1803, v.1 p.204].

Dos 19 volumes desta 1^a série só o último, para além dos dois primeiros volumes, não publica esta *'Taboa'*.

13.4.3 *'Taboa Cosmográfica dos Portos, Cabos, Ilhas, e Lugares das Costas Marítimas...'*

Esta *'Taboa Cosmográfica dos Portos, Cabos, Ilhas, e Lugares das Costas Marítimas do Orbe terráqueo, pela ordem das mesmas Costas com as suas Latitudes, e Longitudes contadas do meridiano do Observatório da Universidade de Coimbra'* é de certa maneira uma extensão da anterior, com a particularidade da informação das coordenadas geográficas ser destinada principalmente aos pilotos e marinheiros, pois compreende *«somente os lugares marítimos, os quais vão dispostos pela ordem em que se encontram nas costas»*, desde o *«Norte da Europa, [continuando] pela África, e Ásia até o estreito de Bering entre a América e a Ásia, [até concluir outra vez ao norte] com as Costas do mar Glacial»* [EAOAUC (1806) 1805, v.3 pp.240-241].

No volume V são precisadas as longitudes *«das costas dos domínios espanhóis»*[57] e no volume XII (1815) a costa brasileira é revista, usando-se para tal os registos de Silva Pontes Leme [EAOAUC (1817-18) 1815, v.12 p.241].

Para a elaboração desta informação, à semelhança do que havia sido feito para a *Taboa da Diferença dos Meridianos*, a principal fonte foi o *Connaissance des Temps*, para os anos de 1806 e de 1816, embora se tenham usado *«diversas Cartas Hidrográficas de uma copiosa colecção que possuímos»*[58].

---

[57] *«a Taboa Cosmográfica do presente volume foi totalmente reformada, comparando-se novamente com maior cuidado os mesmos subsídios que serviram para a sua primeira formação, e outros que sobrevieram, donde resultaram numerosas correcções, e aditamentos consideráveis»* [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 p.240].

[58] *«Para as costas do mar do Norte, e do Báltico nos servimos das Cartas de Price, Watson. Lous, e Van der Neer. Para as Costas da Grã-Bretanha, das Cartas de Jeffreys, Huddart Mackenzie, Ainslie, Avery, e outras anónimas publicadas por Sayer, e Bennett. Para as Costas de Espanha, Itália, Berberia, Ilhas dos Açores, Canárias, e de Cabo Verde, das excelentes Cartas de Tosino, e outras publicadas pela direcção Hidrográfica de Madrid. Para o resto de África e maior parte da Ásia, da grande colecção de Sayer e Bennet, intitulada 'East-India Pilot', tirada principalmente do Neptuno Oriental de M. d'Apres [...], Para o Mar Vermelho, as Cartas de Rochette e Capper; para as Costas da Pérsia, as de Dalrymple; para o golfo de Bengala, as de Plaisted, Richie, e Lacam e para N.E. da Ásia as da viagem de La Peirouse. [...] Ilhas do Mar Pacífico de Byron, Carteret, e Cook; Costa N.O. da América da de Van Couver. [...] Peru, e Chile da carta de D. George Juan; e para a Costa do Brasil, das Cartas de Dalrymple, e principalmente da Taboada da Arte de Navegar de Pimentel [...]. A Costa da Guiana foi posta pela carta de La Rochette, a do México, Flórida e Ilhas de Cuba, Jamaica, e de Bahamas, pelas Cartas de Jefferys, e Romans. A dos Estados Unidos, pela de Arrowsmith: a da Nova Inglaterra pelas de Sam. Holland: a da Nova Escócia pelo Neptuno Atlântico de Des Barres: e finalmente a Costa da terra Nova, e Labrador pelas Cartas de Michel Lane, Jeffrerys, e Cook.»* [EAOAUC (1806) 1805,

Entre 1806 e 1819 as *Ephemerides do OAUC* são uma das publicações, a par das estrangeiras, onde mais exaustivamente se fornecem dados sobre as latitudes e longitudes geográficas. Só o último volume [EAOAUC (1828) 1827, v.19] não publica esta informação.

13.4.4 As *folhas mensais* nas *Ephemerides Astronómicas* do OAUC

As *Ephemerides do OAUC* apresentam 10 *'folhas mensais'*, precedidas de duas páginas com informação vária, sobre as *«épocas principais do ano»* (festas móveis religiosas e civis), as datas históricas significativas (p. ex. primeira Olimpíada, fundação de Roma, fundação da Nacionalidade Portuguesa, Reforma da Universidade de Coimbra, etc.); com os *«sinais e abreviaturas»* usadas ao longo do texto; e ainda os eclipses (solares e lunares) que se verificarão no respectivo ano, indicando-se os seus inícios e fins (dados tanto no tempo médio astronómico como no tempo civil); os eclipses visíveis em Coimbra são devidamente assinalados com um asterisco.

Ao contrário do *Connaissance des Temps* e do *Nautical Almanac* que usavam o tempo verdadeiro, ou aparente, as de *Ephemerides do OAUC* eram calculadas para o tempo médio[59]. O tempo baseado na rotação da Terra em relação às estrelas é chamado de tempo sideral, correspondendo 24 horas siderais ao intervalo de tempo que uma determinada estrela passa duas vezes pelo meridiano do lugar (quem diz estrela diz qualquer outro ponto fixo da esfera celeste, como por exemplo o ponto vernal). Define-se tempo sideral como o ângulo horário do ponto vernal[60]. Contudo se nos referirmos ao Sol, e não às estrelas, para medirmos o tempo deparamo-nos com algumas complicações visto o seu movimento ao longo da eclíptica não ser uniforme.

Em relação ao Sol podemos definir dois tipos de contagem de tempo: o tempo solar verdadeiro (ou aparente) e o tempo solar médio. O tempo solar verdadeiro (ângulo horário do centro do Sol) não é uma boa referência para medições de tempo pois o dia solar (intervalo de tempo decorrido entre duas passagens sucessivas do Sol pelo meridiano do lugar) não equivale ao período de rotação da Terra. Por essa razão foi criada uma abstracção teórica, o sol médio, um sol fictício que se desloca sobre o

v.3 pp.240-241]. Para os lugares da baía de Hudson, Gronelândia e *«costa do mar glacial»* Monteiro da Rocha diz que a informação era escassa e que havia estimado o cálculo dessas coordenadas usando *«um globo terrestre de 18 polegadas diâmetro, desenho de Arrowsmith, obra de Jones»*, com um *«erro [que] não passaria de 6′ ou 7′, sendo feito com cuidado»*.

[59] *«Nas Efemérides até agora publicadas tem-se feito a redução necessária de todos os cálculos para corresponderem ao tempo verdadeiro, por ser mais usual, e se haver imediatamente pelas observações. Nestas porém tudo vai correspondente ao tempo médio»* [EAOAUC (1804) 1803, v.1 p.181].

[60] É fácil perceber que a ascensão recta de uma estrela é igual ao tempo sideral que decorre desde que o ponto vernal cruza o meridiano do lugar até que a estrela cruza o mesmo meridiano. Ou seja o tempo sideral T é a soma algébrica do ângulo horário de uma estrela $h*$ qualquer, com a sua ascensão recta, $a.r.*$, ou seja: $T = h * + a.r.*$

equador à velocidade média do sol verdadeiro. Define-se o tempo solar médio (TSM) de maneira análoga à de tempo solar verdadeiro (TSV) mas referente ao sol médio, assim o tempo solar médio é o ângulo horário do centro do sol médio. Estes dois tempos relacionam-se através da chamada equação do tempo, equação esta que dá a diferença entre o tempo solar verdadeiro e o tempo solar médio (as efemérides forneciam esta diferença entre o meio-dia verdadeiro (passagem meridiana do Sol) e o meio dia do sol médio)[61].

As *Ephemerides do OAUC* ao apresentarem as suas efemérides segundo o tempo médio estavam mais próximas das necessidades dos astrónomos, pois os relógios dos observatórios regulam-se pelo sol médio e não pelo sol verdadeiro, do que das necessidades dos marinheiros que usavam o tempo verdadeiro (o meio-dia solar verdadeiro era facilmente obtido através da observação da passagem meridiana do sol). Em 1833 o *Nautical Almanac* inglês passa a fornecer os seus dados para o tempo médio em vez, como fazia desde o 1^o volume, para o tempo verdadeiro [NA (1834] 1833, p.xii][62].

Outra novidade das *Ephemerides do OAUC*, que também seria mais tarde integrada no *Nautical Almanac* [NA (1834] 1833, p.xvi], é a introdução das medidas angulares em graus (de 0° a 360°) e não as usuais e antigas designações dos signos (1 signo equivalia a 30°) – *«[é] deixada a antiga denominação dos Signos, contam-se os graus seguidamente até 360° [...]; e em vez de segundos, tomam-se as centésimas de minuto, que representam mais exactamente os resultados do cálculo, e facilitam muito as operações das partes proporcionais, que frequentemente se devem fazer»* [EAOAUC (1804) 1803, v.1 p.216].

A preocupação de Monteiro da Rocha com a elaboração e incorporação destas novidades nas Ephemerides é manifestada abertamente a Francisco de Lemos,

> *«actualmente estou dirigindo os trabalhos da Efeméride Astronómica, que há-de sair para o ano de 1804, e insta muito a conclusão dele, que não pode efectuar-se senão estando eu aqui. Neste trabalho diferente de todas*

[61] As diferenças entre tempo médio e o tempo verdadeiro chega a ser de cerca de 16 minutos no seu maior valor positivo e cerca de 14 minutos no seu maior valor negativo, assim quando se faz a determinação da longitude de um local pela medida da passagem meridiana do Sol, se não se corrigir a hora local do meridiano pela equação do tempo, poderemos introduzir um erro de até cerca de 4 graus na longitude.

[62] *«The attention of the Committee was, in the first instance, directed to a subject of general importance, as affecting almost all the results in the Nautical Almanac; viz., whether the quantities therein inserted should in future be given for apparent time (as heretofore), or for mean solar time. Considering that the latter is the most convenient, not only for every purpose of Astronomy, but also (from the best information they have been able to obtain) for all the purposes of Navigation; at the same time that it is less laborious to the computer, and has already been introduced with good effect into the national Ephemerides of Coimbra and Berlin, the Committee recommend the abolition of the apparent time in all the computations of the Nautical Almanac; excepting only the place, &c of the sun at the time of its transit over the meridian».*

as outras Ephemerides em muitos pontos essenciais, interessa o crédito da nação, da Universidade e o meu; e por isso sou absolutamente necessário aqui até à conclusão dele. Depois de acabado poderão continuar-se os anos seguintes, segundo o plano de operações estabelecido, e no caso de oferecer-se alguma dúvida por escrito poderei responder-lhes de outra parte [25 de Dezembro de 1802]» [Teófilo Braga 1898-1902, v.4 p.267].

- **folhas mensais**

A **folha I** é dedicada às efemérides do Sol,

> *«Nesta página se achará para cada dia do mês ao meio-dia médio a longitude, ascensão recta, e declinação do sol, com a equação do tempo; e no fundo dela, de seis em seis dias, os seus movimento horários, semidiâmetro; tempo de passagem dele pelo meridiano, paralaxe horizontal, e logaritmo da sua distância tomada a media como unidade»* [EAOAUC (1804) 1803, v.1 p.181]

Nela são apresentadas duas tabelas: uma diária, com a longitude, a ascensão recta (*a.r.*), a declinação (*dec.*) e a equação do tempo; e outra intervalada de 6 em 6 dias com os movimentos horários do Sol em longitude, ascensão recta e declinação; o seu semidiâmetro; o instante de passagem pelo meridiano; a paralaxe e o logaritmo da sua distância à Terra.

A longitude do Sol é importante para muitos cálculos associados às efemérides, pois permite a verificação de outros cálculos para instantes de tempo que não os tabelados. Serve por exemplo para determinar as distâncias angulares Sol-Lua (sabendo-se obviamente também a longitude desta) independentemente das tabelas de distâncias lunares. A ascensão recta do Sol, expressa em tempo, é muito importante na prática observacional dos observatórios pois serve para acertar e aferir os relógios e as pêndulas. Serve também para calcular o instante de passagem de uma dada estrela, Lua ou planetas pelo meridiano do observatório.

O conhecimento da declinação do sol, *«a qual sendo austral é marcada com o sinal $-$, e sendo boreal com o sinal $+$»*, é necessário para a determinação da latitude geográfica do lugar, seja ele no meio do mar a bordo de um navio, ou em terra. É ainda necessária no cálculo das longitudes quando se usa o método das distâncias lunares, permitindo calcular a altura do Sol (quando esta coordenada não é medida pode ser calculada indirectamente através da latitude do lugar, do ângulo horário do Sol e da sua declinação). Serve também, sabendo-se a latitude do lugar, para calcular o tempo aparente para uma dada altura meridiana do Sol, ou para calcular o seu nascimento e ocaso. Embora as *Ephemerides do OAUC*, à semelhança das francesas e inglesas, fornecessem explicitamente as tabelas das ascensões rectas e declinações do sol, estas podiam ser calculadas directamente através da sua longitude e do valor da inclinação da eclíptica[63].

A equação do tempo serve para reduzir o tempo médio ao tempo aparente, como vimos, e *«leva o sinal − quando é subtractiva do tempo médio para ter o verdadeiro, e o sinal + quando é aditiva; e o contrário será quando pelo tempo verdadeiro se quiser saber o médio»*[64]. O seu cálculo é feito através da diferença da ascensão recta verdadeira do Sol e da sua longitude média, corrigida pela equação dos equinócios em ascensão recta.

O movimento horário do Sol é importante para o cálculo dos eclipses lunares e solares, bem como, desconhecendo-se as distâncias lunares (Sol-Lua), para determinar o instante em uma determinada distância lunar é observada.

O semidiâmetro é necessário para determinar o centro do Sol quando se observa a altura do seu limbo (superior ou inferior) e a distância da Terra ao Sol é necessária para o cálculo das órbitas dos cometas e planetas.

A **folha II** diz respeito ao meridiano do OAUC, fornecendo a sua ascensão recta e uma relação dos *'Fenómenos e Observações'* de interesse que nele se observarão no mês em questão. A ascensão recta do meridiano (que é dada em tempo e em graus) é o ponto do equador celeste que, para o meio-dia médio, passa pelo meridiano do OAUC. Esta coordenada relaciona-se com a passagem dos astros pelo meridiano do lugar pois a passagem de uma estrela, pelo meridiano do lugar, dá-se quando a sua *a.r.* coincide com a *a.r.* do meridiano[65]. Os fenómenos e observações elencados *«são os mais importantes de cada mês»* e compreendem as conjugações da Lua com as estrelas e planetas (dadas em *a.r.*), bem como as conjugações entre estes últimos astros. Para as conjugações que serão observadas em Coimbra *«e com pouca diferença em todo o reino de Portugal»* (para outros lugares do planeta o efeito das paralaxes pode

[63] Era assim que estas tabelas eram na realidade construídas, usando-se para tal as seguintes relações: $\tan(a.r.) = \tan L \times \cos\omega$; e $\sin(dec.) = \sin L \sin\omega$ (onde L é a longitude do sol e ω a inclinação da eclíptica).

[64] Nas *Ephemerides* para 1848 a definição é dada sob uma outra forma: *«A equação do tempo é a diferença entre a Ascensão Recta média do Sol e a verdadeira. Tem o sinal + quando a Ascensão recta média é maior que a verdadeira, e o sinal − quando é menos. No primeiro caso é o Sol verdadeiro que passa primeiro pelo meridiano, e portanto é mais do que meio-dia verdadeiro quando chega a passar o Sol médio. Acontece o contrário no segundo caso. Assim quando é dado o tempo médio de um fenómeno, e se pretende o verdadeiro aplica-se ao médio a equação do tempo com o sinal, que tem nas Efemérides; e quando é dado o verdadeiro, e se deseja o médio, aplica-se a Equação ao verdadeiro com o sinal contrário.»* [EAOAUC (1848) 1845, p.123].

[65] No caso dos planetas também é assim, com a diferença de que as suas *a.r.* variam diariamente sendo por isso necessário ter em conta essa variação. O caso da Lua é diferente devido, como veremos, à natureza do seu movimento.

fazer com que o fenómeno não seja visível) a tabela fornece os instantes de imersão e emersão, especificando-se no caso da Lua *«os pontos da circunferência da Lua por onde há-de entrar e sair a estrela contados em graus desde o ponto mais alto da Lua para oriente quando tiverem o sinal +, e para ocidente quando tiverem −»*.

À semelhança das outras efemérides também as do OAUC usam uma notação própria para informar sobre as conjugações. A conjugação da Lua ou planeta com uma estrela é abreviada pelo uso dos símbolos que representam os astros em causa, precedidos pela data em que o fenómeno ocorre. Se tratar de uma ocultação é usada a mesma forma com as expressões *'Im.'* ou *'Em.'*, significando respectivamente uma imersão ou emersão.

A observação meticulosa e o registo cuidado destes fenómenos astronómicos é a base para a elaboração das tabelas astronómicas – *«as observações dos eclipses do Sol e das estrelas são da maior importância, tanto para rectificar as Tábuas da Lua, como para determinar a Longitude Geográfica dos Lugares onde elas se fizerem»* [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.189-190] –, sendo por isso mesmo de mais utilidade ao astrónomo do que ao marinheiro[66]. Eram porém fornecidas algumas considerações técnicas e instrumentais a ter em conta por pessoas com menos prática aquando das observações dos eclipses, nomeadamente na atenção que deviam ter com os telescópios de reflexão por causa das imagens invertidas – *«os de reflexão regularmente põem os objectos às direitas»* –, ficando assim os pontos cardeais Este e Oeste trocados. Os requisitos técnicos/instrumentais para estas observações eram relativamente acessíveis aos marinheiros, como escrevem as *Ephemerides Náuticas* da ACL: *«para fazer as observações [aos marinheiros] basta ter um relógio de segundos, regulado por alturas correspondentes, tomadas com o octante, e um óculo acromático de 30, ou 36 polegadas, que custa 6, ou 7 moedas.»* [EA (1789) 1788, p.155]; ou o *Nautical Almanac* inglês [NA (1803) 1796, pp.151-152].

A **folha III** diz respeito às efemérides dos planetas, sendo dadas as suas longitudes e latitudes heliocêntricas e geocêntricas; as *a.r.*, e as *dec.*; os instantes de passagem pelo meridiano e as paralaxes dos planetas Mercúrio, Vénus, Marte, Júpiter, Saturno e Úrano. Para Mercúrio *«cujo movimento é mais rápido, e menos uniforme»* as efemérides são dadas de 3 em 3 dias, para os planetas Vénus, Marte, Júpiter e Saturno de 6 em 6 e para Úrano de 15 em 15 dias.

As longitudes e latitudes dos planetas permitem identificar (ou reconhecer) esses

[66] A observação, por exemplo, dos eclipses pode ser usada para a determinação das longitudes geográficas e por conseguinte os próprios marinheiros são incentivados nas *Ephemerides Nauticas* da ACL a realizá-las: *«e ainda que o seu objecto é de todo de pura Astronomia, contudo os navegantes que tiverem meios para fazer as ditas observações, farão nisso muito serviço à Geografia. No mar é certo que as não podem fazer; mas quando estiverem ancorados, poderão fazer algumas que serão bem úteis, principalmente na Costa do Brasil cuja situação é ainda bem incerta.»* [EA (1789) 1788, p.154].

mesmos planetas no céu estrelado. As suas ascensões rectas, as declinações e os tempos de passagem pelo meridiano servem para a calibração dos instrumentos meridianos (quadrantes e instrumentos de passagens) e correcção das tabelas astronómicas. A declinação dos planetas superiores pode também servir para a determinação da latitude do lugar da observação (os planetas inferiores são de pouca serventia pois raramente são visíveis).

As **folhas IV, V, VI** e **VII** apresentam as efemérides da Lua – (*folha IV*): longitude (0h e 12h), a paralaxe horizontal equatorial e as fases da Lua; (*folha V*): latitude (0h e 12h), semidiâmetro horizontal e a entrada da Lua nos signos do zodíaco; (*folha VI*): ascensão recta (0h e 12h), passagem pelo meridiano e os pontos lunares; (*folha VII*): declinação (0h e 12h); longitude do nodo ascendente e a equação dos pontos equinociais (em longitude e em ascensão recta).

A ascensão recta e a declinação da Lua servem para determinar a sua altura quando esta não pode ser observada (a declinação serve para determinar a latitude geográfica quando se observa a sua altura meridiana). O nodo ascendente da Lua serve para calcular a nutação. O instante de passagem da Lua pelo meridiano fornecido é útil para o cálculo das marés.

Devido à proximidade do Sol o movimento da Lua em redor da Terra é fortemente perturbado fazendo variar significativamente ao longo do dia a sua longitude e latitude, que são por isso mesmo fornecidas em dois instantes diários diferentes: às 0h e 12h. Para instantes não tabelados geralmente empregava-se a interpolação por segundas diferenças finitas; como veremos mais à frente as *Ephemerides* Astronomicas do OAUC propuseram um método próprio de interpolação – *«Exposição dos métodos particulares de que se faz uso no cálculo das Ephemerides»* [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 pp.iii-xxxvii].

Nas **folhas VIII** e **IX** são tabeladas as distâncias lunares – *«Nestas duas páginas se acharam as distâncias da Lua às estrelas, e Planetas, tanto para Oriente como para Ocidente dela»* [EAOAUC (1804) 1803, v.1 p.201] –, (*folha VIII*)**:** *Distância do centro da Lua às Estrelas e Planetas orientais*; (*folha IX*): *Distância do centro da Lua às Estrelas e Planetas ocidentais.* As distâncias da Lua aos planetas às estrelas são *«calculadas para o meio-dia e para a meia-noite do meridiano de Coimbra, tempo médio»*.

Também aqui as *Ephemerides do OAUC* inovam ao apresentarem não só as distâncias lunares ao Sol e às estrelas como faziam as efemérides estrangeiras, mas também aos planetas Vénus, Marte e Júpiter, fáceis de localizar e observar e a permitirem observações no crepúsculo**.** No que concerne às estrelas escolhidas as *Ephemerides do OAUC* não usam apenas as estrelas mais comummente usadas pelas outras efemérides, variando a escolha em virtude da posição relativa da Lua para o mês em questão.

Por último a **folha X** é reservada aos eclipses dos satélites de Júpiter e às suas posições relativas no instante dos eclipses. Ao contrário do *Connaissance des Temps* ou do *Nautical Almanac*, as *Ephemerides* do OAUC não apresentam em esquema as configurações das posições relativas de Júpiter e dos seus satélites, por se considerar que essa apresentação tinha pouca exactidão e por isso de interesse prático reduzido.

As *Ephemerides* de Coimbra davam as posições dos satélites segundo um sistema de coordenadas próprio: *«uma tomada desde o centro do planeta paralelamente às bandas para oriente ou para ocidente, e a outra que chamamos latitude perpendicular à extremidade dela para o Norte ou para o Sul [...] e ambas em partes de que o raio do planeta é a unidade»*; as posições eram dadas em 3 colunas (para cada um dos 4 satélites): *«Im. occ.»*; *«Em. occ.»* e *«Lat. S.»*. Assim por exemplo, estando respectivamente na coluna 1 e na coluna 3 os números 1.59 e 0.22, significava que a imersão se havia de dar a 1.59 do raio do planeta para ocidente e 0.22 do raio para sul, de modo que *«com os ditos números pode fazer-se uma figura, que represente o lugar onde há-de suceder a imersão, ou emersão, de que se tratar»* [EAOAUC (1804) 1803, v.1 p.204].

13.4.5 O *'Calendário Náutico'*

Como escrevemos atrás as *Ephemerides do OAUC* usavam o tempo médio e nas efemérides da Lua propunham um método próprio de interpolação dos vários instantes, particularidades que causavam alguma dificuldade aos pilotos da marinha. Estas dificuldades são reflectidas por Mateus Valente do Couto em carta para Gaspar F. Morais, Secretário de Estado dos Negócios do Reino,

> *«Não devo omitir a V. Majestade o que a experiência me tem mostrado a respeito dos Pilotos, que, pelo decurso de mais de vinte anos, examinei, como lente do 3º ano da Academia Real da Marinha; e vem a ser: que havendo as Ephemerides de Coimbra desde 1804, até o presente, ainda os Pilotos se não tem podido habituar a calcular por elas, dando sempre preferência ao Almanak de Greenwich, procedendo isto de se ter seguido hum plano diferente no cálculo das efemérides do que já estava adoptado no Almanak e Conhecimento dos Tempos. Com efeito ainda que as Ephemerides de Coimbra sejam (como realmente são) excelentes e pre[paradas] para o uso de hum observatório; contudo, não é tão fácil o seu uso na prática ordinária da Pilotagem; porque, os Pilotos, estão afeitos a calcularem tudo por uma simples proporção para o tempo verdadeiro, que se obtém imediata-*

> *mente pelas observações: e que não acontece nas Ephemerides de Coimbra, em que tudo se acha referido ao tempo médio. É conveniente portanto, que para o futuro se altere o plano e [?] das mencionadas Ephemerides; para que a Universidade não perca na impressão delas, e a Navegação possa utilizar-se da sua publicação [2 de Dezembro de 1824]»* [OAUC Cx. documentos avulsos].

Os responsáveis de Coimbra (nesta altura o director interino do OAUC e responsável pelas Ephemerides era Joaquim Maria de Andrade (1768-1830)) sensíveis aos argumentos passam a incluir então, em 1826, um *«Calendário Náutico em tempo verdadeiro com as distâncias da Lua de três em três horas para maior comodidade dos Navegantes»*, como se pode ler na *Advertência* do volume XVII,

> *«Alguns dos nossos Navegantes tendo desejado que os cálculos destas Ephemerides de que ordinariamente se servem, fossem dados em tempo verdadeiro; e as Distâncias da Lua, de 3 em 3 horas, para se pouparem a algum leve trabalho: julgamos conveniente condescender com o seu gosto, publicando, a par da antiga Ephemeride, um Calendário Náutico, em que achem as comodidades que desejam, e que costumam encontrar no Nautical Almanac.»* [EAOAUC (1826) 1825, v.17]

Destinava-se portanto o *Calendário* à simplificação dos cálculos necessários para a determinação das longitudes e que se viam mais complicados pelo uso dos dados astronómicos que as *Ephemerides Astronomicas* vinham até a este volume publicando.

O *'Calendário Náutico'* é composto por 6 *folhas mensais*: (*folha I*) calendário, com festividades religiosas e efemérides civis; fases da Lua; ascensão recta e declinação do Sol *«para o meio-dia verdadeiro, no meridiano de Coimbra»*; (*folhas II* e *III*) *«distância do centro da Lua ao dos Planetas e Estrelas, que lhe ficam para Oriente»*; (*folhas IV* e *V*) «*distância do centro da Lua ao dos Planetas e Estrelas, que lhe ficam para Ocidente»*; (*folha VI*) eclipses dos satélites de Júpiter; posição dos mesmos satélites no tempo dos eclipses, por serem *«muito útil à Geografia e Navegantes, quando saltam em terra.»*[67].

Estas alterações vêm efectivamente simplificar a vida aos marinheiros. A ascensão recta do Sol em tempo verdadeiro servia para achar a hora a bordo (sendo o meio-dia dado pela passagem do Sol pelo meridiano) e também para regular os relógios a bordo (quando se havia calculado o ângulo horário correspondente à altura de uma astro

[67] A inclusão da *folha VI* referente às posições dos satélites de Júpiter passa a ser feita no *Calendário*, deixando de o ser nas habituais *folhas mensais* das EAOAUC.

qualquer); a declinação do Sol ao meio dia verdadeiro permitia comparar as medições meridianas efectuadas a bordo do navio. Mas a maior simplificação proporcionada pelo *calendário náutico* surge nas tabelas das distâncias lunares que passam a ser fornecidas de 3 em 3 horas (0h, 3h, 6h, 9h, 12h, 15h, 18h e 21h) e não de 12 em 12 horas (0h e 12h) como se fazia[68], dispensando assim o recurso a interpolações de segundas diferenças, ou ao método proposto pelas próprias Ephemerides do OAUC, bastando para tal o uso das regras de 3 simples de proporção directa – *«com elas se achará o que compete a outros intervalos por uma simples proporção»,* tal como o *Nautical Almanac* o fazia: *«The Distances of the Moon from the Sun and fixed Stars, are set down to every Three Hours of apparent Time by the Meridian of Greenwich, and ate designed to relieve the Mariner form the the Necessity of a Calculation, which he might think prolix and troublesome»* [NA (1803) 1796, p.159].

Curiosamente este *Calendário* só foi publicado nos 3 últimos volumes da 1^a série, pois ao retomar-se em 1840 a 2^a série as modificações sugeridas por Mateus Valente do Couto deixam de ser incluídas e retoma-se outra vez o projecto original das *Ephemerides do OAUC*, anterior a 1825. O carácter mais astronómico que náutico prevalece.

É curioso o facto de Mateus Valente do Couto não mencionar as *Ephemerides Nauticas* da ACL que se também se publicavam e que apresentavam os dados astronómicos conformes a prática e uso dos marinheiros e que seriam, pelo menos eram-no nos anos 1850' e 1860', uma das publicações da ACL que mais se vendiam. Em 1861 quando Daniel da Silva (1814-1878) propôs a extinção destas efemérides [ACL Liv. 36B da Secretaria da ACL, 21-02-1861], alegando o facto da Universidade de Coimbra publicar também efemérides e outras nações marítimas se contentarem com apenas uma publicação desse género, Mateus Valente do Couto Diniz contesta com o facto de ser essa obra uma das que mais lucro dá à ACL e quanto à publicação da Universidade não era *"tão própria para os usos da navegação"* (precisamente pelo que acabámos de expor). Cria-se uma Comissão para estudar o assunto e em Fevereiro de 1863 é aprovado o parecer que decide pela suspensão da publicação das *Ephemerides Nauticas* da ACL [ACL Liv. 36B da Secretaria da ACL, 05-02-1863].

13.4.6 As *'Taboas Auxiliares para uso destas Ephemerides'*

Em 1767, aquando da publicação do primeiro volume do *Nautical Almanac* é também publicado um livro com várias tabelas subsidiárias para ser usado em articulação com

[68] Os astrónomos usavam uma contagem diferente para o tempo. O dia astronómico tinha início ao meio-dia e contava 24h até ao meio-dia seguinte, diferindo por isso do tempo civil: *«do meio-dia até à meia-noite concorda o tempo astronómico com o civil; mas da meia-noite até ao meio-dia às horas da manha do tempo civil ajuntam-se 12h, e referem-se ao dia antecedente; e reciprocamente, das horas do tempo astronómico tiram-se 12h, e o resto são horas da manhã do dia civil seguinte».*

as efemérides do próprio *Nautical Almanac – Tables Requisite to be used with the Nautical Ephemeris* (Londres, 1767)[69]. As próprias *Connaissanse des Tems* também publicam em vários volumes inúmeras tabelas com o mesmo propósito de ajudarem e abreviarem os cálculos dos seus utilizadores. Também as *Ephemerides Nauticas* da ACL incluem logo no seu primeiro volume 12 tábuas *«úteis para a navegação»*[70]; tendo mais tarde a Academia, em 1800 e 1815, publicado autonomamente essas e outras tabelas (refracções; inclinação do horizonte; paralaxes e semidiâmetros do Sol e da Lua; reduções de declinação e ascensão recta do Sol para outros instantes e meridianos; redução da altura aparente da Lua à altura verdadeira, entre outras)[71].

Também os tratados e compêndios de náutica (p. ex. o *Nouveau traité de navigation* (Paris, 1760), de Bouguer; ou o *Traité de Navigation* (Paris, 1769), de Bezout) publicavam várias tabelas para ajudar no uso do *Connaissance de Temps.* Geralmente estas tabelas eram fornecidas ao longo do compêndio onde os temas a tratar as exigiam (na 2^a edição do *Traité de Navigation de Bezout* (Paris, 1793) estas tabelas são condensadas no final da obra sob um capítulo intitulado *'Tables à l'usage de la navigation'*). Em 1801 Josef Mendonza e Rios (1761-1816) publica uma série de 33 tabelas facilitar os cálculos e o uso das efemérides [Mendonza e Rios 1810, p.v]. Sobre a história e elaboração deste tipo de tabelas auxiliares e complementares veja-se [C. Cotter 1975].

Assim à semelhança destas publicações também as *Ephemerides Astronómicas* do OAUC publicaram nos volumes [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.121-170] e [EAOAUC

[69] Em 14 anos os 10000 exemplares que haviam sido publicados esgotaram-se, tendo sido publicada em 1781 uma 2^a edição revista e aumentada [Maskelyne 1781, pp.v-vi].

[70] São elas: *Inclinação do horizonte verdadeiro com o horizontal visual (elevação acima do Mar – inclinação do horizonte); Paralaxe do Sol em diversos graus de altura (1º Janeiro; 1º Abril e Outubro; 1º Julho); Taboas da Refracção, segundo as observações de Mr. Bradley (altura aparente – refracção); Aumento do semidiâmetro horizontal da Lua em diversos graus de Altura; Taboa de correcção, que se deve fazer à paralaxe de Paris para a reduzir a outras latitudes; Taboa para reduzir a altura aparente da Lua à altura verdadeira, ou diferença da paralaxe da altura à refracção; Taboa para reduzir o tempo em partes do Equador, ou em graus de Longitude terrestre; Taboa para reduzir em tempo os graus de longitude terrestre, ou partes do Equador; Taboa da correcção, que procede da divisão do plano, em que se observa o contacto dos limbos; Equação das alturas correspondentes para determinar o meio-dia verdadeiro na latitude de Lisboa* $38° \ 42' \ 40''$*; Ascensão Recta, e declinação das estrelas principais para o 1º de Janeiro de 1789, com a sua variação anual; Distância do equinócio ao Sol, ou complemento da Ascensão Recta do Sol em H, m, s (todo o ano de 1789); Taboa das Amplitudes (declinações – latitudes, ou alturas do Pólo); Taboa da quantidade, que varia a Amplitude dos astros perto do horizonte, por um grau de mudança em altura.*

[71] Logo aquando do primeiro volume das *Ephemeriedes Nauticas* (1786) escrevia-se no respectivo prólogo: *«Brevemente se publicará por ordem da Academia Real das Sciencias de Lisboa um volume, que contenha todas as taboas perpétuas, que servem para a Navegação, [...] que imprimindo-se todos os anos nas Ephemerides, as fariam mais dispendiosas, e menos cómodas»;* e na verdade, em 1800, a ACL faz publicar as *Taboas auxiliares nos usos das Ephemerides Nauticas e Astronomicas* (Lisboa, 1800), com 32 tabelas, e em 1815 as '*Taboadas perpetuas astronomicas para uso da navegação portugueza mandadas compilar pela Academia das Sciencias de Lisboa* (Lisboa, 1815).

(1805) 1804, v.2 pp.121-165] as suas *'Taboas auxiliares para uso destas Ephemerides, e para o calculo das Longitudes'* – um total de 44 (= 22 + 22) tabelas[72]. O objectivo destas tabelas era poupar tempo nos cálculos e facilitar a vida àqueles que não dominavam com ligeireza as ferramentas matemáticas, nem compreendiam os princípios usados na elaboração das efemérides - ver uma descrição pormenorizada em anexo. Delambre aprecia-as, mas considera que em alguns casos em vez de facilitarem, acabam por complicar os cálculos: *«Ces tables, quoique fondées sur des artificies de calculs ingénieux, donnent quelque fois des solutions plus longues que celles auxquelles on est accoutumé»* [CDT (1808) 1806, p.456]. É certo, que em alguns casos assim possa ser, mas a verdade é que estas tabelas foram construídas para serem utilizadas sem o recurso ao uso das usuais tabelas trigonométricas e de logaritmos, pois são construídas para elas próprias forneceram os valores das funções trigonométricas necessárias (ver anexo). Porém o grande inconveniente é que a sua utilização vê-se restringida apenas a quem possuísse estes dois primeiros volumes das *Ephemerides* do OAUC, visto não terem sido impressas em mais nenhum outro volume nem em separata[73], ficando assim o seu uso mais comprometido para o piloto do que para o astrónomo, que facilmente poderia encontrar na sua biblioteca ou na do seu observatório os dois volumes em causa. Talvez não tivesse sido má ideia a sua publicação em separado à semelhança do que fez a ACL – a não publicação autónoma, não será um pequeno reflexo do carácter astronómico que se quis desde o início para as *Ephemerides do OAUC*? Talvez sim.

13.5 *'Exposição dos métodos particulares de que se faz uso no cálculo das Ephemerides'*

Vimos anteriormente que as *Ephemerides Astronomicas* do OAUC eram calculadas para o meio-dia médio do meridiano do Observatório. Em face disso era necessário proceder a alguns cálculos se se pretendesse determinar a posição de um astro para uma outra hora, ou local; ou determinar em que instante certa coordenada, por exemplo a longitude do Sol, assumia um determinado valor específico (o problema inverso portanto); ou determinar ainda para um outro qualquer meridiano, que não o do OAUC,

[72] Já no seu manuscrito sobre o método das longitudes (1767), que será analisado no capítulo seguinte, Monteiro da Rocha apresenta 12 tabelas auxiliares – *«para uso das observações da Longitude não somente é necessário ter a Efeméride Náutica calculada para o dia da observação; mas também são precisas algumas outras Tabuas, as quais como são imutáveis, ou ao menos não carecem de mudança sensível por espaço de um século, julguei conveniente, que fossem incorporadas a este Tratado»* [BNP Ms.511, fl.32]. Este trabalho será analisado no capítulo seguinte.

[73] Facto que é notado, e com razão, por Delambre, que pensa que as tabelas foram publicadas em vários volumes – mas apenas o foram no 1^o e 2^o: *«mais ces tables auxiliares se trouvant disséminés dans les volumes de plusieurs années, deviendront moins commodes de jour en jour, à moins qu'on ne prenne le parti de les réunir toutes dans un appendice que l'on imprimerait en nombre suffisant pour être annexé à chacun des volumes.»* [CDT (1808) 1806, p.456].

e para qualquer instante a posição de um determinado astro; ou, ainda, determinar por exemplo a passagem de uma estrela pelo meridiano do OAUC, ou outro por outro meridiano qualquer. Os cálculos para tal não eram muito complicados, bastava, e na maior parte das vezes assim o era, o recurso à regra de três simples, ou seja à interpolação linear.

Se o recurso a uma interpolação linear é suficiente no caso do Sol ou até mesmo dos planetas, já no caso da Lua não é assim. Devido à natureza do seu movimento fortemente perturbado e com significativas variações ao longo do dia (daí que as suas coordenadas fossem tabeladas de 12 em 12 horas, meio-dia e meia-noite), o recurso à proporção linear não é suficiente para interpolar outros valores com a exactidão exigida. Assim, no caso dos lugares da Lua, o *Connaissance des Temps* e o *Nautical Almanac* recorriam a interpolações com diferenças finitas até à 2^a ordem:

> *«Les longitudes de la Lune que nous avons calculées de 12 en 12 heures, suffisent pour trouver par de simples parties proportionnelles la longitude de la Lune pour les heurs intermédiaires, sans se tromper jamais de plus d'une minute; mais il importe souvent d'éviter cette erreur qui peut aller à une minute, & qui vient de l'inégalité du mouvement de la Lune pendant douze heures. On l'évite en effet par le calcul des secondes différences»* [CDT (1771) 1769, p.204].

Por conseguinte, para os cálculos da Lua era necessário um maior esforço computacional exigido por métodos de interpolação que não os lineares se se pretendesse uma maior exactidão nos valores a calcular. Este esforço embaraçava os pilotos que necessitavam das efemérides da Lua para a determinação das longitudes terrestres, por isso mesmo era fornecido nas várias efemérides as distâncias da Lua ao Sol e às estrelas em intervalos de 3 em 3 horas permitindo assim o uso da interpolação linear sem perda de exactidão[74]. Como vimos anteriormente este foi um dos motivos da inclusão do *'Calendário Náutico'* nas *Ephemerides do OAUC* com as distâncias lunares de 3 em 3 horas e não de 12 em 12 como vinham fazendo.

Ao contrário do *Connaissance des Temps* e do *Nautical Almanac* que calculavam directamente a partir das tábuas astronómicas as efemérides da Lua tanto para o meio-dia como para a meia-noite, as *Ephemerides* de Coimbra calculavam apenas o lugar do meio-dia directamente das tábuas, sendo o lugar da meia-noite obtido por interpolação

[74] Note-se que um erro de $1'$ na posição da Lua origina aproximadamente um erro de meio grau na determinação da longitude terrestre, o que ao nível do equador terrestre implica cerca de 55km de distância.

– *«porque nos basta empregar neles [nos cálculos] um só calculador, e somente para os do meio-dia.»*[75].

Monteiro da Rocha propõe então para a elaboração das efemérides da Lua, *«que são os de mais importância, e os de mais trabalho»*, um método de interpolação que publica no volume [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 pp.iii-xxxviii], intitulado: *«Exposição dos Methodos Particulares de que se faz uso no cálculo destas Ephemerides»*[76].

O seu índice é o seguinte:

- *I – Problema Geral* (p.1, §.1);
- *II – Problemas Particulares* (p.6, §.14);
- *III – Redução dos problemas antecedentes ao caso das diferenças oitavas, ou n=4* (p.15, §.31);
- *IV – Uso das fórmulas antecedentes* (p.18, §.40);
- *V – Regra de Interpolação* (p.27, §.72);
- *VI – Demonstração da regra antecedente* (p.32, §.86);
- *VII – Outra Regra* (pp.36-38, §§.98-106).

Este trabalho divide-se em duas partes: a primeira, que corresponde às secções I-IV, é dedicada ao problema da correcção das tabelas de efemérides pela análise das diferenças finitas e às respectivas correcções – *«Pelas diferenças conhecemos e corrigimos os [valores] defeituosos»*; a segunda (secções V-VII) propõe um método de interpolação que servirá não só para o cálculo das coordenadas da Lua para a meia-noite, como também para o cálculo de outros instantes que não os tabelados – *«por um método particular de interpolação deduzimos os das meias-noites, juntamente com os números subsidiários A, e B correspondentes a todos»*. A figura seguinte exemplifica uma tabela das latitudes da Lua (Julho de 1807) com as colunas dos *números subsidiários A e B*.

[75] No *Nautical Almanac* Maskelyne empregava dois calculadores distintos um para os lugares da Lua ao meio-dia e outro para a meia-noite, os restantes cálculos eram efectuados por 2 pessoas e verificados por uma terceira: *«All the Articles of the Ephemeris were computed by two separate Persons, and examined by a third, except the Moon's Longitude, Latitude, Right Ascension, Declination, Semidiameter and Parallax, which for Noon were computed by one Person, and for Midnight by another, and the Truth of these Calculations ascertained by Means of Differences, which for the Moon's Longitude, were carried as far as the Fourth Order.»* (Nautical Almanac (1766), preface).

[76] Este artigo seria também publicado em separata [Monteiro da Rocha 1807]; e seria inclusivamente traduzido e publicado em francês no ano seguinte por Manuel Pedro de Melo [Melo 1808, pp.121-180]. Existe ainda uma versão manuscrita na ACL [ACL Ms. Azul 207].

D.	0h			12h		
	Latit.	*A*	*B*	*Latit.*	*A*	*B*
1	+ 4° 18',91	− 1',603	− 10,3	+ 3° 58,17	+ 1',851	− 9,7
2	3 34,54	2,085	9,0	3 8,20	2,302	8,2
3	2 39,37	2,500	7,2	2 8,30	2,674	6,1
4	1 35,30	2,821	4,8	+ 1 0,72	2,937	− 3,3
5	+ 0 24,96	3,017	− 1,7	− 0 11,52	3,057	+ 0,1
6	− 0 48,22	3,054	+ 2,4	1 24,62	3,006	3,9
7	2 0,18	2,913				

13.5.1 Parte 1: verificação e correcção das tabelas

Quando se dispõe de uma série de dados tabelados para uma determinada função intervalados em espaços iguais, o recurso às diferenças finitas para interpolar outros valores é um dos métodos mais antigos e mais eficazes. O método das diferenças finitas permite também verificar e controlar possíveis erros que as mesmas tabelas apresentem[77].

Dada uma função $f(x)$ com valores tabelados para x_1, x_2, x_3, ...,x_n, define-se 1^a diferença (avançada) de $f(x_i)$ como, $\bigtriangledown f(x_i) = f(x_{i+1}) - f(x_i)$; 2^a diferença de $f(x_i)$ como, $\bigtriangledown^2 f(x_i) = \bigtriangledown(\bigtriangledown f(x_i)) = \bigtriangledown(f(x_{i+1}) - f(x_i)) = f(x_{i+2}) - 2f(x_{i+1}) + f(x_i)$; e assim sucessivamente, sendo a diferença de ordem k, definida como, $\bigtriangledown^k f(x_i) = \bigtriangledown(\bigtriangledown^{k-1} f(x_i))$.

Prova-se que se $f(x)$ é um polinómio de grau k, então $\bigtriangledown^k f(x_i)$ é constante e $\bigtriangledown^{k+1} f(x_i) = 0$ (o inverso também é verdadeiro no sentido seguinte: se $f(x)$ é uma função tal que $\bigtriangledown^{k+1} f(x_i) = 0$ então, $f(x)$ pode ser exactamente representada por um polinómio de grau $\leq k$). Se a função $f(x)$ não for um polinómio então nunca terá diferenças finitas (de determinada ordem) totalmente nulas, ou seja numa tabela de diferenças finitas para um determinado conjunto de valores dessa função nunca observaremos uma coluna inteiramente nula[78]. Contudo é possível observar alguns comportamentos e características nas colunas das diferenças finitas e nos respectivos números que as compõem, permitindo-nos detectar e corrigir possíveis erros que as afectem: as colunas têm todos os números positivos ou negativos; as colunas são alternadamente positivas ou negativas; os números em cada coluna decrescem com regularidade em valor absoluto.

[77] Sobre a história das interpolações e no que desta diz respeito à astronomia veja-se [E. Meijering 2002].

[78] Sobre os métodos de interpolação por diferenças finitas, vejam-se por exemplo: [E. Whittaker 1924, pp.-20] e [R. Churchhouse 1981, pp.1-49].

x	$f(x)$	$\nabla f(x)$	$\nabla^2 f(x)$	$\nabla^3 f(x)$
1	1			
		3		
2	4		2	
		5		0
3	9		2	
		7		–1
4	16		1	
		8		3
5	24		4	
		12		–3
6	36		1	
		13		1
7	49		2	
		15		0
8	64		2	
		17		
9	81			

exemplo de uma tabela em que está tabelado um valor errado ($x = 5$) da função $f(x) = x^2$.

Na tabela de cima, na coluna das 2^as diferenças, o número 4 rompe com o padrão que se observa nessa mesma coluna sugerindo a existência de um erro no valor tabelado da função; sendo também evidente que esse erro se propaga à coluna seguinte $\left(\bigtriangledown^3 f(x_i)\right)$ que deveria ser nula.

Estas técnicas podem também ser aplicadas ao caso das tabelas das efemérides lunares (longitudes e latitudes), tabelas evidentemente mais complicadas que a de cima pois o movimento da Lua não é descrito por uma função polinomial, o que significa que não há diferenças totalmente nulas. Na verificação destas tabelas tanto o *Connaissance des Temps* como o *Nautical Almanac* empregavam diferenças de 4^a ordem: *«Dans la composition de la Connaissance des Temps, ainsi que dans celle du Nautical Almanac, les lieux de la Lune sont calculés directement de douze en douze heures, et vérifiés par les différences de quatre ordres: si elles ont une marche régulière, les calculs sont réputés bons; dans le cas contraire, on recommence les calculs suspects jusqu'à ce que les différences marchent bien.»* [CDT (1810) 1808, pp.473-474][79]. Nas *Ephemerides do OAUC* o controlo era feito com recurso às diferenças de 8^a ordem,

«Há dois objectos, a que devemos satisfazer nesta parte: um o de distinguir

[79] Monteiro da Rocha interroga-se (p.iii) se a verificação das tabelas pelas 4^as diferenças é só isso mesmo uma verificação, ou *«se por ventura possuem método para os acertar pelas mesmas diferença»*. No *Connaissance des Temps* é uma verificação como se lê. No *Nautical Almanac* também parecia ser este o caso. Segundo Mary Croarken [M. Croarken 2003, pp.57-58] os calculadores eram instados por Maskelyne a verficarem os seus próprios cálculos antes de serem enviados para verificação por um terceiro calculador específico, o *'comparer'*, que no caso de erro o corrigia por um cálculo directo.

na série dos lugares calculados, quais são os admissíveis como suficientemente exactos, e quais os que carecem de correcção; e o outro, é o de achar essa correcção. Para o primeiro bastam-nos as quartas diferenças, e para o segundo é que serão necessárias as oitavas» [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 p.xviii].

- **erros e sua propagação**

A primeira parte da '*Exposição dos métodos particulares'* trata precisamente da introdução teórica ao método das diferenças finitas e ao modo de determinar os erros que uma dada tabela eventualmente apresente – *'problema geral: suposta uma série de valores tomados por uma função, e tais que as suas diferenças de ordem* $2n$ *deverão ser nulas, conhecer, e corrigir quaisquer erros que nelas haja'.* Este problema é depois particularizado com 5 casos supondo: apenas um valor errado – *«supondo uma só função errada, achar o erro, e as condições da sua separação de outras erradas»*[80] –, dois, três, quatro e cinco valores errados [Monteiro da Rocha 1807, pp.vi-xv].

Suponhamos que há um erro ε num certo valor tabelado, vê-se claramente que o erro ε influi nas várias diferenças calculadas.

f	∇	∇^2	∇^3	∇^4	∇^5
0		0		0	
			0		ε
0		0		ε	
	0		ε		-5ε
0		ε		-4ε	
	ε		-3ε		10ε
ε		-2ε		6ε	
	$-\varepsilon$		3ε		-10ε
0		ε		-4ε	
	0		$-\varepsilon$		5ε
0		0		ε	
	0		0		$-\varepsilon$
0		0		0	

propagação de erro numa tabela de diferenças.

Monteiro da Rocha estuda em particular as tabelas de diferenças finitas de 8^a ordem – *«Redução dos problemas particulares ao caso das diferenças oitavas, ou de n=4»* (note-se que se $n = 4$, $2n = 8$) –, pois são estas que lhe interessam por haver adoptado a suposição de serem nulas as diferenças de 8^a ordem no caso dos lugares

[80] *«este caso de tão fácil resolução, e tão evidente critério, é o que na prática há-de acontecer mais vezes, porque não é verosímil que um calculador seguro haja de errar muitas vezes a fio.»* [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 pp.vii-viii]. A principal fonte de erro até nem seria o cálculo em si, embora este fosse extenso e complexo, mas sim o risco de o calculador se enganar ao tabelar esses resultados [M. Croarken 2003, p.56].

da Lua (Monteiro da Rocha usará como veremos um polinómio do 6^o grau para descrever aproximadamente o movimento da Lua). Para mostrar o que teoricamente acaba de expor, Monteiro da Rocha analisa dois casos concretos tendo em atenção o comportamento dos valores tabelados[81],

> *«Se elas procederem de uma maneira regular crescendo até certo ponto, e depois diminuindo sucessivamente tanto pelo positivo, como pelo negativo, não mudando de sinal senão quando forem pequenas, mostrarão que as funções, donde se derivam, são regulares, e que as suas diferenças tendem a desvanecer nas ordens seguintes [...] E pelo contrário: se as ditas diferenças crescerem ou diminuírem por saltos descompassados, se indo em crescimento diminuírem para tornar a crescer, ou reciprocamente, se mudarem de sinal sem serem pequenas, e sem perseverança nele ainda que pequenas que sejam, mas com mudanças alternativas: é sinal certo, de que nas funções se introduziu erro, ou erros, que lhes alteram a regularidade»* [Monteiro da Rocha 1807, pp.xx-xxi].

13.5.2 Parte 2: método de interpolação

Vejamos agora o método de interpolação proposto por Monteiro da Rocha para o cálculo dos lugares da Lua, às 0h – *«Verificados os lugares da Lua calculados para os meios-dias, resta achar os que convém às meias-noites, com os números subsidiários A e B que servem para os determinar em qualquer outro instante dados, ou reciprocamente»* [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 p.xxviii].

- a fórmula de Greogory-Newton de interpolação por diferenças finitas

Suponhamos que temos alguns valores tabelados para uma função $f(x)$ nos pontos x_0, $x_0 \pm T$, $x_0 \pm 2T$,... e estamos interessados em calcular o valor que esta toma em $x_0 + \xi T$ ($\xi \in \Re$). Tal valor é dado pela fórmula de Gregory-Newton[82],

$$\begin{gathered} f(x_0+\xi T) = f(x_0) + \xi \bigtriangledown f(x_0) + \tfrac{1}{2!}\xi(\xi-1) \bigtriangledown^2 f(x_0) \\ +\tfrac{1}{3!}\xi(\xi-1)(\xi-2) \bigtriangledown^3 f(x_0) \\ +\tfrac{1}{4!}\xi(\xi-1)(\xi-2)(\xi-3) \bigtriangledown^4 f(x_0) + ... \\ +\tfrac{1}{n!}\xi(\xi-1)...(\xi-n+1) \bigtriangledown^n f(x_0) \end{gathered} \tag{13.1}$$

[81] Uma tabela com os valores da longitude da Lua de 29 de Maio a 21 de Junho de 1807 [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 p.xxi]; e outra com a latitude da Lua entre 25 de Junho a 15 de Julho [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 p.xxv].

[82] Esta fórmula foi primeiramente escrita por James Gregory (1638-1675) em 1670, tendo Newton também a descoberto algum tempo depois de maneira independente, daí o nome Gregory-Newton [E. Meijering 2002, pp.5-9] (veja-se também [H. Goldstine 1977, pp.23-50, 68-84]).

É recorrendo a esta fórmula supondo as terceiras diferenças constantes (negligenciando assim $\nabla^4 f(x_0)$ e seus coeficientes) que se calculam, no *Connaissance des Temps*, as coordenadas Lua (*a.r.*, *dec.*, latitude e longitude) para qualquer outro instante[83].

- **método de interpolação usado nas *Ephemerides* de Coimbra**

No caso das *Ephemerides do OAUC* é proposto um método diferente que interpola não só os lugares da meia-noite mas todos os outros instantes, com a ajuda de uns números *'subsidiários A e B'* que acompanham as tabelas de efemérides da Lua.

Monteiro da Rocha esclarece desde logo o leitor que o seu método não encerra nada de novo – *«Nesta regra não há de novo, senão a disposição simétrica dos termos, de que felizmente resulta a maior facilidade do cálculo que era possível»* [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 p.xxxii]. Na verdade o fundamento do método que propõe é a interpolação por diferenças finitas, porém o uso que delas faz-lhe sub-tabular uma primitiva tabela, cujos valores estão tabelados de 24 em 24h, i.e. os lugares da Lua para os meios-dias: L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, ..., em uma nova tabela cujos valores estarão tabelados de 12 em 12h, i.e. os lugares da Lua para os meios-dias e as meias-noites: L_1, $L_{1+\frac{1}{2}}$, L_2, $L_{2+\frac{1}{2}}$, L_3, $L_{3+\frac{1}{2}}$, L_4, $L_{4+\frac{1}{2}}$, L_5, $L_{5+\frac{1}{2}}$, L_6, $L_{6+\frac{1}{2}}$, L_7, $L_{7+\frac{1}{2}}$, ...[84].

Monteiro da Rocha parte do princípio que a função que descreve o movimento da Lua pode ser aproximada por um polinómio de grau 6, porque *«são compostas [as funções que descrevem o movimento da Lua] de termos proporcionais aos senos de arcos proporcionais ao tempo, os quais se resolvem em séries geométricas»* (p.xx). Assim o movimento da Lua é descrito pelo polinómio,

$$f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4 + a_5 x^5 + a_6 x^6 \tag{13.2}$$

Partindo de 7 valores do lugar da Lua conhecidos para tantos outros dias ao meio-dia, i.e. para os instantes $x = 0$, 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (meios-dias), que tomam respectivamente os valores H, I, K, L, M, N, O (ou seja: $f(0) = H$, $f(1) = I$, ..., $f(7) = O$, através de uma mudança de variável ($x' = x - 3$), para *«não faze[r]mos época do tempo, e das funções no primeiro lugar, mas no do meio»*, tem: $f(-3) = H - L$, $f(-2) = I - L$, $f(-1) = K - l$, $f(0) = 0$, $f(1) = M - L$, $f(2) = N - L$, $f(3) = O - L$.

[83] Tomando a fórmula de interpolação a forma: $y_{(t)} = y_0 + \frac{t}{12}\nabla + \frac{t(t-12)}{2\times 12^2}\nabla^2 + \frac{t(t-12)(t-24)}{2\times 3\times 12^3}\nabla^3$, sendo t o instante a calcular [Francoeur 1830, pp.97-109] (veja-se na p.100 dois exemplos do cálculo da *a.r.*, da longitude e latitude da Lua). Lalande [Lalande 1762, pp.37-41] propunha o uso apenas até às segundas diferenças – *«Trouver le lieu de la Lune à une heure donné par la méthode des interpolations, c'est-à-dire par les secondes différences»*.

[84] Seguimos a notação original em que os índices 1, 2, 3, etc..., correspondem aos meios-dias dos respectivos dias e os índices $1 + \frac{1}{2}$, $2 + \frac{1}{2}$, $3 + \frac{1}{2}$, etc..., correspondem às meias-noites desses mesmos dias..

«Donde para qualquer tempo x, contado da época [i.e a origem], se há-de derivar a função [no sentido usual e não no sentido matemático] correspondente $f - L$, designado por f, o lugar da Lua nesse instante, e que se achará pela equação»:

$$f = L + Ax + Bx^2 + Cx^3 + Dx^4 + Ex^5 + Fx^6 \tag{13.3}$$

bastando para isso conhecer os coeficientes A, B, C, ..., do polinómio[85].

Recorrendo então à tabela das diferenças finitas:

x'	$f(x')$	∇	∇^2	∇^3	∇^4	∇^5	∇^6
-3	$H - L$						
		$I - H = p$					
-2	$I - L$		$q = p' - p$				
		$K - I = p'$		$r = q' - q$			
-1	$K - L$		q'		$s = r' - r$		
		$L - K = p''$		r'		$t = s' - s$	
0	0		q''		s'		$u = t' - t$
		$M - L = p'''$		r''		t'	
1	$M - L$		q'''		s		
		$N - M = p^{iv}$		r'''			
2	$N - L$		q^{iv}				
		$O - N = p^{v}$					
3	$O - L$						

Tendo em atenção as regras da própria construção da tabelas de diferenças finitas, i.e. $\nabla^i f_n = \sum_{k=0}^{j} (-1)^{j-k} \binom{j}{k} f_{n+1}$, com $\binom{j}{k} = \frac{j!}{k!(j-k)!}$, é possível representar as funções de diversas maneiras. Por exemplo $N - L$ pode ser representada por $N - L = p''' + p^{iv}$, ou por $N - L = 2p''' + q'' + r''$[86]. Como Monteiro da Rocha está interessado em relacionar a função com as diferenças pares (q'', s' e u) e com as somas das impares correspondentes ao meio dos dois intervalos adjacentes ao valor para $x' = 0$ (ou seja com: p'', p''', r', r'', t e t'), a sua manipulação é especificamente no sentido de obter as seguintes relações[87]:

[85] Substituímos a_0 por L, a_1 por A, a_2 por B, e assim sucessivamente, para usarmos as mesmas letras e notação que são usadas no texto original.

[86] Para tal tome-se em consideração que: $N - L = (N - L) - 0 = (N - M) + (M - L) = p''' + p^{iv}$ e como, $p^{iv} - p'' = q'' + q'''$, pois $p''' - p'' = q''$ e $p^{iv} - p''' = q'''$, vem então que: $N - L = 2p''' + q'' + r''$.

[87] *«As funções podem ser reciprocamente representadas por estas diferenças de modos diferentes dos quais uns conduzirão a resultados mais elegantes e expeditos do que outros. O que aqui temos em*

$$\left\{\begin{array}{c} H-L=-3p'''+6q''-4r'+s'-t \\ I-L=-2p'''+3q''-r' \\ K-L=-p'''+q'' \\ M-L=p''' \\ N-L=2p'''+q''+r'' \\ O-L=3p'''+3q''+4r''+s'+t' \end{array}\right\}$$

Substituindo $x' = -3, -2, ..., 3$, na eq.16.3 obtém-se:

$$\left\{\begin{array}{c} -3A+9B-27C+81D-243E+729F=-3p'''+6q''-4r'+s'-t \\ -2A+4B-8C+16D-32E+64F=-2p'''+3q''-r' \\ -A+B-C+D-E+F=-p'''+q'' \\ A+B+C+D+E+F=p''' \\ 2A+4B+8C+16D+32E+64F=2p'''+q''+r'' \\ 3A+9B+27C+81D+243E+729F=3p'''+3q''+4r''+s'+t' \end{array}\right\}$$

permitindo assim a determinação dos coeficientes do polinómio:

$$\left\{\begin{array}{c} A=a-4b+64c \\ B=2\alpha-8\beta+128\gamma \\ C=4b-80c \\ D=8\beta-160\gamma \\ E=16c \\ F=32\gamma \end{array}\right\}, \text{ sendo } \alpha,\ \beta,\ \gamma,\ a,\ b \text{ e } c \text{ iguais a: } \left\{\begin{array}{c} \alpha=\frac{q''}{4} \\ \beta=\frac{s'}{4.6.8} \\ \gamma=\frac{u}{6.6.8.8.10} \\ a=\frac{p''+p'''}{2} \\ b=\frac{r'+r''}{6.8} \\ c=\frac{t+t'}{6.8.8.10} \end{array}\right\}$$

Ficando então o polinómio (eq.16.3):

$$\begin{aligned} f = L + 2x^2\left(\alpha + 4\beta\left(x^2-1\right) + 16\gamma\left(x^2-1\right)\left(x^2-4\right)\right) \\ +x\left(a + 4b\left(x^2-1\right) + 16c\left(x^2-1\right)\left(x^2-4\right)\right) \end{aligned} \tag{13.4}$$

substituindo $x = \pm\frac{1}{2}$, $x = \pm\frac{3}{2}$, $x = \pm\frac{5}{2}$, obtêm-se os valores para as meias-noites dos 3 dias antes e depois da 'época'[88]:

vista é o de as fazer depender somente das diferenças pares correspondentes à época, e das somas das impares correspondentes ao meio dos dois intervalos adjacentes» [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 p.xxxii].

[88] Em notação mais actual o polinómio toma a forma:

$$f = L + 2x^2\left(\frac{\nabla^2_{-1}}{4} + 4\frac{\nabla^2_{-2}}{4.6.8}\left(x^2-1\right) + 16\frac{\nabla^2_{-3}}{4.6.8}\left(x^2-1\right)\left(x^2-4\right)\right) +$$
$$x\left(\frac{\nabla_{-1}+\nabla_0}{2} + 4\frac{\nabla^3_{-2}+\nabla^3_{-1}}{6.8}\left(x^2-1\right) + 16\frac{\nabla^5_{-3}+\nabla^5_{-2}}{6.8.8.10}\left(x^2-1\right)\left(x^2-4\right)\right)$$

- para as duas meias-noites adjacentes à 'época' $\left(L_{-(0+\frac{1}{2})} \text{ e } L_{(0+\frac{1}{2})}\right)$:

$$L_{\pm(0+\frac{1}{2})} = L_0 + \frac{1}{2}(\alpha - 3\beta + 45\gamma) \pm \frac{1}{2}(a - 3b + 45c)$$

- para as duas meias-noites coadjacentes $\left(L_{-(1+\frac{1}{2})} \text{ e } L_{(1+\frac{1}{2})}\right)$:

$$L_{\pm(1+\frac{1}{2})} = L_0 + \frac{9}{2}(\alpha + 5\beta - 35\gamma) \pm \frac{3}{2}(a + 5b - 35c)$$

- para as duas meias-noites extremas $\left(L_{-(2+\frac{1}{2})} \text{ e } L_{(2+\frac{1}{2})}\right)$:

$$L_{\pm(2+\frac{1}{2})} = L_0 + \frac{25}{2}(\alpha + 21\beta + 189\gamma) \pm \frac{3}{2}(a + 21b + 189c)$$

Em meados do século XIX ainda se usava este método para calcular as efemérides da Lua às 12h: *«Calculados os lugares para o meio-dia por meio das Tábuas, costumam achar-se os correspondentes à meia-noite interpolando para o meio do intervalo.»* [Sousa Pinto 1849, p.57].

Resolvemos aplicá-lo na determinação da longitude da Lua tabelada no *Connaissance des Temps* [CDT (1810) 1808, p.22], para os dias 7 a 13 de Fevereiro de 1810, comparando os valores obtidos com os valores apresentados no próprio *Connaissance des Temps* – escolhemos este volume apenas porque foi nele que saiu a recensão de Delambre sobre o método das interpolações proposto por Monteiro da Rocha [CDT (1810) 1808, pp.474-475]. Os valores fornecidos no *Connaissance des Temps* para estes dias são os seguintes que se apresentam na tabela abaixo (longitude da Lua, 7 a 13 de Fevereiro de 1810 [CDT (1810) 1808, p.22]):

LONGITUDE DE LA LUNE. [de 7 a 13 de Fevereiro de 1810]

JOURS.	À MIDI.	A MINUIT.
	S. D. M. S.	S. D. M. S.
⋮	⋮	⋮
7	0. 3. 28. 51	0. 10. 12. 37
8	0. 16. 49. 26	0. 23. 19. 37
9	0. 29. 43. 38	1. 6. 2. 2
10	1. 12. 15. 22	1. 18. 24. 14
11	1. 24. 29. 17	2. 0. 31. 11
12	2. 6. 30. 34	2. 12. 28. 3
13	2. 18. 24. 16	2. 24. 19. 46
⋮	⋮	⋮

Através do método de interpolação de Monteiro da Rocha obtivemos para a longitude da Lua, às 12h dos dias 7 a 12 de Fevereiro, os seguintes resultados[89]:

[89] As constantes da equação geral do método são: $\alpha = -0,0742361$; $\beta = 0,0000463$; $\gamma = -0,0000003$; $a = 12,3804167$; $b = 0,0034144$; $c = -0,0000038$.

dia (à meia-noite)	longitude (JMR)	diferença (JMR-Connaissance)
7	$10^o\ 12'\ 39.59''$	$3''$
8	$23^o\ 19'\ 36.17''$	$1''$
9	$36^o\ 2'\ 2.09''$	$0''$
10	$48^o\ 24'\ 14.11''$	$0''$
11	$60^o\ 31'\ 10.46''$	$0''$
12	$72^o\ 28'\ 4.92''$	$2''$

Como se pode ver a diferença dos valores calculados por interpolação não diferem em média $1''$ de arco dos valores calculados pelas tabelas astronómicas, valores mais que aceitáveis se tivermos em conta que nesta altura as próprias tabelas da Lua apresentavam erros da ordem de $2''$ a $3''$ de arco.

Como afirmámos o método proposto por Monteiro da Rocha calculava ainda uns números *'subsidiários A e B'*, que serviam para a interpolação de outros instantes e que eram tabelados juntamente com as efemérides da Lua para os meios-dias e meias-noites.

Pegando na eq.13.4 e diferenciando-a obtemos a velocidade da Lua $\left(\frac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}x}\right)$, *«no instante x, representada pelo movimento, que com ele descreveria uniformemente na unidade do tempo, ou em um dia médio»* e que após algumas manipulações convenientes se pode escrever na forma:

$$\begin{array}{l}\frac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}x} = a + 4b\left(3x^2 - 1\right) + 16c5x^2 - 15x^2 + 4\big) \\ +4x\left(\alpha + 4\beta\left(2x^2 - 1\right) + 16\gamma 3x^4 - 10x^2 + 4\right)\end{array} \tag{13.5}$$

'Se a quisermos pelo movimento horário, que nas Ephemerides se designa por A', teremos[90]:

$$\begin{array}{l}\frac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}x} = \frac{1}{24}\left[a + 4b\left(3x^2 - 1\right) + 16c5x^2 - 15x^2 + 4\big)\right] \\ +\frac{1}{6}\left[x\left(\alpha + 4\beta\left(2x^2 - 1\right) + 16\gamma 3x^4 - 10x^2 + 4\right)\right]\end{array} \tag{13.6}$$

Substituindo $x = 0,\ \pm 1,\ \pm 2,\ \pm 3$, obtemos o número A (i.é o movimento horário da Lua) nos instantes dos meios-dias para os 3 dias anteriores e seguintes à época; e substituindo $x = \pm\frac{1}{2}$, $x = \pm\frac{3}{2}$, $x = \pm\frac{5}{2}$, obtemos o número A nos instantes da meia-noites desses mesmos dias[91].

[90] Note-se que: $\left[\left(\frac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}x}\right)/hora\right] = \frac{1}{24}\left[\left(\frac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}x}\right)/dia\right]$.

[91] *«O número A é o movimento horário da Lua no instante do meio-dia, ou da meia-noite, a que se junta, entendendo-se aqui por movimento horário não o que ela anda efectivamente na hora seguinte, mas o que havia de andar, se conservasse a mesma velocidade que tinha no dito instante»* [EAOAUC (184) 1803, v.1 p.193].

Quanto ao número subsidiário *'B'* este sucede de se supor um polinómio interpolador do segundo grau para o movimento da Lua nos intervalos de 12 em 12 horas,

> *«tendo em fim os lugares da Lua com os seus movimento horários de 12 em 12 horas, pode supor-se que o movimento dela, que chamaremos f', em qualquer tempo desse intervalo designado por t, é assaz exactamente representado pela fórmula $f' = At + Bt^2$, sendo B o número subsidiário que na Ephemeride deve acompanhar A.»* [Monteiro da Rocha 1807, p.xxxiv].

Assim será a velocidade da Lua em qualquer instante desse intervalo de 12 horas igual a: $\frac{\mathrm{d}\,f}{\mathrm{d}\,x} = A + 2Bt$. Para $t = 0 \rightarrow \frac{\mathrm{d}\,f}{\mathrm{d}\,x} = A$ (como era de esperar); para $t = 12 \rightarrow \frac{\mathrm{d}\,f}{\mathrm{d}\,x} = A' = A + 2B(12)$, logo $B = \frac{A'-A}{24}$.

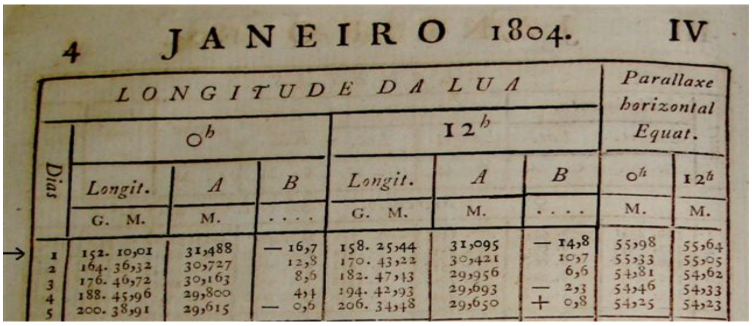
Note-se que se o número subsidiário A é precisamente o coeficiente A do polinómio do grau 6 (eq.16.3) que descreve o movimento da Lua e que já havíamos determinado ser igual a: $A = a - 4b + 64c$, para $x = 0$[92]; o número subsidiário B não é o coeficiente do termo x^2 do mesmo polinómio – *«em quanto aos números subsidiários B das Ephemerides, designando por B, B', B'' etc. os que devem corresponder sucessivamente a A, A', A'', A''', etc. achados já de 12 em 12 horas, teremos $B = \frac{A-A}{24}$, $B' = \frac{A''-A'}{24}$, $B'' = \frac{A'''-A''}{24}$, etc.»* [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 p.xxix]. O uso de um polinómio interpolador do 2^o grau para a descrição do movimento horário da Lua é também usado por Francoeur [Fancoeur 1830, pp.101-104] (também o faz com um polinómio do 3^o grau).

Vejamos agora um exemplo da determinação por interpolação da longitude da Lua para outro instante que não o meio-dia ou a meia-noite – *«A Longitude da Lua para qualquer tempo depois do meio-dia, ou da meia-noite, se achará multiplicando o tempo por B, cujo produto será a correcção da A aditiva, ou subtractiva, conforme o sinal de B, e multiplicando o A correcto pelo mesmo tempo teremos o movimento da correspondente da Lua, que se junta à Longitude do meio-dia, ou meia-noite antecedente, dará a que se procura»* [EAOAUC (1804) 1803, p.194] –, ou seja: $L(t) = L_0 + t(A_0 + B_0 t)$[93], sendo t instante considerado depois do meio-dia ou da meia-noite (indicados aqui com o subscripto $_0$).

---

[92] $\frac{\mathrm{d}\,f}{\mathrm{d}\,x} = A + 2Bx + 3Cx^2 + 4Dx^3 + 5Ex^4 + 6Fx^5$, logo, $\frac{\mathrm{d}\,f}{\mathrm{d}\,x}|_{x=0} = A$.

[93] $L(t) = L_0 + A_0 t + B_0 t^2 = L_0 + t(A_0 + B_0 t)$.



4 JANEIRO 1804. IV

Dias	LONGITUDE DA LUA 0h Longit. G. M.	A M.	B	12h Longit. G. M.	A M.	B	Parallaxe horizontal Equat. 0h M.	12h M.
1	152. 10,01	31,488	— 16,7	158. 25,44	31,095	— 14,8	55,98	55,64
2	164. 36,32	30,727	12,8	170. 43,22	30,421	10,7	55,33	55,05
3	176. 46,72	30,163	8,6	182. 47,13	29,956	6,6	54,81	54,62
4	188. 45,96	29,800	4,4	194. 42,93	29,693	— 2,3	54,46	54,33
5	200. 38,91	29,615	— 0,6	206. 34,48	29,650	+ 0,8	54,25	54,23

Pretende-se, por exemplo, determinar a longitude da Lua para as 15:24:18h do o dia 1 de Janeiro de 1804. As *Ephemerides* tabelam (ver figura acima: longitude da Lua para 1-1-1804 [EAOAUC (1804) 1803, p.4]) para a meia-noite o valor da longitude da Lua como sendo igual a 158^o $25.44'$ e os respectivos números subsidiários $A = 31.095'$ e $B = -14.87'$ (o instante 15:24:18h corresponde a $3.045h$ depois da meia-noite, ou seja depois das 12h), assim a longitude para o instante pretendido tem o valor de 158^o $25.44' + 3.405 \times (31.095' - 3.405 \times 0.01487') = 160^o$ $11.15'$[94].

13.6 Sobre a elaboração das *Ephemerides Astronómicas do OAUC*

«Connaissant les lois des mouvements des astres qui peuplent le Ciel, la Mécanique céleste a pu établir des formules permettant d'obtenir facilement les divers éléments variables de ces astres pour une époque déterminée quelconque, si éloignée soit-elle. Ces éléments, qui sont tous fonction du temps, peuvent être prévus ainsi avec une exactitude telle que les résultats donnés par les formules de prédiction sont toujours en accord parfait avec les résultats obtenus directement par l'observation.» [Constan 1923-24, v.1 p.243].

«C'est à l'aide de ces 'tables fondamentales', relatives aux principaux corps du système solaire, que l'on peut composer des Éphémérides, faisant connaître jour par jour et longtemps à l'avance la position des astres dans le ciel, ainsi que toutes les circonstances des phénomènes qui peuvent le plus intéresser les astronomes et les navigateurs.» [Souchon 1883, p.ix]

[94] Observe-se que a tabela escreve $B = -14.87$ e nós usámos o valor de $B = -0.01487$, a explicação é que a vírgula que nele separa o último algarismo *«não quer dizer que o antecedente pertence à casa das unidades, mas à casa do último algarismo do número A, sendo aquele separado com a vírgula para a direita uma casa decimal de mais no dito número B, ao qual por isso mesmo se não pôs denominação das unidades no alto da sua coluna [ou seja tem as mesmas unidades de segundo de arco que o número A]»* [Ephemerides Astronómicas, v.1 (1803), p.193].

As efemérides astronómicas são calculadas a partir de tabelas astronómicas e a construção destas últimas depende da íntima conjugação das previsões teóricas com os dados observacionais, dos quais depende a identificação das irregularidades dos movimentos dos astros que a própria teoria prevê [C. Wilson 1980, pp.54-57].

Nos finais do século XVIII as tabelas astronómicas mais precisas haviam sido publicadas por Lalande na 3^a edição do seu *Astronomie* [Lalande 1792, v.1][95]. As tabelas do Sol aí publicadas haviam sido construídas por Delambre com base nas observações de Maskelyne (Memórias da Academia de Berlim, 1785 e 1786). Para a Lua, Lalande publica as tabelas que Mason já havia publicado em Inglaterra em 1787 e que introduziam algumas melhorias face às primitivas tabelas de Mayer, nas quais se baseavam [Lalande 1792b, p.46]. No caso dos planetas Mercúrio e Vénus, Lalande publica as suas próprias tabelas (Memórias da Academia de Berlim, em 1785). Para Marte publica tabelas completamente novas e baseadas nas observações mais recentes [Lalande 1792a, p.132]. As tabelas de Júpiter foram calculadas por Delambre – *«d'après la Théorie de M. de la Place, et sur la totalité des bonnes observations qu'il a pu rassembler et qu'il a discutées avec un soin extrême. Les erreurs ne passent jamais une demi-minute.»* [Lalande 1792b, p.146] –, tal como as tabelas de Saturno. As tabelas do planeta Urano (designado ainda como 'Herschel'), são também da responsabilidade de Delambre, que as havia construído em 1789 com base nas observações de Maskelyne e de Thomas Hornsby (1733-1810), usando o método proposto por Laplace para o cálculo das perturbações. Nestas tabelas astronómicas Lalande publica também a tabela, *«générale du mouvement des Comètes dans une orbite parabolique»*, bem como as tabelas para calcular os eclipses dos quatro satélites de Júpiter que são da autoria de Delambre.

As primeiras efemérides de Coimbra são calculadas usando precisamente estas *'Tables Astronomiques'* [Lalande 1792b] de Lalande, exceptuando as efemérides de Marte que são calculadas usando umas tabelas elaboradas pelo próprio Monteiro da Rocha. Estas 'Taboas de Marte' [Monteiro da Rocha 1803] foram publicadas no primeiro volume das EAOAUC (pp.i-xv), sob o título: *TABOAS // DE // MARTE // Para o meridiano do Observatório Real da Universidade // de Coimbra* (Coimbra, 1803)[96],

«Os cálculos dos Planetas, que se contém nesta página, foram feitos pelas

[95] Estas tabelas chegaram a ser publicadas sob a forma de separata: *Tables Astronomiques calcules sur les observations les plus nouvelles, pour servir à la troisième Édition de l'Astronomie* (1792) [Lalande 1792b].

[96] Estas 'Taboas de Marte' seriam também publicadas sob a forma de separata; mais tarde serão reformuladas e publicadas em [Monteiro da Rocha 1813]. Damoiseau de Monfort faz um estudo comparativo destas tábuas de Monteiro da Rocha com as tábuas de Lalande: *«Observações de Marte comparadas com as tábuas de Lalande e de J. Monteiro da Rocha (oficial da marinha e ajudante, Observatório da Academia Real da Marinha)»* – este trabalho é hoje desconhecido. Em 1827 Damoiseu publicaria umas tabelas da Lua [Damoiseau 1824], ganhando a 'Medalha de Lalande' do Bureau des Longitudes [J. Lévy 2007].

> *Tábuas publicadas na terceira edição da Astronomia de Lalande, exceptuando as de Marte, para os quais nos servimos das Tábuas que vão no fim deste volume.»* [EAOAUC 1804 (1803), v.1 p.191].

Em 1806 o Bureau des Longitudes francês publica umas tabelas do Sol e da Lua da autoria de Delambre e de Johann Tobias Bürg (1766-1835) [Delambre & Bürg 1806], estas tabelas passarão a servir de base para o cálculo das posições do Sol e da Lua das EAOAUC, tal como Monteiro da Rocha refere em 1813,

> *«logo que nos chegaram à mão, e por um estimável presente do mesmo Autor, por elas se continuaram os cálculos das nossas Ephemerides, posto que isso se não advertisse na Explicação n.41, porque estava impressa para mais anos, e não se lembrassem os Revisores de uma errata a esse respeito»* [Monteiro da Rocha 1813, p.iii].

Embora Monteiro da Rocha não precise a data a partir da qual isto começou a ser feito, possivelmente foi-o logo a partir do volume V [EAOAUC (1808-09) 1807]; já as posições dos outros corpos continuam a ser calculadas pelas tabelas de Lalande [Lalande 1792b].

Em 1813 Monteiro da Rocha publica as suas próprias tabelas astronómicas [Monteiro da Rocha 1813], intituladas:

> *Taboas Astronómicas // ordenadas // a facilitar o Calculo das Ephemerides // da // Universidade de Coimbra // Coimbra // Na Real Imprensa da Universidade // 1813*

Estas *'Taboas Astronomicas'* compreendem tabelas do Sol, da Lua e dos planetas – *'Taboas da Lua'*, *'Taboas do Sol'*, *'Taboas de Mercúrio'*, *'Taboas de Vénus'*, *´Taboas de Marte'*, *'Taboas de Júpiter'* e *'Taboas de Saturno'*.

A partir do volume XI das EAOAUC estas *'Taboas Astronomicas'*, que acabámos de referir, passam a constituir a base de cálculo para a sua elaboração:

> *«Os lugares do Sol e da Lua, tanto para o ano de 1815 e 1816, foram já calculados pelas NOVAS TABOAS ASTRONOMICAS, reduzidas ao Meridiano do Observatório pelo seu Director, o qual, conservando-lhes toda a exactidão, as dispôs e ordenou de uma forma engenhosa, e admirável, que as torna muito cómodas para os calculadores; e por isso muito recomendáveis. Os lugares dos Planetas para o ano de 1815 foram calculados pelas antigas TABOAS, em razão de não estarem impressas ainda as novas, que lhes*

> *eram relativas; não assim para 1816, em que já todas vão calculadas pelas Novas»* [EAOAUC (1814-15) 1814, v.11 *'Advertência'*][97].

As restantes EAOUAC da 1^a série serão todas elas calculadas com base nestas tábuas de Monteiro da Rocha, com excepção das [EAOAUC (1828) 1827, v.19] em as efemérides do planeta Júpiter são calculadas pelas tabelas de Delambre publicadas em 1817[98].

Aquando do recomeço da 2^a série, em 1840, os lugares do Sol e da Lua continuam a ser calculados pelas tabelas de Monteiro da Rocha, passando porém a ser usadas as tabelas de Damoiseau para os cálculos dos lugares do planeta Júpiter e as de Bouvard para os lugares de Saturno e Úrano. A partir das *Ephemerides Astronómicas* para 1847 [EAOAUC (1847) 1845] as efemérides da Lua passam a ser calculadas pelas tabelas de Johann Karl Burckhardt (1773-1825) [Burckhardt 1812].

As tabelas de José Monteiro da Rocha [Monteiro da Rocha 1813] que dizem respeito à Lua e ao Sol foram construídas com base nas atrás referidas tabelas de Delambre e Bürg (1806),

> *«apesar da engenhosa ordem delas [das de Delambre e de Bürg], e dos arranjamentos do trabalho, que contribuem a facilitar o cálculo de Lugares seguidos, sempre os nossos Calculadores o tem achado muito penoso. Por isso nos resolvemos a dar-lhes a nova forma, que aqui se mostra, abreviando o número das equações e dos argumentos, por meio de Tábuas de duas entradas, com outras mudanças que facilmente se podem notar»* [Monteiro da Rocha 1813, pp.iii-iv].

Os métodos matemáticos e os algoritmos de cálculo destas *'Tabelas Astronómicas'* e a própria elaboração das EAOAUC são matérias, em grande parte, desconhecidas. Sendo assim justifica-se a necessidade de um estudo rigoroso de modo a perceber-se, por exemplo, em que medida os valores fornecidos tinham a precisão necessária para as actividades astronómicas do OAUC, assim como em que medida as EAOAUC estariam,

[97] Assim apesar deste volume já ser calculado segundo as 'novas tabelas' de Monteiro da Rocha [Monteiro da Rocha 1813] a *'explicação das ephemerides'* ainda é a mesma dos volumes passados. Só a partir do volume seguinte [EAOAUC (1817-18) 1815] é que passa a haver uma nova 'explicação': *«A explicação destas Ephemerides, bem como a Tábua Cosmográfica, foi impressa para alguns anos, e acabam neste volume; para o seguinte se há-de reformar a primeira, notando-se as mudanças, e corrigir-se a segunda de alguns defeitos, que nela se tem descoberto».*

[98] Também Filipe Folque se baseará nas tabelas de Monteiro da Rocha para o cálculo das suas 'Ephemerides das distancias do centro do Sol, e planetas Vénus, Marte, Júpiter e Saturno, ao centro da Lua, e dos lugares heliocêntricos, e geocêntricos destes astros para 1833': *«As presentes Efemérides foram calculadas pelas Taboas Astronómicas do Senhor Doutor José Monteiro da Rocha, empregando todo o cuidado, e desvelo, que merece a publicação de uma semelhante obra, que se pode considerar como um livro dogmático da ciência astronómica.»* [Filipe Folque 1832, p.vi].

ou não, desactualizadas face às efemérides estrangeiras, uma vez que estas, a partir da década de 1840, utilizam tábuas astronómicas mais modernas [Vítor Bonifácio 2009, p.169]. É fundamental compreender a natureza das especificidades introduzidas por Monteiro da Rocha nas suas *'Taboas Astronomicas'* e o modo como estas se articulam com a teoria de Laplace, designadamente no que diz respeito às perturbações do sistema Sol-Terra-Lua causados pelo planeta Júpiter, o que só se pode conseguir com um estudo baseado no tratamento matemático e computacional das tabelas e equações apresentadas por Monteiro da Rocha.

Embora no âmbito do nosso trabalho este fosse um assunto de inegável interesse e importância não nos foi possível, devido à complexidade do mesmo e a extensão que o nosso trabalho já leva, tratá-lo. Porém, é nossa intenção num programa de investigação futuro trabalhá-lo devidamente.

Capítulo 14

Os trabalhos de Monteiro da Rocha sobre a determinação das Longitudes

> «*Il est de la dernière importance pour le bien du commerce maritime, et pour le salut des hommes qui s'y consacrent, de pouvoir trouver en pleine mer le degré de longitude où l'on est*», Lalande (1764).

Neste capítulo iremos estudar os trabalhos de José Monteiro da Rocha sobre o problema da determinação das longitudes. Monteiro da Rocha tem 3 trabalhos específicos, realizados em dois períodos distintos da sua vida, sobre este assunto. Um nunca publicado e escrito ainda antes da Reforma Pombalina da Universidade (mais precisamente em 1767 como veremos) e que permaneceu desconhecido até há pouco tempo, tem por título:

> «*Methodo de achar a Longitude Geográfica no mar e na terra pelas observaçoens e cálculos da Lua para o uso da Navegação Portugueza*» (s.d.) [BNP Ms.511][1].

Os outros dois, escritos e publicados na viragem do século quando o seu trabalho académico e científico já era devidamente reconhecido, são eles:

> «*Taboada Nautica Para o Calculo das Longitudes*» (1799) [Monteiro da Rocha 1799b][2],

[1]Este manuscrito foi divulgado em 2005 por Henrique Leitão e já foi alvo de um estudo por parte de José Manuel Malhão Pereira [Malhão Pereira 2008].

[2]Esta *Taboada Nautica* foi oferecida à Sociedade Real Marítima em Março de 1799 e posteriormente impressa (possivelmente em 1801).

e

«*Calculo das Longitudes*» (1803) [Monteiro da Rocha 1803, pp.213-221].

14.1 O problema das longitudes: de Ptolomeu a Borda, uma sinopse histórica

> *«Aqui tem os curiosos a dificuldade, em que tem lidado o estudo de muitos séculos, e em que se tem esgotado a sagacidade dos maiores sábios, e a mesma loucura dos ignorantes. Muitas vezes, e em muitos lugares se acharam os sujeitos menos hábeis entregues ao fanatismo de indagar a Longitude, sem saber o mesmo que buscavam; e a frequência repetida destas invenções tem conduzido já o juízo prudente dos homens a estar prevenido de não acreditar facilmente qualquer proposição nesta matéria»* [BNP Ms.511, fl.4].

Se o problema da determinação da latitude geográfica foi resolvido (mais ou menos) ainda na antiguidade, o problema da determinação da longitude envolveu muito tempo e muitos esforços até ficar finalmente resolvido no século XIX[3].

Quando falamos do problema da determinação da longitude estamos a referir-nos ao problema da sua determinação no alto mar, visto que em terra firme a sua solução era efectivamente bem mais simples e já se haviam estabelecido métodos astronómicos que a determinavam com maior ou menor exactidão. A imensidão do mar sem pontos de referência para os marinheiros era proporcional à ignorância da sua própria localização. Muitos barcos se perderam e haveriam de se perder, muitos de naufragar ou atrasar pelo simples desconhecimento de onde e por onde andavam. O *«Problema das longitudes, em que interessa tanto a segurança da navegação»* [BNP Ms.511, fl.4][4], era uma questão central da ciência astronómica e náutica do século XVIII. A necessidade de estimular uma solução satisfatória para tal problema levaria inclusive o governo inglês em 1714 a instituir um prémio de £20000 – o famoso *Longitude Act*.

Ao longo da história vários foram os métodos e soluções propostas, mas três haveriam de se destacar: os satélites de Júpiter, as distâncias lunares e o relógio de precisão.

[3] A determinação latitude encerra também toda uma história mais ou menos longa. Embora o princípio teórico e prático da sua determinação pela altura da polar, ou pelas observações meridianas do Sol, tenha sido estabelecido na Antiguidade. Na prática a sua determinação precisa a bordo dos navios, para observações fora do meridiano, só se obteve em 1754 com os trabalhos de Douwes (para mais veja-se [Mendoza e Rios 1797]).

[4] Faremos sempre que conveniente referências ao manuscrito Ms. 511de Monteiro da Rocha, pois nele o autor tece considerações pertinentes e importantes sobre a história desta questão e que se revelam de particular interesse por ter sido escrito por volta de 1767, o ano para o qual se publica pela 1^a vez as distâncias lunares para determinação da longitude no [NA (1767) 1766].

O primeiro muito usado para a determinação das longitudes em terra firme; o segundo usado bastante satisfatoriamente para a determinação no mar durante o século XVIII e parte do seguinte; e o terceiro, que acabaria por ganhar em facilidade de uso e exactidão de resultados, tornar-se-ia o método de eleição para os marinheiros dos séculos XIX e XX[5].

A história das longitudes é na verdade uma longa história (vejam-se por exemplo: [W. Andrewes 1993] e [D. Sobel 2000]). O primeiro a estabelecer a necessidade de duas coordenadas para especificar a posição de um lugar na superfície da Terra foi Dicaearchus de Messina (350-290a.C.), a quem se deve a primeira medição de um meridiano [Débarbat & Lerner 2002, pp.19-36]. Ératostenes (273-192a.C.), que escreve um livro intitulado *Geografia* (apenas se conhece a sua existência por comentadores posteriores), estabelece no seu mapa mundo – *oikumène* – uma série de linhas paralelas intervaladas a espaços iguais. Hiparco (190-120a.C.) é o primeiro a estabelecer métodos trigonométricos para a determinação das coordenadas geográficas e terá sido o primeiro a idealizar o uso dos eclipses lunares para a determinação da longitude. Já na nossa era destacam-se os trabalhos de Ptolomeu que no seu *Geografia* fornece as latitudes e longitudes de mais de 8000 locais, fixando para isso um meridiano de referência que passava pela Ilha do Ferro, nas Canárias.

Até ao século XVII o método dos eclipses da Lua sugerido por Hiparco, apesar das sérias desvantagens que apresentava – a raridade do fenómeno e a dificuldade em definir o momento exacto da sua ocorrência (ainda mais complicado se observado a bordo de um barco) –, seria o principal método para a determinação das longitudes. É partir da altura em que os navegadores portugueses e espanhóis se começam a aventurar por *mares nunca dantes navegados* que o problema das longitudes se torna uma questão premente [Estácio dos Reis 1998]. Muitos são os métodos, uns mais ou menos engenhosos e outros completamente absurdos, que são propostos – *«Muitas vezes, e em muitos lugares se acharam os sujeitos menos hábeis entregues ao fanatismo de indagar*

[5]Não se pense contudo que não havia no século XVIII relógios a bordo dos navios, havia. Mas a esses relógios (herdeiros mais ou menos directos do relógio inventado por Christian Huygens (1629-1695) em 1657) não se lhes confiava a regularidade necessária tendo por isso mesmo os pilotos que lhes calibrar astronomicamente o andamento – *«[...] Para regular o relógio não é necessário ajuntar-lhe os ponteiros ao tempo actual; mas basta conhecer a quantidade que ele vai adiantado, ou atrasado, quando mostra uma hora determinada, e quando se acelera ou retarda no intervalo de qualquer tempo dado. Porque sabendo isto podemos pelo tempo do relógio conhecer o verdadeiro. [...] Pelo que se reduz esta matéria a achar a observação as horas verdadeiras que são, quando o relógio mostra qualquer hora determinada; e isto se pode saber pelas observações do Sol, ou das estrelas»* [BNP Ms. 511, fls.50-55]. Com o seu cronógrafo marítimo H5 (1770), resultado de mais de 40 anos de pesquisa e trabalho, Harrison conseguiu finalmente uma solução mecânica para problema da longitude. Porém só no século XIX é que as técnicas de construção em massa de relógios de precisão e o aparecimento do sinal de rádio possibilitariam que fosse confiado a este instrumento a determinação da longitude (para mais veja-se: [J. Betts 1993], [M. Burgess 1993], [D. Sobel 2000] e [J. Betts 2006, pp.81-103]).

a Longitude, sem saber o mesmo que buscavam» [BNP Ms.511, fl.4][6]. Mas também é nesta altura que abordagens astronómicas sérias começam a ser sugeridas – *«Mas sem embargo disto, os geómetras e astrónomos que sabiam o terreno por onde caminhavam, e as dificuldades que se deviam vencer, aplicaram o mais constante esforço do engenho sobre os meios próprios da questão»* [BNP Ms.511, fl.4] –, destacando-se métodos baseados nos eclipses dos satélites de Júpiter e baseados no movimento da Lua, ditos métodos lunares: observação da passagem da Lua pelo meridiano do lugar; pela observação da distância da Lua ao meridiano do lugar; pela observação das alturas da Lua; e pelas observações das distâncias da Lua ao Sol, às estrelas e aos planetas (veja-se: [Montucla 1799-1802, v.4 pp.568-584] e [Lalande 1771-81, pp.772-800]). Este último, o método das distâncias lunares, tornar-se-ia a chave para a determinação da longitude no mar e o dos eclipses dos satélites de Júpiter para a determinação da longitude em terra.

14.1.1 método dos eclipses dos satélites de Júpiter

O primeiro a sugerir o uso dos satélites de Júpiter como uma séria possibilidade para a resolução do problema das longitudes foi Galileu logo por volta de 1610[7]. Os eclipses dos satélites de Júpiter, muitíssimo mais frequentes que os da Lua, e também para os quais era muito mais fácil calcular os instantes dos seus inícios[8], podiam ser usados como relógio astronómico ao possibilitarem a comparação dos instantes de tempo em que estes eram avistados num certo meridiano com os valores previstos pelas efemérides para um meridiano de referência e consequentemente pela diferença desses tempos determinar a longitude do lugar. Contudo o seu uso tinha um grande problema, a quase impossibilidade das suas observações a bordo de um navio sempre a oscilar no mar. Era dificílimo encontrar e manter os satélites no campo de visão dos telescópios que na altura tinham pequenos campos de visão. Se no mar o seu uso estava por isso praticamente impossibilitado, já em terra firme tornar-se-ia um método extremamente versátil e preciso. As primeiras tabelas a providenciarem as posições relativas de

[6] Sobre os métodos absurdos que foram sendo ao longo dos tempos intentados veja-se [O. Gingerich 1993]. Recomendamos também a leitura do fabuloso livro de Umberto Eco, *A Ilha do dia antes* [Umberto Eco 2005].

[7] A descoberta dos satélites de Júpiter deve-se a Galileu, que os viu pela primeira vez na noite de 7 de Janeiro de 1610. Em 1616 propõe em vão os seus préstimos para a resolução do problema das longitudes ao Rei de Espanha, Filipe III (Filipe II de Portugal). Só em 1636 propõe formalmente aos Estados Gerais das Províncias da Holanda um método para a determinação das longitudes no mar através dos satélites de Júpiter. Para mais pormenores sobre a história do método dos satélites de Júpiter veja-se [A. van Helden 1993].

[8] Quando um satélite entra na sombra do planeta o seu desaparecimento é quase instantâneo, assim a determinação do momento inicial dos eclipses dos satélites de Júpiter em 1 minuto, contra uma indefinição típica de mais ou menos 15 minutos no começo de um eclipse lunar, implicava apenas $15'$ na longitude calculada no primeiro caso, contra cerca de 4 graus no cálculo da longitude no segundo.

Júpiter e dos seus 4 satélites devem-se a Nicolas-Claude Fabri de Peiresc (1580-1612). Seguem-se, em 1614, umas tabelas elaboradas pelo próprio Galileu e em 1656 umas de Giovanni Batista Hodierno (1597-1660). Contudo só em 1668 é que Giovanni Cassini (Cassini I) apresenta umas tabelas com um grau de precisão suficiente para que o método passe a ser adoptado, destronando assim o método dos eclipses da Lua que então dominava. O uso dos eclipses dos satélites de Júpiter irá ser adoptado com um tal sucesso que revolucionará a cartografia. Em 1666 a Academia Real das Ciências de Paris inicia um programa de cartografia da França usando o método dos eclipses de Júpiter. Na sua viagem à Califórnia, em 1769, Chappe D'Auteroche descobriu nos mapas daquela região erros de mais de 5 graus nos valores da longitude quando fez uso dos métodos dos eclipses de Júpiter. No século XVIII as principais efemérides, as de Coimbra incluídas, publicavam tabelas de efemérides das posições ao longo de cada mês dos satélites de Júpiter e apelavam aos marinheiros para que usassem do método dos eclipses para determinar as longitudes em terras onde eventualmente aportassem.

14.1.2 métodos lunares

Terá sido Johann Werner (1468-1522), em 1514, o primeiro a propor as distâncias lunares para a determinação das longitudes ao apresentar um método de determinar a distância da Lua a uma estrela usando a balestilha [G. Boistel 2001, p.295]. Mais tarde Pedro Apiano (1495-1552) e Gemma Frisius (1508-1555) desenvolvem a ideia das distâncias lunares sugerida por Werner (a Gemma Frisius também se deve a introdução da ideia do relógio para a solução do problema[9]).

Em 1633 Jean-Baptiste Morin (1583-1656) apresenta ao Cardeal de Richelieu (1585-1642), ministro de Luis XIII, um método para a determinação das longitudes no mar [Lalande 1781-81, v.3 p.775], que consistia em observar, simultaneamente, a altura da Lua e a altura das estrelas, bem como as distâncias da Lua a essas mesmas estrelas e com o recurso a tabelas comparar com os valores calculados para um certo meridiano de referência e assim pela diferença horária determinar a diferença de longitudes. Muitos são os problemas que na altura se levantam para a aceitação das suas ideias: a pouca precisão dos instrumentos de observação[10], a falta de tabelas lunares com precisão suficiente para serem usadas nos cálculos, a falta de catálogos estelares fiáveis; levando a comissão criada por Richelieu a não lhes dar o devido crédito [G. Boistel 2001,

[9] O uso do relógio para a resolução da longitude é só por si uma história de contornos épicos e que viria a ter como protagonista John Harrison (1693-1776), que *'contrariando as autoridades científicas europeias que – de Galileu a Newton – sempre haviam procurado uma resposta nos céus, atreveu-se a imaginar uma solução mecânica'* [D. Sobel 2000].

[10] Sobre este assunto dos instrumentos veja-se: [A. Stimson 1985], [Malhão Pereira 1994], [Malhão Pereira 2000] e [A. Lois 2005].

p.296][11]. Só no século XVIII é que estas dificuldades serão finalmente ultrapassadas.

No plano teórico a resposta vem com o grande desenvolvimento levado a cabo por Euler, D'Alembert, Lacaille e Clairaut da '*Teórica da Lua*', possibilitando a elaboração de tabelas lunares e solares muito fiáveis – *«Porém nestes últimos tempos tem chegado a perfeição do cálculo ao ponto que se podia desejar»* [BNP Ms.511, fl.13][12]. No plano técnico a construção de lentes de muito boa qualidade e de espelhos com muito bons índices de reflexão, bem como o aperfeiçoamento das escalas de medição, permitindo medidas com precisões nunca antes conseguidas. Em 1731 John Hadley (1682-1744) inventa o octante, precursor do sextante (c.1770), instrumentos que se tornarão indispensáveis às medições astronómicas feitas a bordo[13]. E quanto aos catálogos estelares temos John Flamsteed (1646-1719) a publicar em 1729 o seu famoso catálogo *Atlas Coelestis* com cerca de 3000 estrelas e que Lacaille irá complementar nos anos 1750's.

Edmund Halley que havia nos anos de 1698 a 1703 empreendido uma série de viagens marítimas para o estudo da longitude, debruçando-se especialmente sobre métodos astronómicos e de declinação magnética[14], publica em 1731 uma memória

[11]Monteiro da Rocha estava bem a par dos trabalhos de Morin, afirmando que foi sob o patrocínio de Richelieu que em França se começou a trabalhar em métodos astronómicos baseados no movimento da Lua [BNP Ms.511, fls.2-3v].

[12]Mais à frente escreve: *«As Tábuas Lunares de Mayer calculadas sobre os princípios de Euler; e as Taboas de M. Clairaut calculadas sobre a mesma teórica raríssimas vezes passam alguma coisa de um minuto de diferença nos lugares calculados da Lua, comparados com as mais exactas observações, nos pontos da trajectória lunar, em que esta sujeito a mais irregularidade o seu movimento»* [BNP Ms.511, fl.14] – relembremos que as *Tábuas Rudolfinas*, de Kepler (1627) apresentavam erros da ordem dos 12 minutos de arco.

[13]Embora inventado nos inícios dos anos 30 do século XVIII, só em meados do século é que o octante seria adoptado. A marinha portuguesa e holandesa adoptaram-no em meados do século XVIII, substituindo assim a balestilha que até aí usavam, ao contrário dos ingleses que já a haviam abandonado a favor do quadrante de Davis [Malhão Pereira 2000, p.19, p.25 (n.22)]. Para uma breve descrição destes instrumentos veja-se: [António Barbosa 1927], [G. Turner 1998 pp.31-32] e o já citado [Malhão Pereira 2000].

[14]O método da declinação magnética, que havia sido sugerido por João de Lisboa (?-1525) no seu *Tratado da Agulha de Marear* (1514), baseia-se no facto da declinação magnética parecer variar na superfície da Terra regularmente com a longitude. A agulha magnética da bússola aponta para o norte magnético, que não coincide com o norte geográfico, a declinação magnética (ou variação da agulha) mede a diferença entre estes dois pólos. Durante muitos anos pensou-se que havia uma lei para a declinação magnética e que permitiria assim saber qual a verdadeira direcção do norte geográfico e consequentemente a longitude de um lugar. No seu manuscrito Monteiro da Rocha faz um pequeno resumo [BNP Ms.511, fls.6v-9v] do que se sabia à época sobre este assunto e das tentativas de se fazerem cartas marítimas com as variações e relações da declinação magnética e longitude (os trabalhos de Halley são referidos), mas não aceita que a variação da declinação magnética possa contribuir para a determinação da longitude pois não há, afirma, uma relação precisa entre eles: *«porém a falta de observações, que havia, das irregularidades da variação magnética, os fez [cita Manuel de Figueiredo e Guilherme Nautonier, como os inventores do método] cair na precipitação de entender, que a economia do mundo se havia de governar conforme a sua ideia. Estabeleceram uma hipótese quimérica, que causa compaixão, e que foi desmentida logo manifestamente pelas observações; e a mesma infelicidade tem sucedido a outros muitos até os nossos tempos. [...] Donde eu me inclino muito ao sentimento de M. Knight, que estas variações, e suas irregularidades dependem da estrutura heterogénea do corpo da*

onde sugere um método de distâncias lunares para a determinação das longitudes [Halley 1731]. Contudo será em 1759 que Lacaille publica uma memória [Lacaille 1759], fruto de estudos e viagens que empreendera nos anos de 1751 a 1753, onde propõe de uma maneira rigorosa o método das distâncias lunares[15]. Esta memória de Lacaille, segundo Guy Boistel [G. Boistel 2001, pp.352-358], marca uma etapa importantíssima nas investigações dos astrónomos e pilotos sobre o problema das longitudes, levando inclusive à publicação do *Nautical Almanac*, em 1766, com tabelas de distâncias lunares – *«C'est donc Lacaille et Maskelyne qui sont à l'origine de la fixation d'un protocole d'observations des distances lunaires dans la seconde moitié au XVIIIe siècle»*.

Um dos principais responsáveis pela introdução na marinha francesa da prática do método das distâncias lunares foi Jean-Charles de Borda (1733-1799), que vê publicado em 1779 por Pierre Lévêque um protocolo por si estabelecido para a aplicação do método[16].

- **método das alturas, ou do ângulo horário**

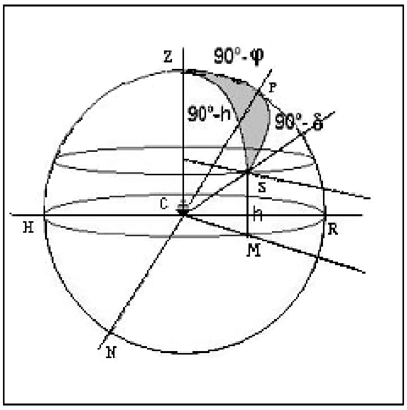
O método das alturas, ou do ângulo horário, foi proposto, em 1751, por Pierre Charles Le Monnier (1715-1799) como alternativa ao método das distâncias lunares, e publicado por Alexandre Guy Pingré (1711-1796) no *Etat du Ciel,* para 1757 [Lalande 1771-81, v.3 p.795]. Este método considerado um método indirecto, pois a longitude a determinar pressupõe o conhecimento prévio da longitude estimada do navio, com uma aproximação até 5°, baseia-se em determinar o ângulo horário da Lua, sabendo a sua altura acima do horizonte (pela observação) e a sua declinação pelas tabelas de efemérides. Determinado esse ângulo horário recorre-se às mesmas efemérides para saber a hora em que tal ângulo é observado no meridiano de referência e pela diferença horária determina-se a longitude[17].

terra; e devem ao menos alguma parte das suas mudanças às variações físicas que sucedem no mesmo globo terrestre, como de terramotos, formações de minerais em uns lugares, extinções deles em outros; causas contingentes, que estão fora dos limites do cálculo dos homens» [BNP Ms.511, fl.7v]. Sobre o método proposto por João de Lisboa e consequentes derivações, veja-se: [Luis de Albuquerque 1983, pp.86-121] e [F. Bellec 2002].

[15] Lacaille havia já em 1754 apresentado à Academia francesa um trabalho sobre este assunto: *'Project pour rendre la méthode des Longitudes sur mer praticable au commun des navigateurs'*. Inclusivamente na redacção do 4º volume das *Ephémérides des mouvemens célestes* (Paris, 1753) já manifestara o desejo de dar a estas mesmas efemérides uma conotação náutica (para mais veja-se [G. Boistel 2001, pp.341-346]).

[16] Este método ficaria conhecido por *'método de Borda'*. É este método que as Ephemerides Náuticas da ACL apresentam no seu primeiro volume: *«Método do cavalheiro de Borda para o cálculo das longitudes no mar, determinadas pelas distâncias da Lua ao Sol, ou às Estrelas»* [EN (1789) 1788, pp.170-181]. Este artigo é baseado num artigo de Jeaurat que foi publicado no [CDT (1779) 1777, pp.213-223]. No volume [CDT (1819) , p.215] pode ler-se : *«on peut employer la méthode de Borda, dont le calcul est simple et rigoureux»*. Lalande no seu artigo sobre a longitude na Encyclopédie Méthodique descreve para a determinação das longitudes pelas distâncias lunares o método de Borda [Encyclopédie Méthodique (mat.) 1784-89, v.2 pp.334-336].

[17] *«[Leadbetter] propose de trouver les longitudes par l'observation d'une seule hauteur de Ia Lune*



ângulo horário da Lua.

A resolução do triângulo esférico de posição ZPS (figura acima), onde $HZPR$ é o meridiano do lugar de observação e $h = SM$ a altura observada do astro, permite-nos determinar o ângulo horário, visto que os seus três lados são conhecidos – o lado SP, complemento da declinação $(90^o - \delta)$; o lado ZP, complemento da latitude $(90^o - \phi)$ do lugar; e o lado ZS, distância zenital, ou seja o complemento da altura $(90^o - h)$.

A relação que nos permite determinar o ângulo horário (H) é dada por:

$$\cos z = \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos H$$

O método proposto por Monnier e Pingré para a determinação da longitude do lugar é por isso teoricamente muito simples[18], sendo considerado indirecto por necessitar que se conheça a declinação da Lua aquando da observação da sua altura, valor este fornecido nas efemérides mas que pressupõe que se saiba a hora do meridiano de referência e tal só é possível se se conhecer a longitude (estimada) do local da observação. Se a longitude obtida no cálculo for igual à que previamente se estimou será

en supposant l'inclinaison de l'orbite de la Lune à l'écliptique connue par les Tables. Sa méthode est un peu longue. D'ailleurs les tables ne sont point entre les mains de tous les navigateurs. Je la passerai donc sous silence. [...] M. Le Monnier au second livre de ses 'Observations' expose une autre méthode qui ne demande pareillement que l'observation d'une seule hauteur de la Lune. Mais il faut de plus connaître la declinaison de cet astre, ce que l'on peut faire facilement en observant sa plus grande hauteur [...] Cette methode est fort bonne. Elle a cet avantage, que je n'en connois point qui exige moindre calcul. D'un autre côté, il v a des cas où elle n'est point praticable, comme lorsque la Lune est couverte de nuages à l'heure de son passage au meridien, lorsque l'on ne peut voir pour lors assez distinctement l'horizon [...] L'angle horaire de la Lune étant donné par observation, il est facile de conclure la distance au meridien de I'observation à celui de Paris» [Pingré 1755, p.181]

[18] Vejamo-lo na descrição de Delambre: *«Voici en quoi elle consiste: observer une hauteur du bord de la Lune, y appliquer toutes les corrections nécessaires pour qu'elle devienne la hauteur vraie du centre. Avec la hauteur du pole et la déclinaison de la Lune prises dans uns éphéméride, calculez l'angle horaire de la Lune; calculez l'angle horaire du soleil pour le tens de l'observation, vous en conclurez la différence d'ascension droite et l'ascension droite absolue de la Lune. Cherchez dans l'éphéméride à quelle heure de Paris répond cette ascension droite et vous aurez l'heure de Paris et la longitude du vaisseau»* [Delambre 1814, v.3 p.639].

essa então a longitude do lugar. Se assim não for repete-se o cálculo, mas partindo agora do conhecimento deste último novo valor da longitude que servirá para determinar nas tabelas de efemérides a nova declinação da Lua. O processo iterativo (de falsa posição) é repetido até se obter o valor desejado da longitude que corrige o respectivo valor da declinação da Lua necessário ao cálculo. Embora relativamente simples no plano teórico o seu cálculo é algo fastidioso e necessita de observações muito precisas na determinação da latitude do lugar, na determinação da altura da Lua e nos valores da sua declinação fornecidos pelas efemérides. Lacaille na sua memória de 1759 faz uma análise crítica do método de Pingré, estimando que $2'$ de incerteza na declinação da Lua e $4'$ de incerteza na altura da Lua e na latitude do lugar, se traduzem em erros significativos na determinação da longitude, em média de 85 léguas marítimas (101 léguas para zonas de $30°$ de latitude e de 107 léguas para latitudes de $60°$ (1 légua $\approx 5.5\,\text{km}$) [Mauguer 1936, p.225].

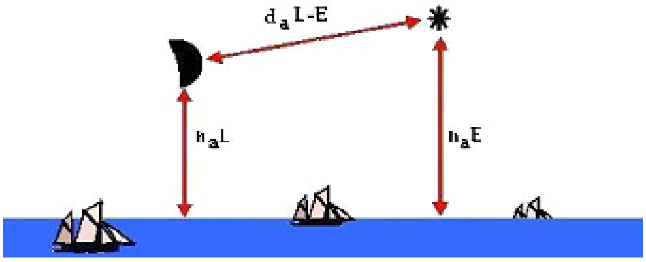
- **método das distâncias lunares**

Em contrapartida o método das distâncias lunares não necessita de tão elevada precisão observacional – forte motivo para a sua adopção,

> *«Cette méthode a l'avantage de ne dépendre essentiellement que d'une seule observation de distance; elle ne suppose pas la hauteur connue avec une extrême précision; elle ne dépende ni de la déclinaison de la Lune, ni de la latitude de l'observateur; elle n'exige pas qu'on ait un horizon clair; elle ne suppose pas des calculs aussi longs que ceux de l'ascension droite de la Lune»* [Lalande 1764, v.2 p.1535][19]

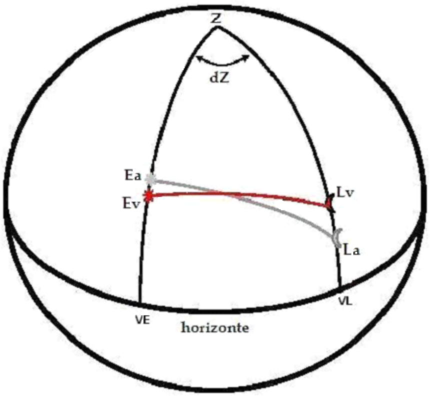
O método das distâncias lunares é considerado um método directo e pressupõe 3 observações simultâneas: a altura da Lua ($h_a L$); a altura do Sol ($h_a S$), ou da estrela ($h_a E$); e a distância da Lua ao Sol ($d_a\,(L-S)$), ou a essa estrela ($d_a\,(L-E)$).

[19] A respeito da necessidade de elevada precisão nas observações requeridas pelo método das alturas em contraponto com o método das distâncias lunares, escrevem alguns autores: *«Les observations de hauteur de la Lune faites dans le but d'obtenir les longitudes, doivent être très précises, et cette circonstance exige qu'elles soient faites avec le théodolite, et surtout avec le théodolite répétiteur. Avec les instruments de réflexion, on emploie de préférence la méthode dite des distances lunaires»* [Liais 1867, p.398]; – *«La méthode des distances lunaires est un des meilleurs procédés pour obtenir la longitude; c'est à peu près la seule dont on puisse se servir en mer avec sécurité.»* [Francœur 1830, p.251]; – *«La méthode des distances lunaires étant celle qui est généralement adoptée par les navigateurs pour la détermination des longitudes en mer»* [Souchon 1883, p.181]. Para um estudo detalhado no que concerne à repercussão dos erros das reduções das distâncias na determinação das longitudes por ambos os métodos, veja-se [Paula Travassos 1805].



observações requeridas para o método das distâncias lunares.

Depois de corrigidas as observações aparentes obtêm-se as respectivas alturas verdadeiras ($H_v L$ e $H_v S$), que simplesmente fazem mover a posição dos corpos ao longo dos seus verticais (VEZ e VLZ respectivamente)[20]. A grande questão que se coloca no método é como determinar a distância lunar verdadeira ($D_v\,(L-E)$).



Pela figura de cima é fácil perceber que o ângulo dZ é comum aos dois triângulos esféricos: $ZEaLa$ e $ZEvLv$; sendo o ângulo dZ calculado a partir do primeiro triângulo (pois nele conhecem-se os seus três lados) é fácil calcular o lado $Ev - Lv$, isto é a distância lunar verdadeira, pois conhecem-se os lados EvZ e LvZ (2^o triângulo).

Considerando: o arco (ZEa), distância zenital da posição aparente da estrela, como ($zapE$); o arco (ZEv), distância zenital da posição verdadeira da estrela, como (ζvE); o arco (ZLv), distância zenital da posição verdadeira do centro da Lua, como (ζvL); o arco (ZLa), distância zenital da posição aparente do centro da Lua, como (ζapL); o arco ($LvEv$), distância verdadeira Lua-Estrela (D); e o arco ($LaEa$), a distância aparente da Lua-Estrela, como (d); temos para o 1^o triângulo:

$$\cos Z = \cos D - \frac{\cos\zeta vE \times \cos\zeta vL}{\sin\zeta vS \times \sin\zeta vL}$$

[20] O efeito da refracção faz com que a estrela pareça estar mais elevada (o efeito da paralaxe é muito pequeno por esta estar muito distante da Terra). No caso da Lua o efeito da paralaxe já não se pode desprezar, assim no caso do nosso satélite o efeito da paralaxe que se sobrepõe ao da refracção faz com que a Lua pareça mais baixa.

e para o 2^o triângulo:

$$\cos Z = \cos d - \frac{\cos \zeta apE \times \cos \zeta apL}{\sin \zeta apE \times \sin \zeta apL}$$

igualando vem:

$$\cos D = \left[\frac{(\cos d - \sin \zeta apE \times \sin \zeta apL)\cos \zeta vE \times \cos \zeta vL}{\cos \zeta apE \times \cos \zeta apL}\right] + \sin \zeta vE \times \sin \zeta vL$$

ou,

$$D = a\cos\left(\left[\frac{(\cos d - \sin \zeta apE \times \sin \zeta apL)\cos \zeta vE \times \cos \zeta vL}{\cos \zeta apE \times \cos \zeta apL}\right] + \sin \zeta vE \times \sin \zeta vL\right) \tag{14.1}$$

Na posse desta distância lunar verdadeira (D) e consultando as distâncias lunares tabeladas nas efemérides determina-se a hora do meridiano de referência e consequentemente a longitude do lugar da observação.

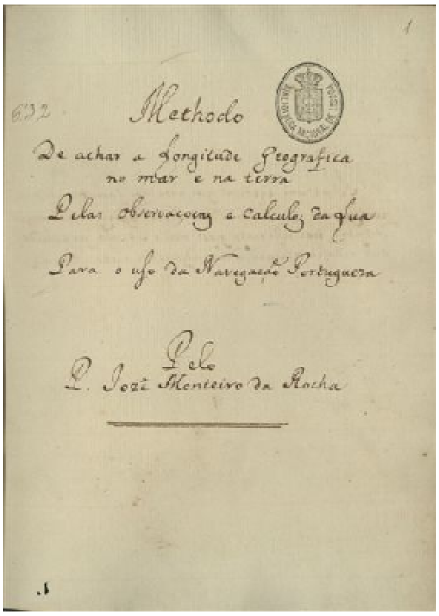
A partir da década de 1790 este protocolo passou a ser universalmente usado por qualquer marinha, *«não só por ser este entre todos os métodos astronómicos, até ao presente descobertos; o que mais repetidas vezes se pode praticar no mar, mas por ser a sua fórmula a mais simples, e elegante de todas as que os Astrónomos tem imaginado para a facilidade dos cálculos»* [EA (1789) 1788, pp.170-171][21].

O grande problema que se enfrenta neste método é como dissemos a redução da distância aparente à distância verdadeira. Em termos trigonométricos o problema é relativamente simples sendo dado pela equação (14.1), que hoje em dia com uma vulgar máquina de calcular científica facilmente se resolve. Contudo no século XVIII o esforço de cálculo que esta equação envolvia não era de somenos, era mesmo um problema mais ou menos complicado. Para facilitar os cálculos vários matemáticos e astrónomos contribuíram com novas fórmulas, que, por vezes, se faziam acompanhar de várias tabelas subsidiárias – Mendoza e Rios [Mendoza e Rios 1797] colige 40 fórmulas

[21] A título de exemplo veja-se um cálculo feito a bordo de um navio inglês em 4 de Outubro de 1772 em que este protocolo é aplicado: *«The computation of an actual lunar-distance observation made on 4 October 1772 in an unknown ship, probably an East-Indiaman, some 500 miles west of the Canary Isles»* [D. House 1993, pp.157-158]. Veja-se também outro exemplo apresentado por António Lopes da Costa Almeida [Costa Almeida 1851, pp.239-242]. Nas suas experiências a bordo Malhão Pereira chegou a obter através deste método das distâncias lunares num determinado caso um valor de 24° $07'.9$ de longitude para um valor lido no GPS de 24° $35'.9$ (um erro portanto de aproximadamente de $28'$), concluindo *«que o método tinha um rigor relativamente aceitável»* [Malhão Pereira 2000, p.49].

que na altura eram mais ou menos correntes para a resolução deste problema e anos mais tarde Guépratte afirma conhecer cerca de 100 [Guépratte 1839, v.1 p.219][22]! Os métodos baseados nestas fórmulas trigonométricas são designados por métodos directos. Há ainda outros métodos designados de métodos de aproximação e que resultam de se procurar a distância verdadeira através da aparente por fórmulas de correcção da própria distância aparente, tomando em linha de conta correcções dos valores de refracção e de paralaxe (veja-se [Mendoza e Rios 1797, pp.96-112] e [Delambre 1814, v.3 pp.620-670]). Como veremos Monteiro da Rocha apresenta dois exemplos de cada uma destas abordagens no seu trabalho *'Calculo das Longitudes'.*

14.2 O manuscrito: *'Methodo de achar a Longitude Geografica no Mar e na Terra'*


Methodo
De achar a Longitude Geografica
no mar e na terra
Pelas Observaçoens e Calculos da Lua
Para o uso da Navegação Portugueza
Pelo
P. Jozé Monteiro da Rocha

O manuscrito – *"Methodo de achar a longitude geografica no mar e na terra pelas observaçoens e calculos da Lua para o uso da navegação portugueza"*[BNP Ms.511] – embora sem data, é relativamente fácil pelas informações recolhidas ao longo do texto datá-lo como tendo sido escrito por volta de 1766-67:

- *«de balde observei também eu no fim do ano próximo passado de 1766»* (fl.15v);
- *«a Efeméride Náutica para o ano próximo de 1768 sairá impressa imediatamente depois deste método; e se continuará com a antecipação necessária de tempo para os anos futuros»* (fl.16);

[22] Veja-se também [Mendoza e Rios 1801, pp.3-37, 66-77] e [C. Cotter 1975, pp.305-328].

- *«Este exemplo contém os cálculos do Sol e da Lua para os dias 25, 27, 29, 31 de Dezembro próximo, do mesmo modo se hão-de continuar para os anos futuros»* (fl.37) – o referido exemplo de efeméride tem por título: *«Exemplo da efeméride náutica calculada ao tempo médio do meridiano de Lisboa, An. 1767. Dezembro.»*

O manuscrito tem o seguinte índice:

- *'Methodo de achar a Longitude Geográfica no mar e na terra Pelas Observaçoens e cálculos da Lua Para o uso da Navegação Portuguesa. Pelo P. Jozé Monteiro da Rocha'* (fl.1);
- *'Ao Ill.mo e Ex.mo Senhor Conde de Oeiras Ministro e Secretario dos Negócios do Reino'* (fl.2);
- *'Methodo de Achar a Longitude Geográfica. Introdução'* (fl.4, em 17 parágrafos);
- *'Methodo De achar a Longitude Geográfica no mar e na terra. § I. Idea geral dos pontos e círculos principais da Esfera'* (fl.18, em 16 parágrafos);
- *'§ II. Uso dos cálculos, que se hão de praticar na determinação da longitude'* (fl.21, em 29 parágrafos);
- *'§ III. Explicação das Taboas gerais deste Tratado'* (fl.23v, em 21 parágrafos);
- *'§ IV. Uso dos Instrumentos, que se devem aplicar nas observações da Longitude'* (fl.42, em 10 parágrafos);
- *'§ V. Methodo de praticar as observaçoens da Latitude'* (fl.46, em 8 parágrafos);
- *'§ VI. Methodo de regular o Relógio'* (fl.50v, em 9 parágrafos);
- *'§ VII. Pratica das observaçoens da Lua'* (fl.55v, em 16 parágrafos);
- *'§ VIII. Primeiro methodo de achar a Longitude'* (fl.64v, em 9 parágrafos);
- *'§ IX. Segundo Methodo de achar a Longitude'* (fl.69, em 14 parágrafos);
- *'§ X. Terceiro Methodo de achar a Longitude'* (fl.74v, em 12 parágrafos);
- *'§ XI. Quarto Methodo de achar a Longitude'* (fl.79v, em 13 parágrafos);
- *'§ XII. Quinto methodo de achar a Longitude'* (fl.84, em 9 parágrafos);
- *'§ XIII. Critério da longitude observada'* (fl.87v, em 8 parágrafos);

- *'§ XIV. Advertencia sobre os Lugares de Longitude duvidosa'* (fl.91, em 8 parágrafos);

- *'Taboas Gerais calculadas Para uso das Observações da Longitude'* (fls.96-106).

Em termos gerais podemos dizer que o manuscrito se organiza em 4 partes: uma introdução (fls.4-17v); uma parte onde são apresentadas, desenvolvidas e estudadas várias noções astronómicas e técnicas necessárias ao uso dos métodos a apresentar (fls.18-64); uma parte onde são tratados os 5 métodos sugeridos para a determinação das longitudes (fls.64v-95); e por fim a última parte com várias tabelas astronómicas e com um exemplo de *'Efemeride Nautica'* (fls.96-106).

A introdução merece alguma atenção pois nela Monteiro da Rocha mostra estar completamente a par das principais questões científicas que envolviam o problema da determinação das longitudes. Ao fazer a descrição e avaliação dos vários métodos que ao longo dos tempos se haviam tentado, cita uma série de obras e autores (faz 20 referências bibliográficas directas) que são à época dos mais relevantes e actuais, mostrando–se a par dos principais avanços teóricos e técnicos[23]. Monteiro da Rocha analisa criticamente os 4 principais métodos para a determinação da longitude: o geométrico; o físico; o mecânico e o astronómico.

O método geométrico consiste em determinar a distância percorrida através da estimação da velocidade do navio recorrendo-se ao uso da barquinha– *«Se se fizer uso*

[23] Essas referências bibliográficas são as seguintes: – Saverien, *Dictionnaire Universel de Mathematique et de Physique* (Paris, 1753); – Lalande, *Exposition du calcul Astronomique* (Paris, 1762); – *"Traité de l'Attration"*, não conseguimos precisar esta referência; – *"Philosophy Transactions, v. 50, 1757"*, neste número das Philosophical Transactions da Royal Society saiu um trabalho sobre a declinação magnética: [Mountaine & Dodson 1757]; – *"Histoire de l'Academie de Berlin, 1757"*, neste volume das memórias da Academia de Berlim saiu uma memória de Euler sobre os trabalhos de Halley acerca da declinação magnética [Euler 1759]; – Gravesand, *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata* (1720-21), no 2º volume a parte segunda do livro trata da gravidade e do movimento dos astros, *«Motuum Coelestium causae Physicae»*, dedicando-se o cap.17 à forma dos planetas, *«De Planetarum Figuris»*; – Newton, *Principia Mathematica* (Londres, 1687); – Henry Sully, *Description abregée d'une nouvelle invention pour la juste Mésure du Temps en Mer [...]Et une Dissertation sur la nature des tentatives pour la decouverte des longitudes dans la navigation, et sur l'usage des Horloges, pour la mesure du temps en Mer* (Paris, 1726); – *"Connaissance des Mouvemens Celestes pour 1765"*, onde se dá conta da viagem experimental do relógio H4 de Harrison em 1762 [CDT (1765) 1763, pp.240-245]; – Maskelyne, *British Marine's Guide* (Londres, 1763); *"Actas Societ. Reg. Upsaliens, 1741"*, neste volume foram publicadas as Taboas da Lua de Wargentin; – Chappe d'Auteroche, *Tables Astronomiques de Halley [...] solaires et lunaires* (Paris, 1754); Lalande, *Tables Astronomiques de Halley [...] pour les Planètes et les Comètes* (Paris, 1759); Maupertius, *Discours sur la paralaxe de la Lune pour perfectionner la theorie de la Lune et celle de la Terre* (Paris, 1741); – *"Journal Etranger, mars 1761"*, não nos foi possível precisar esta referência; – Le Monnier, *Institutions Astronomiques ou Leçons Elementaires d'Astronomie* (Paris, 1746); – Pingré, *Etat du Ciel pour 1757* (Paris, 1755); – Bouguer, *Nouveau traité de Navigation* (Paris, 1763); – "Memoirs de l'Academie, 1759", neste volume é publicada a memória de Lacaille sobre as longitudes [Lacaille 1759]; – Lalande, *Astronomie* (Paris, 1764), é referido explicitamente o *'livre 21'*: *«Des Sections Coniques, & du calcul différentiel, relativement à l'Astronomie»*; – *«Tratado Completo de Navegação»*, possivelmente trata-se da obra de Francisco Xavier do Rego, *Tratado Completo de Navegação* (Lisboa, 1764).

do Loch, que os nossos pilotos chamam vulgarmente a Barquinha»[24] (fl.5v). Este meio era bastante impreciso pois nas grandes viagens o erro na estima da longitude podia chegar facilmente aos 15°, obrigando os pilotos a determinar em terra firme aquando das suas escalas a longitude de modo a dela poderem ter uma ideia mais precisa – *«é que nas viagens dilatadas procuram por derrota algumas ilhas, cabos, e outros lugares certos; donde continuam a viagem com o ponto deformado, deixando ali uma porção de erro considerável, que lhes não é prejudicial daí por diante»* (fl.6).

O método físico descrito por Monteiro da Rocha para a determinação das longitudes é o método da variação magnética, que considerava uma *«hipótese quimérica»*.

Quanto ao uso do relógio, que está na base do método mecânico, o problema residia em ainda não se ter construído um relógio *«que se conserve sempre na regularidade do movimento»*. Monteiro da Rocha está bem ciente dos avanços experimentais e contribuições de Harrison[25] – *«Bem sei, que se tem divulgado por escritos públicos a notícia, que M. Harrison trabalhando nesta matéria desde o ano de 1726, chegou a construir um relógio de muito artificio, que parece satisfazer a questão sem diferença notável; segundo as experiências que se fizeram em 1762. Afirma-se, que não se achou ter variado mais de 2 minutos em 147 dias de viagem.»* (fl.11) –, porém ainda não se dispunham, segundo a sua opinião, de dados incondicionais que atestassem a fiabilidade e precisão desses relógios, carecendo de mais estudo e experimentação as influências das variações de temperatura, da humidade e da gravidade. O relógio não era definitivamente para Monteiro da Rocha o método tão ansiado para a solução da longitude.

Se o relógio mecânico não serve, servirá então o relógio astronómico:

> *«O relógio é uma máquina, cujo artifício e complicação de fabrico expõem ao risco de qualquer acidente lhe embaraçar a regularidade [...]. Pelo contrário as observações astronómicas têm a vantagem de se verificarem uma pelas outras [...] e por isso se se tiver cometido erro em uma, logo se conhece pela uniformidade das outras [...]. O seu grau de certeza é sempre o mesmo, no princípio e no fim das mais longas viagens. Funda-se no movimento natural dos astros, cuja constante duração não pode competir*

[24] A barquinha consistia numa pequena barca de madeira presa por uma corda na qual estavam feitos, regularmente distanciados, vários nós. Ao ser lançada borda fora a barquinha flutuava desenrolando a corda que se deixava correr por um determinado período de tempo. O número de nós que passava pela mão do marinheiro nesse intervalo de tempo, estimado com ampulhetas, indicava a velocidade do navio.

[25] Não só conhece os trabalhos de Harrison, como descreve sucintamente os trabalhos matemáticos em busca de uma curva isócrona: *«curva em que praticassem sempre os pêndulos com igualdade de tempo as suas oscilações. M. Newton e outros mostraram ser esta uma das propriedades da ciclóide; mas a dificuldade de construir mecanicamente uma ciclóide exacta não permite tirar fruto daquela sublime teoria.»* (fl.10).

aos artefactos dos homens.» (fl.12).

Monteiro da Rocha partilha com Maskelyne[26] a ideia que a solução do problema das longitudes reside na solução astronómica, e não na solução mecânica, consistindo aquela *«em descobrir a diferença de tempo de dois lugares pela observação dos astros»*:

> *«A imersão, e emersão que que faz na sombra terrestre, quando se eclipsa; o encontro visual que faz com o bordo do Sol, quando entra pela sua interposição a eclipsá-lo, ou quando se despede dele pelo bordo oriental; o apulso que faz às estrelas do Zodíaco quando com a sua passagem as oculta à nossa vista, e quando passando adiante as restitui pela parte ocidental aos nossos olhos; a distância observada da mesma Lua ao Sol, ou às estrelas; a passagem pelo meridiano; os ângulos horários; todos os movimentos da Lua podem servir para a determinação da Longitude Geográfica»* (fl.12v)[27]

Monteiro da Rocha está bem ciente da necessidade da existência de efemérides com precisão suficiente para que a solução astronómica seja possível, mostrando-se confiante nos progressos teóricos iniciados por Clairaut, D'Alembert e Euler, que eram o suporte teórico das melhores tabelas lunares que se haviam à época entretanto construído,

> *«nestes últimos tempos tem chegado a perfeição do cálculo ao ponto que se podia desejar»; «As taboas Lunares de Mayer calculadas sobre os princípios de Euler; e as Taboas de M. Clairaut calculadas sobre a mesma teórica raríssimas vezes passam alguma coisa de um minuto de diferença nos lugares calculados da Lua, comparados com as mais exactas observações, nos pontos da trajectória lunar, em que esta sujeito a mais irregularidade o seu movimento»* (fl.14)

A introdução acaba com uma pequena sinopse dos métodos lunares; sobre o método das distâncias lunares escreve:

> *«Finalmente M. Abade de Lacaille insigne astrónomo, cuja experiência nas expedições marítimas autorizava mais a sua expectação, escolheu o método de observar a distância da Lua a uma estrela determinada com as alturas sobre o horizonte, e diferença azimutal dos seus verticais; cujo plano*

[26] *«o célebre inglês Maskelyne depois de celebrar a invenção do relógio náutico, escreveu um tratado, em que se esforça a persuadir aos seus compatriotas o uso das observações astronómicas para a determinação da longitude»* (fl.12) – refere-se ao *British Mariner's Guide* (Londres, 1763).

[27] Em relação ao uso dos eclipses dos satélites de Júpiter para a determinação das longitudes no mar é peremptório: *«não podem observar-se, senão por óculos de alcance de 18 palmos para cima; e estes não são praticáveis sobre a inquietação das ondas»*.

> *expôs na edição do Tratado de Navegação de M. Bouguer*[28] *[...]. Consiste pois substancialmente o método [...] em se calcular um Almanach Náutico, em que tenha o piloto já calculada a verdadeira distância da Lua a uma determinada estrela para todos os dias do ano, de quatro em quatro horas. Da parte do piloto consiste em fazer as observações para a regulação do seu relógio, em observar a distância da Lua à estrela determinada no Almanach, sua altura, diferença azimutal, e em deduzir a distância observada à verdadeira tirando-lhe os efeitos da refracção e paralaxe pelas operações gráficas ou trigonométricas»* (fl.15).

Porém, para Monteiro da Rocha o método de Lacaille tem um inconveniente, o de *«estar ligado a uma estrela determinada ao arbítrio do autor do Almanach»*[29]. Os métodos que irá propor não fazem uso das tabelas de efemérides de distâncias lunares mas sim, como veremos, das longitudes da Lua – *«Consiste pois este método em ter o piloto uma Efeméride náutica com os lugares da Lua calculados com exacção de quatro em quatro horas para o meridiano de Lisboa»*,

> *«Com este fim escrevo este trabalho, depois de o ter confirmado pelas experiências próprias. E ainda que da minha parte não possa julgar ter dado um método superiormente vantajoso aos que até agora se cogitaram, tenho por outra parte fundamento de que espero que os navegantes portugueses serão mais próprios a executá-lo»* (fl.3v)

Segue-se a segunda parte onde são tratadas as noções astronómicas e as técnicas indispensáveis – *«sempre será conveniente dar neste tratado noções preliminares da Esfera, para que se entenda com mais fundamento tudo o que havemos de dizer nesta matéria»* (fls.18-64) –, onde Monteiro da Rocha revê os conceitos fundamentais da astronomia esférica bem como de algumas noções de aritmética: *«Além do cálculo das fracções sexagimais, que acima deixo explicado, supondo também que os pilotos sabem praticar bem a regra de três, e que estão instruídos no uso das partes proporcionais, que por meio dela se conhecem. Isto é essencialmente preciso, para saberem fazer uso com acerto das Taboas calculadas em benefício da navegação»*; e tudo explicado com recurso aos problemas da *'praxe da navegação'*.

Um problema que lhe merece especial atenção, visto os métodos que propõe se basearem em saber a diferença horária do meridiano do lugar e do de referência (Lis-

[28] Refere-se ao *Nouveau Traité de Navigationde Bouguer* (Paris, 1763), do qual Lacaille havia sido responsável pela reedição.

[29] *«Porém isto não desfaz no fundo o seu método, que lhe faz muita honra, e que ficou sem a promoção que merecia por causa da sua morte sucedida em 23 de Março de 1762»* (fl.15v).

boa) para um determinado valor da longitude celeste da Lua, é saber *«dada a longitude observada da Lua, achar na Efeméride a que horas deve ter a dita longitude para o meridiano de Lisboa»* (fl.38). O uso da regra de três simples, essencial para as interpolações, merece-lhe também alguma atenção – *«Isto é essencialmente preciso, para saberem fazer uso com acerto das Taboas calculadas em benefício da navegação»* (fl.25v). São também alvo de estudo as tábuas de logaritmos e as noções básicas de trigonometria, *«que muitos usam na prática dos Problemas ordinários da navegação»* (fl.27)[30].

No que diz respeito às questões técnicas relacionadas directamente com a prática observacional e uso dos instrumentos (o octante e o relógio), não é sem alguma surpresa que constatamos o elevado nível de conhecimento prático de Monteiro da Rocha sobre as principais características e os problemas técnicos que envolvem o seu uso a bordo dos navios. Sobre o octante identifica três aspectos fundamentais a ter em conta no que diz respeito à sua escolha e compra: a perfeição dos espelhos, o correcto alinhamento da aliada e a sua graduação – *«que a graduação esteja feita com a maior exacção possível. Não basta estar o octante dividido de minuto a minuto, se os minutos estiverem fora do seu lugar [...], que tenha ao menos dois palmos e meio de raio; e esteja graduado pelo método de Pedro Nunes»* (fl.43v)[31].

O relógio também lhe merece atenção recomendando os de *«Ellieot Le Roi e outros artífices. Mas na sua falta sempre é preciso um relógio ordinário bom, como os de Hugher, e Fleetwood»* (fl.42). Sendo necessário saber o quanto aceleram ou atrasam a sua marcha basta recorrer, escreve, às observações do Sol ou das estrelas – *«Tendo a altura verdadeira do centro do Sol, a sua Declinação, e a Latitude do lugar saberemos o tempo verdadeiro do instante da observação»*.

[30] Dá ainda o desenvolvimento em série de potências do seno e da tangente – *«Como pode dar-se o caso, em que faltem as Tábuas em ocasião de suma importância, não quero deixar de comunicar às pessoas de mais hábil e constante industria, os frutos da teoria mais sublime; apontando-lhes aqui as fórmulas para calcular por si mesmos os senos e tangentes naturais em um caso de necessidade. Dando pois o nome de A ao valor de um arco reduzido a decimais do raio, teremos as fórmulas seguintes demonstradas da Análise Superior [seguem-se as respectivas fórmulas]»* (fl.30); e das funções inversas: *«Pelo contrário dado qualquer Seno, ou Tangente também se pode saber o arco, que lhe corresponde sem auxílio das Tábuas [e dá as fórmulas respectivas]»* (fl.31).

[31] Estar graduado pelo 'método de Pedro Nunes', referir-se-á possivelmente ao nónio que Pedro Nunes apresentara no seu *De Crepusculis* (1542). Sobre os octantes ainda escreve: *«Pelo meu voto era preferível o Octante de Roberto Smith, de cuja vantagem fizeram experiência os célebres navegantes Middleton, Addison, e Sparrel. Mas como o seu uso não é tão comum na marinha, poderá servir em seu lugar o Octante comum de Hadley, de que sabem usar os nossos pilotos; contando que seja grande, e tenha a graduação de minuto em minuto com exacção pelo método de Nonius; de sorte que nas observações seja sempre certo o minuto, e se possam ao juízo do observador usar os segundos.»* (fls.43-43v); *«Pelo que respeita à exacção e dependente da vista do observador, pode conseguir-se em grau muito vantajoso, usando dos Octantes modernos, que tem um pequeno óculo em lugar da pínula. Pelo óculo se engrandece alguma coisa a imagem do astro, e se mostra com mais distinção; e circunstâncias que nos podem favorecer»* (fl.45).

Duas outras questões prendem ainda Monteiro da Rocha, a determinação prática da latitude e as observações da Lua. No caso da latitude dedica-lhe uma secção intitulada – *'Método de praticar as observações da Latitude'* –, dando dois métodos para a sua determinação: o da passagem meridiana do Sol e o da passagem meridiana das estrelas; e como esta determinação necessita ser rigorosa alerta para a correcta prática instrumental e para as necessárias correcções ao cálculo da altura verdadeira do Sol (inclinação do horizonte, refracção, paralaxe e o semidiâmetro).

No que diz respeito às observações da Lua – *«Prática das observações da Lua»* (fls.55v-64v) –, dedruça-se primeiro sobre as que dizem respeito às observações da sua altura, seguindo-se depois considerações sobre as observações das distâncias lunares (Lua-Sol e Lua-estrela): *«De todas as observações da lua a mais dificultosa de executar é a sua distância a uma estrela conhecida, ou mesmo ao Sol. Esta observação é o fundamento do terceiro método de achar a Longitude, que abaixo ensinaremos»*; advertindo para o correcto uso do octante. Tece ainda algumas considerações sobre os *«eclipses das estrelas pela interposição do corpo da Lua»* (que como veremos são o fundamento do quarto método que propõe) e sobre a *«observação do instante, em que alguma estrela conhecida se acha no alinhamento das pontas da Lua nos dias antes e depois do novilúnio»* (quinto método).

Para a aplicação dos vários métodos e respectivos cálculos, Monteiro da Rocha faz uso de uma série de tabelas que fornece como que em anexo no final do manuscrito (fls.96-105)[32]. Essas *«Taboas Gerais calculadas Para uso das Observações da Longitude»*[33] e as *«Efemérides Náuticas»* são as seguintes:

- *Tábua I: Inclinação do horizonte visual* – esta tabela fornece a correcção da inclinação do horizonte e está construída para ser usada tanto a bordo dos navios como em Terra, compreendendo o intervalo de alturas dos 4 aos 500 palmos craveiros[34]. Na explicação do seu uso são feitas referências às observações e medições com o octante na posição de frente e de revés – *«Quando se observa com a cara para o astro, sempre se diminui a inclinação do horizonte da altura observada...; e pelo contrário, quando se observa com as costas para o astro soma-se a inclinação com a altura»* (fl.32v);

- *Tábua II: Refracção dos astros* – fornece a correcção para a refracção. Para a

[32] A descrição dessas mesmas tabelas é feita antes da apresentação dos vários métodos num capítulo intitulado: *«Explicação das Tábuas Gerais usadas neste Tratado»* (fls.31v-42).

[33] *«Para uso das observações da Longitude não somente é necessário ter a Efeméride Náutica calculada para o dia da observação; mas também são precisas algumas outras Tábuas, as quais como são imutáveis, ou ao menos não carecem de mudança sensível por espaço de um século, julguei conveniente, que fossem incorporadas a este Tratado».*

[34] *«A medida de que se usa nesta tábua é a comum da razão de palmos craveiros»* – um palmo craveiro corresponde a 22 cm.

construção desta tabela Monteiro da Rocha diz que usou as médias aritméticas dos valores apresentados nas tabelas dos *«insignes astrónomos Lacaille e Bradley»*[35];

- *Tábua III: Variação da altura dos astros pouco antes, ou depois da passagem pelo meridiano* – um dos métodos para determinação da latitude geográfica é, como vimos, através da observação da passagem meridiana do Sol, ou de uma estrela. Esta tabela permite reduzir à altura meridiana todas as observações antes, e depois da passagem do Sol pelo meridiano (a tabela compreende os intervalos de tempo de 1 a 6 minutos), permitindo assim fazer uma média aritmética e calcular a latitude do lugar com mais precisão. Monteiro da Rocha dá um exemplo típico de uso desta tabela: *«Tenho observado a altura do bordo inferior do Sol $32° 19' 1''$, cinco minutos depois do meio-dia verdadeiro, tendo o Sol declinação $23°$ para o pólo inferior, quero saber a altura que devia ter no mesmo instante do meio-dia.»* (fl.33v);

- *Tábua IV: Semidiâmetros aparentes do Sol*;

- *Tábua V: Paralaxe do Sol*;

- *Tábua VI: Aumento do semidiâmetro horizontal da Lua* – o semidiâmetro horizontal da Lua é dado na tabela XII (i.e. na *'Efeméride Náutica'*) para os vários dias/meses do ano (de 4 em 4 horas). Esta tabela fornece a correcção que é necessária fazer quando a Lua se encontra a determinada altura acima do horizonte ($0° - 90°$), para os vários valores do semidiâmetro horizontal lidos na *Efemeride* ($14^{'}40'' - 17'16''$). É também explicado como se calcula a paralaxe da Lua através do seu semidiâmetro horizontal – *«O que temos dito do semidiâmetro da Lua, também se deve entender da sua paralaxe. Esta no horizonte é diversa, do que é em qualquer altura sobre o horizonte; mas com a diferença que a paralaxe diminui desde o horizonte até ao zénite, e o semidiâmetro aumenta»* (fls.34v-35).

- *Tábua VII: Pontos da eclíptica correspondentes à Ascensão Recta em tempo – «O fim desta tábua é para saber a qualquer instante dado o ponto da Eclíptica, que actualmente passa pelo meridiano. Entra-se nela com a Asc. Recta em tempo, a qual se saberá de modo, que diremos no seu lugar; e os graus, minutos que se acharem na tabua mostram o ponto da Eclíptica que passa pelo meridiano no instante dado, contando desde o princípio de Aries para oriente»*: ou seja

[35] A discussão dos valores da refracção obtidos por Lacaille e Bradley são discutidos nas tabelas de Halley traduzidas por Lalande e publicadas em Paris em 1759 [Lalande 1759], obra que Monteiro da Rocha refere explicitamente no seu manuscrito.

esta tábua permite converter coordenadas equatoriais em coordenadas elípticas, ou melhor ascensões rectas em longitudes. Para a sua construção Monteiro da Rocha usou o valor $\epsilon = 23°28'10''$, para a inclinação da eclíptica;

- *Tábua VIII: Declinação dos pontos da Eclíptica correspondentes à Ascensão Recta em tempo;*

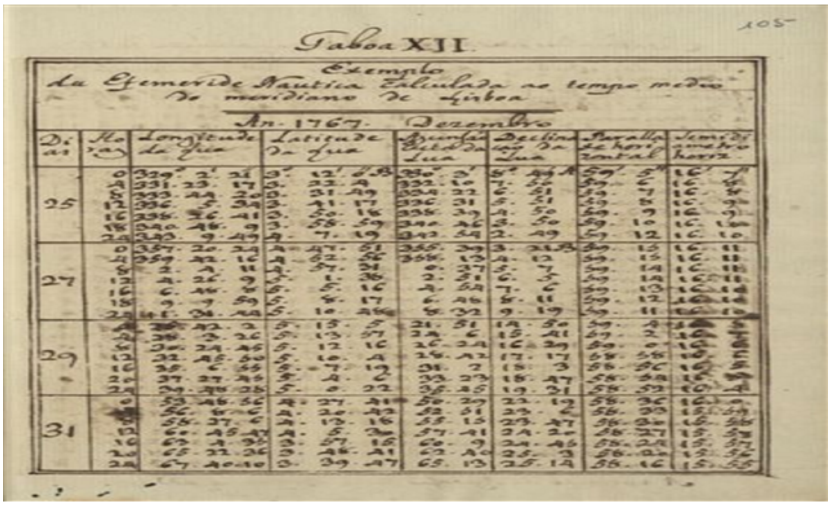
- *Tábua IX: Ângulos da Eclíptica com o meridiano correspondentes aos pontos de Ascensão Recta em tempo* – ou seja o ângulo entre o plano da eclíptica e o plano do meridiano do lugar;

- *Tábua X: Redução do tempo em partes do Equador celeste, ou em graus de Longitude terrestre*;

- *Tábua XI: Redução das partes do Equador, ou dos graus de longitude em tempo* (esta e a tabela anterior permitem converter graus em tempo e vice-versa).

Segue-se uma décima segunda tábua com a «*Efeméride náutica*»,

- *Taboa XII: Exemplo da Efeméride Náutica calculada ao tempo médio do meridiano de Lisboa* – onde são tabeladas (de 4 em 4 horas), como exemplo, para os dias 25, 27, 29 e 31 de Dezembro de 1767 e «*do mesmo modo se hão-de continuar para os anos futuros*», as efemérides do Sol (longitude, ascensão recta e declinação); as efemérides da Lua (longitude; ascensão recta; declinação; paralaxe horizontal e semidiâmetro horizontal), a longitude média em tempo; a equação do tempo.



taboa XII: Exemplo de Efemeride Nautica.

Como estas efemérides diárias estão intervaladas de 4 em 4 horas basta o uso das partes proporcionais para calcular as posições da Lua para instantes não tabelados.

Monteiro da Rocha afirma que calculou estas *Efemérides* directamente das tabelas astronómicas, tendo usado para as efemérides do Sol as tabelas de Lacaille – *«Para os cálculos do Sol nos servimos das Taboas do abade Lacaille, atendendo às mesmas equações miúdas, que ultimamente se descobriu pela teoria da acção dos planetas sobre a Terra»* –, e para as da Lua as tabelas de Clairaut. A este respeito Monteiro da Rocha parece conhecer os problemas teóricos subjacentes à teórica da Lua e à construção das respectivas tabelas astronómicas, preferindo para a construção das respectivas efemérides as tabelas de Clairaut, embora para determinados dias recorra também às tabelas de Mayer e Halley,

> *«Para os cálculos da Lua preferimos as Tábuas de M. Clairaut, de cuja exacção temos experiência, e cuja feliz disposição nos suaviza mais a multidão de cálculos que são precisos, para ordenar uma Efeméride deste género. Porém em alguns dias de cada mês não somente calcularemos o lugar da Lua pelas Tábuas de Clairaut, mas também pelas de Mayer, e pelas de Halley com a sua equação empírica, tomando depois o meio aritmético do resultado dos três cálculos diversos. Os dias pois calculados com esta paciência; e todos os outros em qua a Lua estiver nos pontos da sua órbita, em que é mais exacta a determinação dos cálculos, irão notados na Efeméride com o sinal *.»*; *«E nestes dias pode haver segurança, que da parte de Efeméride não influência na Longitude geográfica mais incerta, do que até 10′ ou 12′ de um grau. Por isso nos ditos dias deve o observador da*

> *sua parte verificar com mais diligência o ponto da sua Longitude, fazendo o maior número de observações que puder, e tomando o meio aritmético do resultado de todas elas.»; «Com seis ou sete observações bem exactas conseguirá facilmente da sua parte, não passar a incerteza de 16′ ou 18′ de grau; e por conseguinte pode determinar a sua Longitude sem lhe passar de meio grau o total de incerteza, que nela se pode influir tanto da Efeméride, como pela observação»*[36] (fl.40).

O manuscrito acaba com um catálogo estelar de cerca de 70 estrelas (ascensão recta, declinação e variação anual)[37], onde inclui uma série de considerações práticas para o seu reconhecimento visual, bem das constelações no céu – *«Para conhecer as estrelas principais deve começar-se por aquelas, que são conhecidas de todo o mundo»* (fl.40v).

De seguida analisaremos os 5 métodos propostos por Monteiro da Rocha para a determinação da longitude geográfica.

14.2.1 Os 5 *'Methodos [propostos] de achar a Longitude'*

Monteiro da Rocha apresenta cinco métodos, sendo os dois primeiros variantes do método das alturas e os outros três do método das distâncias lunares. Todos eles se baseiam na determinação (cálculo) da longitude celeste da Lua aquando da observação e da comparação desse valor com o tabelado na *'Efemeride Nautica'* para determinar a hora correspondente no meridiano de Lisboa. Os métodos propostos por Monteiro da Rocha diferem assim daqueles que na época se começavam a estabelecer: no caso do método da altura da Lua proponham a determinação da ascensão recta e no caso das distâncias lunares propunham a determinação da distância lunar verdadeira a uma estrela ou ao Sol.

A proposta de Monteiro da Rocha em usar a longitude da Lua e não a distância lunar tinha a vantagem, na sua opinião, de poder generalizar o método das distâncias

[36] As tábuas de Clairaut a que se refere Monteiro da Rocha haviam sido publicadas em 1754 (em 1752 Clairaut havia publicado o seu Theorie da la Lune). As tábuas de Mayer são de 1755 (e foram construídas com base nos considerandos teóricos de Euler – *Novae et correctae tabulae ad loca lunae computanda and Tabulae astronomicae solis & lunae* (1745 e 1746)). As tábuas de Halley haviam sido originalmente em 1746 e traduzidas e publicadas em 1754 por D'Auteroche. Em 1765 parte do prémio das longitudes é atribuido a Mayer pelas suas tabelas (Eulert também recebe uma pequena parte e Clairaut reclama, nesse mesmo ano, uma parcela do mesmo).

[37] *«No fim da Efeméride de cada ano ajuntamos um Catálogo das Estrelas principais com a sua Longitude, e Latitude calculadas de quatro em quatro meses com todas as equações da precessão dos equinócios, nutação e também no fim deste Tratado damos um catálogo das mesmas estrelas com a sua Ascensão Recta média, e declinação para a Época de 1770; E pelo que respeita a ascensão recta e declinação não as calcularemos para todos os anos, por serem elementos que não carecem a última precisão, como a Longitude, e Latitude, segundo o método que seguimos.»*

lunares, não se ficando *'preso'* a um reduzido número de estrelas para as quais previamente se tinham que elaborar as efemérides das suas distâncias lunares – *«O método precedente não está ligado a uma estrela particular; mas fica ao arbítrio do piloto escolher aquela que conhecer e estiver na melhor situação para fazer a sua observação»* (fl.79). Se de certa maneira esta consideração pode ser vista como uma vantagem a verdade é que o esforço de cálculo exigido pelos métodos que propõe é, de certa forma, uma desvantagem numa altura em que tudo isto era novidade.

A análise dos vários métodos revelou-se-nos bastante difícil. Não só porque não estamos familiarizados com os processos de cálculo típicos desta época (uso de tabelas e reescrita das fórmulas para uso de logaritmos), mas principalmente, isso sim, porque Monteiro da Rocha não faz qualquer introdução teórica e dedução analítica dos 5 métodos, nem apresenta figuras elucidativas. Tal facto é até compreensível se tivermos em vista o público-alvo a quem o trabalho era dirigido, os marinheiros e pilotos – *«não darei a demonstração das regras, para que se não confunda a dificuldade da theorica com a facilidade da practica»* (fl.21), mas torna bastante penosa ao leitor actual a tarefa de os interpretar. Monteiro da Rocha apenas se limita a fornecer e apresentar os passos necessários do cálculo, isto é os métodos são apresentados como sob a forma de um receituário.

- **'primeiro Methodo de achar a Longitude'**

Neste método a determinação da longitude da Lua é obtida através de uma série de cálculos, necessitando para tal que se conheça a altura da Lua, a latitude geográfica e a hora local (obtidas por observação). Este método indirecto pressupõe ainda o conhecimento estimado da longitude geográfica do local de observação (por um qualquer método típico usado pelos pilotos), para através das tabelas de efemérides se achar o valor da declinação e da latitude da Lua, também necessários aos cálculos,

> *«Supõe este método que temos observado com a maior exacção possível a altura verdadeira da lua sobre o horizonte em qualquer instante exacto do tempo médio astronómico [...]. Supõem também, que ao mesmo instante sabemos com a exacção possível a latitude do lugar onde estamos [...], e supõem finalmente, que pela derrota ordinária, ou pelas observações dos dias precedentes sabemos a diferença que temos de longitude a respeito do meridiano de Lisboa até 4 ou 5 graus de erro; e por conseguinte sabemos com pouca diferença as horas de Lisboa no instante da nossa observação. Isto suposto obraremos do modo seguinte [...]»* (fls.64v-65).

O conhecimento da longitude estimada do lugar permite também saber a ascensão recta do meridiano, ou seja o tempo sideral.

A aplicação deste método necessita que se considerem sucessivamente 3 triângulos esféricos (em anexo são explicados de modo pormenorizado todos os cálculos que envolvem este método):

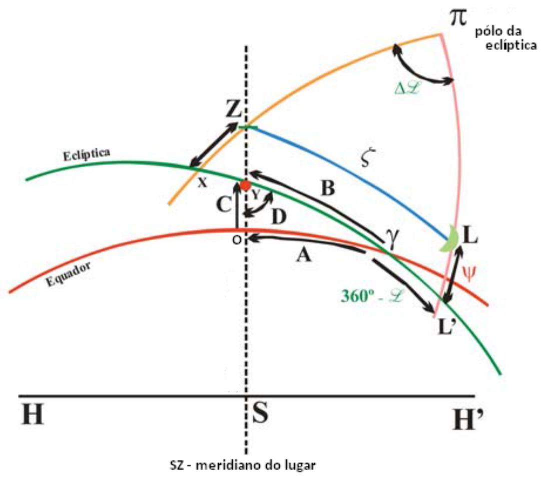


figura adaptada de [Malhão Pereira 2008, p.382].

- o 1^o triângulo ($O\gamma y$), que compreende a ecliptíca, o equador celeste e o meridiano do lugar; e em que O e y são a intercepção do meridiano do lugar (SZ) com o equador e a ecliptíca respectivamente e γ o ponto vernal;

- o 2^o triângulo (xyz), que tem de lados: (Zx), latitude celeste do zénite; (Zy) e (xy), tal que: ($xy + B =$ longitude celeste do zénite);

- o 3^o triângulo ($ZL\pi$), em que : ($\pi Z = 90 - xZ$) e ($\pi L = 90 - \Psi$), sendo Ψ a latitude celeste da Lua).

Assim, do 1^o triângulo – em que é conhecido o lado A, a $a.r.$ do meridiano do lugar[38]; ϵ, a obliquidade da eclíptica; e o ângulo em O (90^o) –, é possível determinar recorrendo às leis da trigonometria esférica os lados A, B e C do mesmo triângulo[39].

Através do 2^o triângulo (xyz) – do qual se conhece o ângulo em x (90^o); o ângulo em y (D) e ZY ($ZY = \varphi - C$) –, é possível determinar Zx (latitude celeste do zénite) e xy, tal que: ($xy + B =$ longitude celeste do zénite).

Do 3^o triângulo determina-se $\Delta\mathcal{L}$, pois sabe-se: $\pi Z = (90 - Zx)$; $\pi L = (90 - \Psi)$, e ZL por observação. Assim: $\Delta\mathcal{L} =$ (Long. do zénite $-(360 - L)$), em que L designa a longitude da Lua.

[38] Esta é determinada recorrendo-se às efemérides astronómicas (*tabela VII*) pois o marinheiro sabe por estimação a longitude geográfica do lugar onde se encontra.

[39] Monteiro da Rocha conhece C pelas tabelas astronómicas.

Pode-se perguntar por que é que Monteiro da Rocha usa o valor dado pelas efemérides para a latitude da Lua e não usa o valor que as mesmas fornecem da longitude da mesma, calculando-o. A razão é simples, no caso da latitude da Lua a sua variação diária é inferior a 1^o, mas no que diz respeito à longitude a sua variação diária cerca de 12^o – valor muito elevado e que por isso tem que ser calculado.

De todos os métodos que apresenta no manuscrito José Monteiro da Rocha considera este o mais geral de todos – *«pois não precisa de outra coisa, senão estar a Lua sobre o horizonte na altura mais cómoda, para se fazer uma observação exacta»* (fl.68v) –, porém a necessidade de observações muito exactas da altura da Lua e da determinação da latitude do lugar é um dos seus maiores problemas, bem como os cálculos sucessivos que obriga a aplicação das falsas posições. É interessante notar que Monteiro da Rocha afirma que usou este método para a determinação da longitude do navio que o trouxe de regresso a Portugal: *«Deste método me servi na viagem da Baía para Lisboa no fim do ano último [1766]»* (fl.68v).

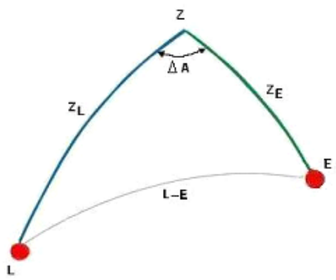
- **'segundo Methodo de achar a Longitude'**

Este método baseia-se na observação simultânea da Lua e de uma estrela quando ambos os astros estão próximos do mesmo vertical,

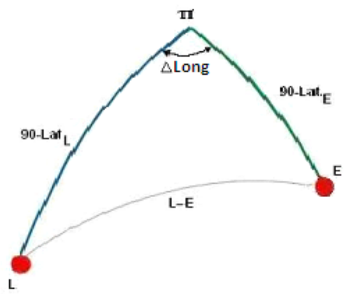
> *«Este método supõe que temos observado a altura verdadeira da Lua sobre o horizonte, e a de uma estrela conhecida, ambas ao mesmo tempo, com a maior exacção possível. Supõem também, que se procura uma estrela, que esteja quase no mesmo vertical da Lua com pouca diferença, e que estejam distantes entre si o mais que for possível.»* (fls.69-69v).

Pela observação (simultânea) obtêm-se, após a respectiva correcção, as alturas verdadeiras da Lua (L) e da estrela (E). Seguidamente calculam-se, recorrendo aos respectivos triângulos de posição, os azimutes (A) de cada um dos astros através da expressão: $\sin\delta = \sin\phi\cos z + \cos\phi\sin z\cos A$, sendo a declinação ($\delta$) da Lua obtida nas efemérides, pois conhece-se por estimação a longitude do local de observação e a declinação da estrela que é obtida através de um catálogo estelar; as alturas ($h : h = 90 - z$) dos astros e a latitude do local (ϕ) são ambas obtidas por observação.

Determinados os azimutes calcula-se a sua diferença: $\Delta A = A_L - A_E$, que servirá para calcular a distância verdadeira, pela resolução do triângulo ZLE, entre a Lua e a estrela ($L - E$): $\cos(L - E) = \cos(Z_E)\cos(Z_L) + \sin(Z_E)\sin(Z_L)\cos(\Delta A)$.



Seguidamente calcula-se a longitude da Lua ($Long_L$) através da diferença de longitudes dos astros que se obtém pela resolução do triângulo esférico πLE: $\cos(L-E) = \cos(Lat_L)\cos(Lat_E) + \sin(Lat_L)\sin(Lat_E)\cos(\Delta Long)$, sendo as latitudes da Lua e da estrela obtidas através da *Efeméride* e do catálogo estelar.



Como o catálogo estelar fornece também a longitude da estrela, temos então a longitude da Lua dada por: $Long_L$=$\Delta L - Long_E$.

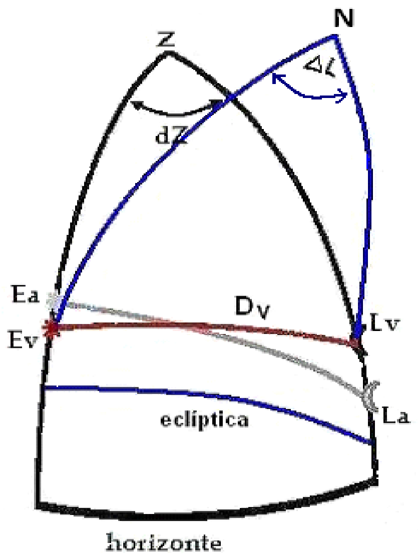
Este método reduz-se ao anterior se a estrela se encontrar no zénite.

- **'terceiro Methodo de achar a Longitude'**

É o método das distâncias lunares propriamente dito,

> *«O método que agora ensinamos supõe a observação da distância entre uma estrela e o bordo iluminado da Lua em qualquer hora da noite, e as observações da altura da Lua, e estrela reduzidas ao instante da observação principal da distância»* (fl.74)

O grande problema deste método está no cálculo da redução da observação da distância lunar, operação que Monteiro da Rocha explica cuidadosamente. Uma vez determinada a distância lunar verdadeira determina-se semelhantemente como se fez no método anterior a longitude celeste da Lua (considerando os dois triângulos esféricos ZE_vL_v e NE_vL_v da figura abaixo) – *«finalmente tendo conhecido a verdadeira* *distância da estrela ao centro da Lua pelas operações precedentes, conhecermos a diferença de Longitude dos dois astros do mesmo modo, que fizemos na última operação do método segundo»* (fl.76v)[40].



'terceiro methodo' das distâncias lunares.

- **'quarto Methodo' e 'quinto Methodo de achar a Longitude'**

São ambos uma variante do método anterior das distâncias lunares. O quarto, *«supõe a observação da imersão de alguma estrela conhecida no bordo oriental, ou da sua emersão pelo bordo ocidental da Lua»* e o segundo generaliza o *'uso do precedente'* pois considera o caso da estrela se encontrar no alinhamento das pontas iluminadas da Lua, sendo *«necessário que a estrela esteja na vizinhança da Lua, de sorte que não diste do bordo próximo da Lua mais que 50′»* (fl.86v)[41].

Quando se dá a ocultação de uma estrela, a distância, no instante da sua imersão ou ocultação, dessa mesma estrela ao centro da Lua é igual ao semidiâmetro desta,

[40] Os diversos cálculos são exemplificados com o seguinte exemplo: *«Suponhamos que no dia 27 de Dezembro de 1767 estando por* $32°40'$ *de latitude boreal, e 12º de longitude [estimada] a Oeste de Lisboa, às* $7h12'20''$ *do tempo médio, observamos a distância da estrela b na ponta boreal do Touro ao bordo iluminado da Lua de* $77°\ 41'\ 46''$ *[...], sabemos que tinha a Lua de altura sobre o horizonte* $55°29'$*, e a estrela* $43°52'$*»* (fl.76v). Monteiro da Rocha faz notar que *«também se pratica o mesmo método observando a distância do Sol ao bordo iluminado da Lua, não havendo no cálculo diferença alguma»* (fl.79), mas não exemplifica.

[41] Note-se que nesta situação, com as respectivas e necessárias correcções da refracção, paralaxe, inclinação do horizonte do observador e semidiâmetro da Lua, a longitude da Lua é praticamente a mesma que a longitude da estrela.

determinando-se assim com muita precisão a sua distância aparente[42]. O grande inconveniente deste método das ocultações estelares pela Lua é a baixa frequência em que ocorrem – *«é que não sucede muitas vezes estes eclipses das estrelas fixas, razão porque não pode sempre fazer-se uso deste método»* (fl.83)[43].

Sobre o conjunto dos 5 métodos Monteiro da Rocha conclui:

> *«É fácil reflectir sobre o uso destes cinco métodos, conforme as circunstâncias. O primeiro requer necessariamente um bom octante, e relógio, e grande exacção na observação; mas parece ser o mais geral, e mais expedito na prática. O segundo requer um bom octante para a observação; mas é o único, que pode achar-se na falta do relógio. O terceiro não tem a facilidade do primeiro, mas é muito exacto; e é o que se pode mais facilmente executar em terra com os instrumentos do mar. O quarto, e quinto são os que se devem preferir no caso de faltar um bom octante. Não são tão gerais; mas têm igual uso no mar, e na terra.»* (fl.87)

É talvez curioso notar a preferência de Monteiro da Rocha pelo método das alturas da Lua que exigia grande rigor observacional, ao contrário do método das distâncias lunares que, como afirma, *«depende essencialmente da observação da distância da estrela ao bordo iluminado da Lua, que se deve executar com a maior exacção possível; em tudo o mais não se precisa de tanta miudeza»* (fl.79)[44].

O problema dos erros cometidos tanto nas observações, como nos cálculos, e a consequência que têm na determinação da longitude do lugar é uma preocupação para Monteiro da Rocha [BNP Ms. 511, fls.87v-95][45]. Quanto aos erros grosseiros, a escolha de um bom instrumento e a prática observacional do observador são essenciais para *«discernir os erros maiores no caso de se introduzirem por algum descuido»*[46]. Quanto

[42] O mesmo sucede no caso dos eclipses do Sol, sendo aqui a distância entre os centros deste e da Lua igual à soma dos respectivos semidiâmetros.

[43] Monteiro da Rocha mais à frente no texto afirma *«a indisposição contínua a que está sujeito o meu débil temperamento não permitiu esperar de noite as ocasiões que houve destes eclipses no tempo da minha viagem. Porém em terra tenho feito repetidas experiências deste método»* (fl.83v).

[44] Em relação ao método das distâncias lunares escreve *«Deste método tenho feito uso várias vezes no mar, e na terra; e das mesmas observações calculadas por outro método fizeram os famosos Astrónomos Halley, Lacaille, e Maskelyne. E ainda que as observações em que se funda este método, são mais trabalhosas na execução [refere-se ao problema da simultaneidade das 3 observações feitas com a maior exactidão possível], com tudo o piloto hábil pode com o exercício facilitar-se muito, e adquirir hum conhecimento perfeito de todos os meios que podem em diversas ocasiões interessar a ponto mais importante da sua arte»* (fl.79v).

[45] *«Critério da Longitude observada»* e *«Advertência sobre os lugares de Longitude duvidosa»*.

[46] Os erros grosseiros são devidos à falta de atenção e à pouca perícia e treino do observador e podem diminuir-se através de boas práticas de observação. A recomendação, do 'usa e serás mestre', feita por Monteiro da Rocha é assim uma boa maneira de os detectar e eliminar: *«O exercício de todas estas observações ensinará mais facilmente outras miudezas, que deixamos de advertir, e influirá no*

aos erros acidentais e sistemáticos, aqueles *«inevitáveis à mais hábil observação»*, podem diminuir-se, afirma, *«por meio de observações reiteradas, que é o recurso único de todas as operações práticas, em que se quer grande precisão»*, tomando-se depois o valor médio das várias medidas efectuadas. Outra solução apresentada é a de se tomarem como medida de uma observação a média de várias medições efectuadas por outros tantos observadores, situação eventualmente só possível a bordo de navios de guerra onde há, como escreve, *«muitos oficiais hábeis nos exercícios da marinha»*. Com estes cuidados, conclui, *«se consegue o diminuir e quase aniquilar toda a incerteza que pode ter a Longitude da parte das observações»*.

No que diz respeito à parcela de erro que provém dos cálculos, Monteiro da Rocha está especialmente preocupado com os erros fornecidos pelas efemérides dos valores da longitude da Lua. Para tal considerou, como já referimos, o cálculo da longitude da Lua para determinados dias com precisão de $10' - 12'$, recorrendo não só às tabelas de Clairaut mas também às de Mayer e Halley (fl.82).

Tendo em conta todas estas considerações um observador, escreve, pode determinar a sua longitude com uma precisão de 0.5^o,

> *«com seis ou sete observações bem exactas conseguirá facilmente da sua parte, não passar a incerteza de* $16'$ *ou* $18'$ *de grau; e por conseguinte pode determinar a sua Longitude sem lhe passar de meio grau o total de incerteza, que nela se pode influir tanto da Efeméride, como pela observação.»* (fl.90)

O manuscrito termina com algumas considerações sobre a pouca precisão das cartas marítimas e das longitudes dos lugares que as mais variadas *'taboas cosmographicas'* assentavam.

Este trabalho de Monteiro da Rocha, idealizado numa altura em que se começava a estabelecer o método das distâncias lunares como uma solução para o problema das longitudes[47], é escrito com o propósito declarado de fornecer aos pilotos nacionais um método para a determinação da longitude no mar, numa tentativa de contribuir assim para a *«utilidade pública da Navegação Portuguesa» que «faz a maior parte dos interesses públicos, e fará sempre glorioso o nome dos Portugueses»* (fl.3). O trabalho é dedicado *«Ao Ilustríssimo e Exmo. Senhor Conde de Oeiras, Ministro e Secretário*

observador uma habituação de as praticar expeditamente; vantagem que se não pode conseguir pela lição das mais difusas instruções» (fl.64).

[47]Lembramos que foi em 1766 que Maskelyne inicia a publicação do Nautical Almanac com distâncias lunares para o ano de 1767; publicação esta que ao que parece Monteiro da Rocha não tem conhecimento.

dos Negócios do Reino», isto é a Sebastião José, o futuro Marquês de Pombal[48], a quem pede apoio para a sua publicação:

> *«Um tratado, que se destina à utilidade publica da navegação Portuguesa, não pode ter outro Mecenas próprio do seu objecto, senão a incomparável pessoa de V. Ex.ª. Bem sei, que o patrocínio de V. Ex.ª é tão grande que não pode limitar-se a um só objecto. Todas as empresas Literárias podem recorrer à sua protecção, pleiteando-se entre si a preferência, qual delas se lhe consagra com maior propriedade. É V. Ex.ª tudo para todos; tanto pela alta compreensão e iluminado discernimento, com que domina todo o género de Literatura; como pela admirável Providência, com que tem restaurado o antigo resplendor das letras em Portugal»* [BNP Ms. 511, fls.2-2v].

A escrita do manuscrito foi iniciada ainda no Brasil, e talvez aí em grande parte desenvolvida, sendo porém ultimada e concluída em definitivo já em Portugal (1767). Durante a sua viagem de regresso Monteiro da Rocha procedeu a muitas observações a bordo e a variadíssimos cálculos sobre vários problemas de navegação, nomeadamente os que se referem à determinação das longitudes no mar – *«depois de o ter conformado pelas experiências próprias»* (fl.3v) –, e que terão sido, certamente, de enorme importância para a resolução de algumas questões técnicas e a clarificação de alguns pormenores técnico-científicos indispensáveis para a conclusão do manuscrito. Nessa mesma viagem, Monteiro da Rocha terá trocado e discutido com António Abreu Marques, um dos pilotos da frota, alguns dos resultados das suas pesquisas,

> *«tratou comigo na cidade da Baía sobre vários pontos da Pilotagem, e na frota do ano de 66 em que voltei para este Reino, e ele vinha Capitão e primeiro Piloto de um navio do Porto, por algumas vezes passou à folha do meu, a dar-me conta do resultado das suas observações, que conferia sempre muito com o das minhas. Como pois foi o primeiro que praticou no mar com inteligência a observação e cálculo das Longitudes pelas distâncias da Lua ao Sol, e às estrelas, e com o seu exemplo influiu muito para que outros Pilotos se aplicassem, e instruíssem na prática dos ditos cálculos e observações, José Monteiro da Rocha, Queluz 20 de Janeiro de 1805]»* [ANRJ Cd.807, v.23 fl.60][49].

[48] Sebastião José só recebeu o título de Marquês de Pombal em 1769; o título de Conde de Oeiras fora-lhe outorgado em 6 de Junho de 1759.

[49] Extracto de uma carta de José Monteiro da Rocha (que encontrámos no Arquivo Nacional do Brasil) atestando a competência naval do piloto António Abreu Marques *«Diz António de Abreu Marques, natural de S. João da Foz da Barra do Porto, Primeiro Piloto Português, que observou a*

Muito possívelmente, Monteiro da Rocha e o piloto António A. Marques terão sido os primeiros portugueses a aplicar o método das distâncias lunares na determinação das longitudes, o que torna ainda mais interessante o trabalho e o manuscrito de Monteiro da Rocha[50]. Malhão Pereira diz que o primeiro documento que encontrou sobre o uso das distâncias lunares na marinha portuguesa é de 1797 [Malhão Pereira 2000, p.39]. Nós encontrámos ainda um outro documento deste mesmo piloto António Abreu Marques do qual consta o cálculo da determinação da longitude baseado no método das distâncias lunares, efectuado numa viagem por si efectuada em 1778 a Macau – *«Cálculo independente dos livros, que anualmente saem das academias para a observação da longitude»* [ANRJ Cd.807].

A intenção de Monteiro da Rocha de publicar o seu manuscrito, uma vez que no Brasil não existia imprensa, poderá mesmo ter sido um dos principais motivos do seu regresso a Portugal. Porém, como sabemos, tal não se concretizou, o que certamente muito terá amargurado o autor.

Não será descabido pensar que o poema de José Anastácio da Cunha, *'Contra os vícios, que impedem o progresso das Sciencias'* [Anastacio da Cunha 1839, pp.90-96], retracte a mágoa sentida por Monteiro da Rocha em virtude de não ter visto o seu trabalho reconhecido e *«ser útil ao rei, à pátria, ao estado»*?

> *«Que esperas de trabalhos tão contínuos? // Acaso esperas a tiara, ou toga, // Os teus duros cuidados premiando, // O sangue requeimado adoce, e acalme? [...]».*

Será que é descabido pensar que o Alcino (José Anastácio da Cunha) do poema se refira a este episódio da história de vida de Montésio (Monteiro da Rocha)?

---

longitude no mar, de que fez exame na Real Academia de Greenwich, em Londres, a onde apresentou o cálculo da Longitude». Há também uma carta assinada por Maskelyne, datada de 8 de Março de 1780, dizendo que, *«António de Abreu Marques has shew me his observations of the Longitude by the moon, and his calculations relating to the same, and that they appear to me to be made with care and exactness.»* [ANRJ Cd.807, v.23 fls.65-66]. Este António Abreu Marques havia obtido a certidão de piloto em 1764 entrando depois ao serviço da marinha portuguesa, tendo no ano de 1766 feito a viagem de regresso da cidade da Baía para Lisboa na carreira em que viajou Monteiro da Rocha.

[50] Em 1788, Monteiro da Rocha num parecer endereçado ao seu colega António Miguel Franzini, *«Lente de Matemática na Universidade de Coimbra com exercício na Academia Real da Marinha e Mestre de Sua Alteza o Sereníssimo Sr. Príncipe do Brasil»,* sobre o piloto António Abreu Marques, que se apresentara em 1781 na Academia da Marinha para ser examinado *«no que diz respeito às observações de distância da Lua ao Sol ou às estrelas, e cálculos relativos às mesmas observações para a determinação da Longitude no mar, como também no que diz respeito a diferentes modos de determinar a latitude no mar nos casos de se não poder observar a altura meridiana do Sol»*; escreve: *«António de Abreu Marques é este Piloto tão versado na teórica, e prática, que a marinha Inglesa tem bem poucos iguais a ele. E há vinte e dois anos [1766], que eu lhe tirei alguns embaraços sobre o cálculo das longitudes e desde então começou a praticá-lo; José Monteiro da Rocha, Coimbra, 27 Outubro de 1788»* [ANRJ Cd.807, v.23 fl.60].

Na nossa opinião não. Estamos em crer que a interpretação clássica e tradicional que tem sido dada a este poema, encarando-o como uma crítica depreciativa ao modo de ser e de pensar de Montezio – *«um espírito árido, disciplinador, inflexível e invejoso»* [Teófilo Braga 1901, p.417] –, poderá na nossa opinião não corresponder à verdadeira intenção de Anastácio da Cunha. Parece-nos que a forma metafórica como o poema está escrito dá legitimamente lugar a outras interpretações, designadamente aquela a que acima nos referimos.

14.3 O *'Calculo das Longitudes'* apresentado nas *Ephemerides Astronomicas do OAUC*

O *'Cálculo das longitudes'*, publicado no 1^o volume das *Ephemerides Astronomicas* do OAUC [EAOAUC (1803) 1804, v.1] diz respeito essencialmente ao método das distâncias lunares[51] – sendo, contudo, também apresentado o método das alturas, mas para casos particulares em que se está impossibilitado de determinar as distâncias luni-solares nos 2, 3 dias imediatamente anteriores e posteriores à Lua cheia.

Há uma diferença significativa em relação ao método apresentado no manuscrito anterior, no *'calculo das longitudes'* faz-se uso da consulta, nas efemérides, das distâncias lunares e não dos valores da longitude da Lua. Tal facto é perfeitamente expectável, o contrário é que seria de estranhar!; pois em 1803, data em que este trabalho é publicado, o método das distâncias lunares já estava mais que instituído, com as várias efemérides que se publicavam na Europa a fornecerem as tabeladas as distâncias lunares.

Este trabalho organiza-se do seguinte modo:

- *[Introdução]* (pp.213-221, n^{o}s 96-114);

- *«Primeiro Método»* (pp.221-224, n^{o}s.115-122);

- *«Segundo Método»* (pp.224-225, n^{o}s.123-125);

- *«Método das Alturas»* (pp.225-228, n^{o}s.126-132);

[51] *«É sabido, que a diferença de Longitude entre dois Lugares será conhecida, todas as vezes que neles se observar qualquer fenómeno instantâneo, e se marcarem exactamente os tempos respectivos das duas observações [...]. Em Lugares distantes, é necessário esperar, que no céu sucedam estes sinais [instantâneos]. Servem as Distâncias da Lua ao Sol, ou às estrelas, porque uma dada Distância verdadeira é um fenómeno, que sucede no mesmo instante físico para todos os Lugares da Terra. Supondo portanto os cálculos da Lua estão acertados, que as ditas Distâncias, computadas na Ephemeride para o meridiano de Coimbra, são equivalentes a observações que nele se fizessem, nada resta ao navegante senão deduzir da observação uma Distância verdadeira, e buscar na Ephemeride o tempo de Coimbra que lhe corresponder, o qual comparado com o do Lugar da observação dará a diferença dos meridianos em tempo»* [EAOAUC (1803) 1804, v.1 p.213].

- *«Advertência comum sobre os Métodos antecentes»* (pp.228-230, n^{o}s.133-137).

Na introdução são apresentados sob a forma de 6 problemas tipo as principais questões teórico-práticas da astronomia náutica (veja-se por exemplo o tratamento semelhante que delas faz Dulague [Dulague 1787, pp.110-129]) e que servirão de base para o que posteriormente será desenvolvido no artigo,

- **problema 1:** *«Dada a Latitude do Lugar, a Declinação de um astro, a Altura verdadeira dele, achar o seu ângulo horário.»* (p.214, n^o.100).

O problema que aqui se coloca não é mais do que a resolução do triângulo esférico associado aos dois sistemas de coordenadas local e equatorial. Sendo ϕ a latitude do lugar; δ a declinação do astro; z a sua distância zenital, ou seja o complemento da altura h ($z = 90^o - h$); H o ângulo horário e A o azimute do astro; o ângulo horário pedido é dado por:

$$\cos H = \frac{\cos z - \sin\phi \sin\delta}{\cos\phi\cos\delta}$$

Monteiro da Rocha não resolve o problema recorrendo directamente a esta fórmula, mas sim fazendo uso das *Tábuas Auxiliares* publicadas também neste 1^o volume das EAOAUC e que analisámos no capítulo anterior, e nunca justificando teoricamente as operações, fornece apenas o algoritmo do respectivo cálculo, o que mais uma vez dificulta a compreensão[52].

O problema proposto é resolvido num exemplo concreto,

> *«Suponhamos que em 20 de Janeiro de 1804 estando por* $38^o\ 42'$*de latitude Boreal e por 2* h*54′ de longitude estimada para ocidente de Coimbra e observou a altura aparente do limbo inferior do Sol sobre o horizonte aparente do mar de 9° 20′36″, ou 9° 20.6′ tendo o olho do Observador 15 pés Ingleses de elevação acima da superfcie do mar, estando o termómetro de Fahrenheit em 35°, e o barómetro com 30 polegadas, e sendo o tempo aproximadamente conhecido às 4h.»* (p.215).

[52] A solução do problema tal como no-la apresenta é a seguinte: *«Com o complemento da diferença entre a Latitude e a Declinação, com o da soma, e com a Altura (advertindo que sendo a latitude e declinação de diferente denominação a diferença delas se torna soma, e a soma diferença) entre-se pela mesma ordem na Tab. IV, e busquem-se os três números correspondentes. A diferença entre o primeiro e terceiro marque-se com 'm', e a soma ou diferença do segundo e terceiro com 'n'; tomando a soma deles quando a Latitude e declinação for menor que 90°, e a diferença quando for maior. Então se 'm' for igual a 'n', é escusado mais cálculo, porque o ângulo horário será 90°. Se forem desiguais, multiplique-se o maior pelo factor que na Taboa I corresponde ao menor, e o produto será o número 'n', com o qual na Tab. II se achará imediatamente o ângulo horário no caso de ser 'n' maior que 'm'; e no caso de ser menor, se achará um ângulo, cujo suplemento será o ângulo horário procurado.»* [EAOAUC (1803) 1804, v.1 pp.214-215.

Depois de reduzir a altura aparente do limbo inferior do Sol (9° $20.6'$) à altura verdadeira do seu centro (9° $27.37'$)[53] obteve um ângulo horário de 58° $40.28'$ – nós pela resolução do correspondente triângulo esférico obtivemos o valor de 58° $40.06'$.

- **problema 2:** *«Dada a Latitude do Lugar, e a Declinação de um astro, achar o seu arco semidiurno»* (p.216, n^o.103).

Esta questão é um caso particular da antecedente, no qual a altura do astro é 0°.

- **problema 3:** *«Dada a Latitude do Lugar, a Declinação de um astro, e o ângulo horário, achar a sua Altura verdadeira»* (p.217, n^o.104).

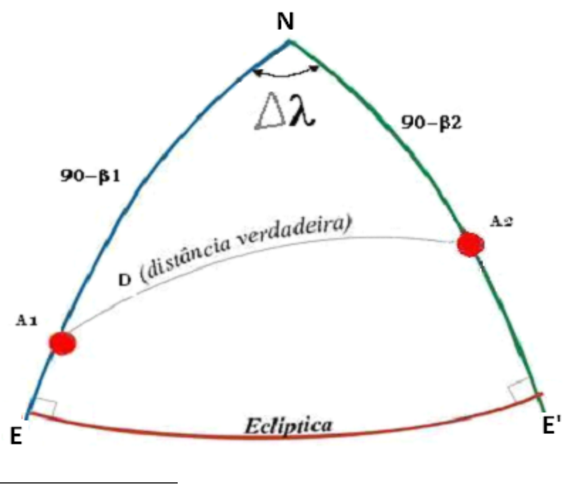
Problema inverso do problema 1, em que é pedida a altura do astro sendo dado o seu ângulo horário. A altura verdadeira por resolução do mesmo triângulo esférico é dada pela relação:

$$\cos z = \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos H.$$

No exemplo dado (precisamente o mesmo do problema 1) o resultado obtido por Monteiro da Rocha foi: 9° $27.37'$; nós obtivemos para a altura do astro o valor 9° $27.42'$.

- **problema 4:** *«Dadas as Latitudes de dois astros, e a sua diferença das Longitudes, achar a sua Distância»* (p.218, n^o.108).

Tendo em conta o seguinte triângulo esférico:



[53] Fazendo as correcções respectivas: inclinação do horizonte (tabela X); refracção (tabelas VII e VIII); paralaxe (tabela VIII); e do semidiâmetro (*folha mensal I* das EAOAUC).

onde A_1 e A_2 são os dois astros cujas latitudes são, respectivamente: β_1 e β_2, e cuja diferença de longitudes é $\Delta\lambda$; pretendemos saber a sua distância verdadeira D. Esta será dada pela resolução da equação:

$$\cos D = \cos(90 - \beta_1)\cos(90 - \beta_2) + \sin(90 - \beta_1)\sin(90 - \beta_2)\cos(\Delta\lambda)$$

Como bem faz notar Monteiro da Rocha, *«Por um cálculo inteiramente semelhante se pode achar a distância de dois astros, dadas as declinações deles e a diferença das suas Ascensões Rectas: de que se não juntam exemplos, porque a prática deles é como a dos dois, que ficam calculados na questão antecedente.»*[54]

- **problema 5:** *«Dada a Latitude do Lugar, a Altura verdadeira de um astro, e a sua Declinação, achar a Amplitude, isto é o ângulo formado no zénite pelo primeiro vertical, e pelo astro»* (p.219, n^o.111).

Aqui a questão é determinar o azimute (A) de um astro, que recorrendo-se ao triângulo esférico de posição é determinada pela equação:

$$\sin\delta = \sin\phi\cos z + \cos\phi\sin z\cos A$$

- **problema 6:** *«Dada a Distância aparente do centro da Lua ao de um astro, as Alturas aparentes de ambos, as paralaxes horizontais deles, e o estado do Termómetro, e do Barómetro, achar a verdadeira»* (p.221, n^o.114).

Na verdade este problema encerra a questão central do método das distâncias lunares – a redução da distância lunar aparente à distância lunar verdadeira –, e para o resolver Monteiro da Rocha propõe 2 métodos, que intitula de *'Primeiro Methodo'* e *'Segundo Methodo'*.

O **'Primeiro Methodo'** é um método de aproximação e é basicamente o mesmo método que já havia apresentado em 1799 na *'Taboada Nautica'* que oferecera à Sociedade Real Marítima (ver mais à frente neste capítulo),

> *«Este Método é o mesmo, que de outra maneira se propôs na 'Taboada Nautica', e se funda nas fórmulas, [...]. Aqui se repete a mesma solução*

[54]E clarifica que, *«o uso desta no mar somente é necessário em algum caso raro, em que seja forçoso recorrer à observação da Distância da Lua a uma estrela diferente das que vão calculadas na Ephemeride. Então para o tempo de Coimbra conhecido aproximadamente pela diferença estimada dos meridianos se calculará a distância da Lua a esta estrela, assim como para uma hora antes, ou depois; e com elas se achará o tempo de Coimbra correspondente à Distância observada»* [EAOAUC (1803) 1804, v.1 p.219].

> *em diferente forma pela aplicação da Tab. I, que por outra parte se ideou para facilitar o uso da Ephemeride. E nisto se teve em vista a utilidade, que resulta de se multiplicarem as formas, porque uns se ajeitam melhor com uma, e outros com outra: bem entendido, que ninguém deve julgar da facilidade executiva de qualquer Método que seja pelos primeiros exemplos que calcular, porque tudo parece difícil e embaraçado, enquanto se não adquire o hábito de o praticar.»* [EAOAUC (1803) 1804, v.1 pp.223-224].

Quanto ao **'Segundo Methodo'**, é um método trigonométrico em que é resolvida uma fórmula idêntica à fórmula de Borda.

Para além do método das distâncias lunares é ainda apresentado o **'Methodo das Alturas'**:

> *«A altura da Lua a qualquer instante dá a Distância dela ao zénite, e o zénite pode considerar-se como um astro de posição conhecida. Estas distâncias são mais fáceis de observar, o cálculo mais simples, e o resultado não menos seguro, quando concorrerem as devidas circunstâncias»* [EAOAUC (1803) 1804, v.1 pp.225-226].

Essas circunstâncias a que se refere são, a altura da Lua não ser inferior a 5° (por causa da refracção) e a sua amplitude seja *«nenhuma, ou pequena, para que o erro que houver na Latitude não influa nada, ou muito pouco no ângulo horário que se há-de calcular»* – i.e., o ângulo horário será melhor determinado observando-se os astros nas proximidades do primeiro vertical[55].

Ao contrário do método das alturas apresentado no manuscrito de 1767 onde era a longitude da Lua que se pretendia calcular, aqui é a sua ascensão recta, para depois *«achando pela Ephemeride o tempo que lhe corresponde em Coimbra, a comparação dele com o do Lugar da observação dará a diferença dos meridianos»* [EAOAUC (1803) 1804, v. pp.226].

No final do trabalho são feitas algumas *«Advertência[s] comum[s] sobre os Methodos antecentes»*, a respeito do problema da observação dos diâmetros do Sol e da Lua quando estes astros estão perto do horizonte pois a refracção faz com que as suas alturas sejam muito afectadas, o que tem como consequência uma certa deformação visual nos seus diâmetros verticais que é necessário ter obrigatoriamente em conta

[55] Já vimos que no triângulo de posição $\cos z = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos H$; considerando a declinação isenta de erros de observação (o seu valor é dado pelas efemérides), diferenciando temos: $dH = \frac{dz}{(\cos\varphi sen A)} - \frac{d\varphi}{\tan A \cos\varphi}$. Assim, para que o ângulo horário seja mínimo é necessário que $\sin A$ e $\tan A$ sejam máximos, situação que ocorre quando o astro tiver azimute 90° ou 270°, i.e. quando o astro estiver nas proximidades do 1^o vertical.

aquando da correcção dos seus semidiâmetros[56].

Vejamos agora a **'Taboada Nautica'** onde se apresenta o *'Primeiro Methodo'* incluido no **'Cálculo das Longitudes'**.

14.4 A *'Taboada Nautica para o cálculo das Longitudes'*

Vejamos agora *'Taboada Nautica para o Calculo das Longitudes'* [Monteiro da Rocha 1799b][57], oferecida por Monteiro da Rocha à Sociedade Real Marítima, Militar e Geográfica, da qual era sócio fundador (Sessão de 14 de Março de 1799).

A Sociedade Real Marítima, Militar e Geográfica para o Desenho, Gravura e Impressão das Cartas Hidrográficas, Geográficas e Militares foi criada por Alvará Régio em 30 de Junho de 1798 por proposta de D. Rodrigo de Sousa Coutinho (1745-1812), então Secretário de Estado dos Negócios Ultramarinos e da Marinha (1796-1801). Dois grandes objectivos nortearam a sua criação (correspondendo às 2 classes em que se organizou a Sociedade): a elaboração e publicação de cartas marítimas ou hidrográficas para o serviço da marinha real e mercante; e a elaboração de *«cartas geográficas, militares e Hidráulicas»* [A. Silva 1828b, pp.765-771][58]. A primeira classe tinha como objectivo *«fazer preparar e publicar as melhores e as mais correctas Cartas Celestes e Taboas Astronómicas, pelas últimas observações, para uso da Navegação e dos Astrónomos em todos os Meus Reais Domínios»*, e um dos principais objectivos da segunda classe era a publicação da Carta do Reino, cujos primeiros trabalhos tiveram início em 1790 sob a direcção de Francisco António Ciera, e aos quais como dissemos anteriormente Monteiro da Rocha está directamente ligado com a construção das réguas de vinhático para a medição das bases.

Esta Sociedade era composta pelos quatro Ministros de Estado; pelos Oficiais da Marinha e do Exército, *«que Eu for servida escolher»*; pelos lentes efectivos e substitutos das Academias da Marinha e dos Guardas-Marinhas; pelos lentes da Academia

[56] Foi Pierre Bouguer (1698-1758) quem pela primeira vez, em 1748, mediu com um héliometro esta diferença entre os diâmetros vertical e horizontal do Sol devido ao efeito da refracção [Lalande 1771-81, v.3 p.32].

[57] *«Na folha intitulada Tabuada Náutica para o cálculo das Longitudes, que o Sr. José Monteiro da Rocha, membro da Sociedade Real Marítima lhe ofereceu em 14 de Março de 1799, a qual acaba de ser gravada»* [Paula Travassos 1801]. Na *«Relação das Memórias»* do ano de 1799 [BNP Ms.1570A] este trabalho aparece na sessão de 11 de Abril, data em que provavelmente foi apresentada em sessão da Sociedade.

[58] Sobre a importância e a atenção dada ao tempo pelo governo aos conhecimentos náuticos e ao progresso técnico e científico da Marinha escreve William J. Simon: *«The opening address of D. Rodrigo de Sousa Coutinho before the Sociedade Real Marítima made mention of the need to promote Portugal's economic independence trough a strong merchant fleet which would serve as a bridge to unit the Crown's vast dominions, and the considerable efforts which had been made to expand production of naval stores in Brazil»*, citado em [Fátima Nunes 1990, v.2 p.766]; e que mais tarde se consolidará com a criação em 1 de Abril de 1802 do *«Depósito de escritos marítimos»*.

Militar do Exército (esta designação que vem no Alvará é estranha pois esta Academia tem por nome Academia de Fortificação, Artilharia e Desenho); por dois lentes da Universidade de Coimbra, e dos Opositores da Faculdade de Matemática, *«a quem eu for servida fazer esta graça»*; e ainda pelo Director Geral dos Desenhadores, Gravadores, e Impressores. Farão ainda parte da fundação desta Sociedade os membros do Conselho do Almirantado[59]. Pela Faculdade de Matemática seriam nomeados sócios José Monteiro da Rocha e Manuel Joaquim Coelho da Costa Maia e como Opositores Francisco de Paula Travassos e Vicente António da Silva Correia (Despacho Régio de 3 de Outubro de 1798 [Rosalina Cunha 1967, p.58 doc.38][60].

Para estimular o estudo e a prossecução dos objectivos para a qual fora criada foram instituídos prémios para os melhores trabalhos dos seus sócios *«ou [de] outros indivíduos»*.

A vida da Sociedade foi relativamente curta, de 1798 até 1807, ano em que a Corte se mudou para o Brasil[61]. Contudo a partir do ano de 1802 a sua actividade científica, até então mais ou menos regular, diminui fortemente. Para tal poderá não ser alheio o facto de D. Rodrigo ter cessado funções no Ministério da Marinha em 1801, cargo que ocupara desde 1796, quando transitou para o Erário, em 6 de Janeiro de 1801. Todavia D. Rodrigo manteve a sua ligação à Sociedade como se comprova pela leitura dos cinco discursos relativos a cada ano de actividade, sendo o último de 29 de Março de 1803 (estes discursos são transcritos em [Mansuy Silva 1993, v.2 pp.179-212]). As coisas de facto não estavam a ter os resultados ambicionados no início e D. Rodrigo queixa-se de não se imprimirem os tão desejados e necessários mapas marítimos e do reino. Em Agosto de 1803 D. Rodrigo sai do governo e a partir daí a Sociedade perde em boa parte o apoio e o estímulo que este sempre lhe dera. José Maria Dantas Pereira faz uma listagem muito simplificada das memórias apresentadas em 1804 e 1805, notando-se a sua pouca actividade (no ano de 1805 nem sequer se fez a relação impressa dos trabalhos e em 1806 já não há produção de trabalhos). No fundo a Sociedade funcionou em pleno cerca de sete anos. O estudo detalhado da actividade científica da Sociedade está ainda por fazer (veja-se [Fátima Nunes 1990, pp.766-771]) mas sabemos pelas relações das memórias apresentadas que esta foi particularmente intensa e variada[62].

---

[59] Segundo Eduardo Caixaria o número de sócios em 1802 são 69 [Eduardo Caxaria 2007, pp495-497].

[60] Entre os seus sócios fundadores também consta Manuel Pedro de Melo, porém ainda não na qualidade de professor da Faculdade de Matemática, a qual só viria a integrar em 1801 aquando da criação da cadeira de Hidráulica, mas como lente substituto, que era à data, da Academia Real dos Guardas Marinhas.

[61] A sua sessão inaugural, e que contou com a presença do príncipe regente D. João, foi realizada no dia 22 de Dezembro de 1798 e nela foi eleito para secretário Francisco de Paula Travassos [Silvestre Ribeiro 1871-1914, v.4 p.159].

[62] [BNP Ms.1570A], [AHM DIV. 1-13-03-06], [BCM 2R737-04]; a partir de 1802 não se encontraram mais relações impressas de trabalhos e a informação de que dispomos é a fornecia por [Dantas Pereira

No que diz respeito ao cálculo das longitudes foram vários os autores que o abordaram[63], a este propósito escreve Max Justo Guedes: *«teria levado [a Sociedade], em pouquíssimo tempo, a ciência náutica portuguesa a recuperar o seu perdido prestígio e a ombrear-se decididamente à francesa e a inglesa»*, citado em [Inácio Guerreiro 1964, p.128].

No que nos diz respeito, a *'Taboada Nautica'* de Monteiro da Rocha e aos trabalhos de Francisco Paula Travassos (1764-1833) com ela relacionados, temos:

1. *«Uma Folha, que contém várias taboadas para achar a distância verdadeira dos centros de dois astros no cálculo das longitudes; apresentada na sessão de 11 de Abril [1799 (mas que terá sido em 14 de Março de 1799)]»* - composta por José Monteiro da Rocha;

2. *«Explicação da Taboada Nautica, de José Monteiro da Rocha, para o cálculo das Longitudes, pelas distâncias da lua ao Sol, e às Estrelas; e indagação, e Demonstração das fórmulas, que servirão para a sua construção»;* por Francisco de Paula Travassos, em Sessão de 9 de Outubro de 1800;

3. *«Taboadas para facilitar o Cálculo das longitudes pelas distâncias, conforme o methodo dado pelo Sócio José Monteiro da Rocha, na sua Taboada Nautica»*; por Francisco de Paula Travassos, em Sessão de 30 de Abril de 1801;

1832, pp.62-67].

[63] Conseguimos listar os que se seguem: *«Cálculo da observação do eclipse de Aldebaran de 14 de Setembro de 1794 comparada com as correspondentes em Verona, e Marselha; de que se tira, que na determinação da longitude do nosso primeiro meridiano de $11°29'$ Occ. de Paris não pode haver mais erro de $5''$ em tempo: por Custódio Gomes de Villas-Boas»*; – *«Memória sobre a latitude, e longitude do Porto: por Custódio Gomes de Villas-Boas, em 3 de Outubro»*; – *«Determinação da longitude de Coimbra, e Confirmação da de Lisboa, por meio da comparação das Observações feitas em Coimbra, e Greenwich em 16 de Novembro de 1777 da ocultação da estrela ξ de Touro: por Custódio Gomes Villas-Boas, em sessão de 8 de Maio de 1800»*; – *«Memória sobre a aplicação do Método das alturas correspondentes à indagação das longitudes, e Latitudes Geográficas: por José Maria Dantas Pereira; em Sessão de 29 de Maio de 1800»*; – *«Cálculo de longitude pela distância da Lua ao Sol, sem observação da distância aparente, feito a bordo da Fragata Tritão: por Joaquim Bento da Fonseca, em Sessão de 28 de Janeiro de 1802»*; – *«Método para determinar a longitude geográfica, independente da observação da distância aparente: pelo sócio Manoel Ferreira de Araújo Guimarães, em sessão de 25 de Fevereiro de 1802»*; – *«Parecer sobre o método de determinar a longitude geográfica por distâncias lunares, sem observação da distância aparente: pelo sócio Custódio Gomes Villas-Boas, em Sessão de 9 de Abril de 1802»*; – *«Informações sobre o cálculo de longitude de Joaquim Bento da Fonseca: pelo sócio José Maria Dantas Pereira, em sessão de 9 de Julho de 1802»*; – *«Três cálculos de longitude por distâncias, sem observação das distâncias aparentes, e três da variação da Agulha: por Joaquim Bento da Fonseca, em Sessão de 29 de Outubro de 1802»*; – *«Observações astronómicas feitas para a determinação da longitude do lugar das Salinas, e Ponta do Taipú: por ordem do Governador, e Capitão General do Pará; o Sócio, Excelentíssimo D. Francisco de Sousa Coutinho, em Sessão de 29 de Outubro de 1802»*; – *«Dissertação sobre os métodos de achar a longitude no mar, e especialmente sobre os relógios marítimos, cujas irregularidades provenientes das variedades de temperatura, se pretende evitar inteiramente, 1805»*.

4. *«Introdução às Taboadas para o cálculo das Longitudes pelas distâncias»*; por Francisco de Paula Travassos, em Sessão de 25 de Junho de 1801;

5. *«Reflexões sobre o mesmo método»*; por Francisco de Paula Travassos, em sessão de 9 de Abril de 1802;

6. *«Novas reflexões sobre os erros prováveis do método proposto para a determinação da longitude geográfica, pelas distâncias lunares, sem a observação da distância aparente; com a demonstração da pouca influencia, que nos métodos de Mr. Borda, e do Sócio José Monteiro da Rocha tem na distância verdadeira os erros das alturas»*, por Francisco de Paula Travassos, em sessão de 14 de Dezembro de 1802;

Infelizmente não nos foi possível encontrar nenhuma destas memórias (ou qualquer outra que tenha sido apresentada à Sociedade), todavia Paula Travassos publicou dois trabalhos relacionados com a *'Taboada Nautica'*: [Paula Travassos 1801] e [Paula Travassos 1803][64].

- **'Taboada Nautica para o calculo das Longitudes'**

A *'Taboada Nautica'* é uma folha de papel ($87 \times 46\,\text{cm}$[65]) com 9 tabelas e um pequeno texto de *'Explicação'*, que se divide em 4 secções:

1. *I. Partes Proporcionais;*

2. *II. Ângulo Horário, Altura, e Amplitude;*

3. *III. Redução da Distância Aparente;*

4. *IV. Conclusão da Longitude.*

A exposição do método é, à semelhança de todos os outros que já analisámos, feita sob a forma de receituário e por isso também nos foi bastante difícil de seguir. Monteiro da Rocha não fornece o seu desenvolvimento teórico, nem *'as regras necessárias para*

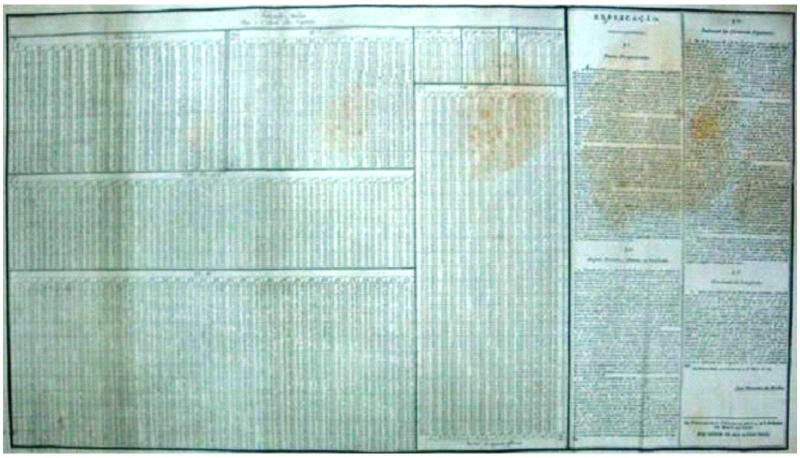
[64] Paula Travassos publicou ainda um outro trabalho [Paula Travassos 1805] onde fornece um método alternativo ao método de Borda para determinação das longitudes pelas distâncias lunares, e que nos parece ser idêntico ao *'Segundo Methodo'* que Monteiro da Rocha fornece no seu *'Calculo das Longitudes'* [EAOAUC (1803) 1804, v.1 pp.224-225], embora nessa obra Travassos não faça menção explícita a este ou a qualquer outro método proposto por Monteiro da Rocha. Segundo Rodrigo de Sousa Pinto [Sousa Pinto 1857] o método que Travassos apresenta é o mesmo que Wils Brown propõe à Academia das Ciências de Paris em 1856.

[65] No OAUC existe um exemplar (cota D-002) que foi emoldurado em Janeiro de 2000 com uma moldura tipo Império de $104.8 \times 66 \times 1.2\,\text{cm}$.

a sua aplicação, sem a fórmula analítica pela qual se tinha construído' – a exposição do método é feita tendo por base um exemplo concreto[66].

Segundo Paula Travassos [Paula Travassos 1801] o método das distâncias lunares aqui apresentado por Monteiro da Rocha é *«muito fácil, e dá aos resultados toda a exactidão possível»*[67], considerando-o a par dos melhores à época,

> *«O problema da Longitude pelas distâncias lunares tem pela sua utilidade merecido a atenção de muitos e grandes Geómetras; e entre as diversas soluções, que dele tem aparecido, a do nosso Sócio, o Conselheiro José Monteiro da Rocha me parece merecer também uma particular atenção. Ele, tendo talvez em vista mais o uso, que dela se podia fazer, do que a sua glória a ofereceu à Sociedade Real Marítima em uma folha que compreende as Tábuas, e as regras necessárias para a sua aplicação, sem a fórmula analítica pela qual se tinha construído.»* [Paula Travassos 1803, *introdução*].



'Taboada Nautica'

[66]Escreve Travassos: *«O desejo de conhecer a análise desta solução, que o crédito de seu autor, e a aplicação de discípulo me faziam reputar entre as melhores me obrigou a lançar mão de único meio, que se me ofereceu; que era procurar descobrir pelas mesmas Tábuas, qual tinha sido a fórmula que dera a sua construção. Felizmente consegui; e como consentimento do Autor fiz publicar em uma Memória impressa por ordem de S.A.R. em 1801.»* [Paula Travassos 1803]. Isto parece contradizer Monteiro da Rocha que no *'Calculo das longitudes'* das *Ephemerides do OAUC* escreve que deixou propositadamente o suporte teórico como exercício para Travassos [EAOAUC (1803) 1804, v.1 p.223-224].

[67]*«Ele [Monteiro da Rocha] reduziu todo cálculo ao uso de nove Tábuas, com as quais se obtém assim a redução de qualquer distância observada à verdadeira dos centros, como a hora verdadeira no lugar da observação. Entre elas há quatro, por meio das quais se corrige o resultado com a diferença da refracção correspondente ao estado actual da atmosfera relativamente à temperatura média, e se atende à figura elipsoidal da Terra na determinação das paralaxes. Prescindindo pois de tanto escrúpulo, o uso de cinco Tábuas somente dará um resultado tão exacto, como o método ordinário de Borda, e ainda uma dela é meramente auxiliar, e serve para tomar nas outras as partes proporcionais»* [Paula Travassos 1801, pp.iv-v].

Segundo Paula Travassos, a grande diferença entre a solução proposta por Monteiro da Rocha e o método de Borda diz respeito à redução da distância aparente, pois Monteiro da Rocha toma em consideração a figura elipsoidal da Terra na determinação das paralaxes. Considerando a Terra um elipsóide de revolução a paralaxe não é a mesma em todas as latitudes, e por consequência o zénite aparente do observador é diferente do verdadeiro, sendo portanto necessário saber a correcção da paralaxe horizontal equatorial para a reduzir à do lugar da observação e o ângulo da vertical com o raio vector, assim como a correcção das alturas para perceber o valor que têm na variação a altura aparente da Lua (L), a altura aparente do Sol (S) e a distância aparente dos dois astros (D) (esta parte central do método é analisado por Paula Travassos [Paula Travassos 1801, pp.18-39]).

Sabemos que no triângulo esférico (ZLS) temos: $\cos z = \frac{\cos D - \sin L \sin S}{\cos L \cos S}$. Na redução da distância aparente à distância verdadeira todas as partes do triângulo esférico variam, com excepção do ângulo Z (lembremos que a distância verdadeira deve ser maior que a aparente devido à refracção e menor por causa da paralaxe). Assim temos:

$$\cos L \times \cos S \times \mathrm{d}\left(\cos D - \sin L \sin S\right) = \left(\cos D - \sin L \sin S\right) \times \mathrm{d}\left(\cos L \cos S\right).$$

Resolvendo em ordem à variação dD permite achar a equação que dá a equação da redução da distância aparente (supondo a Terra esférica ou supondo-a um elipsoide) como mostra Travassos [Paula Travassos 1801, p.22].

No que se prende à aplicação do método, esta é feita com recurso às referidas 9 tabelas (todas elas de dupla entrada)[68]:

- *Tab. I: 'Paralaxe horizontal da Lua [p], etc.' vs. 'Altura do Sol e da Lua [φ], etc.'* – esta tabela fornece os valores da fórmula $p \sin \varphi$, com intervalos de $4'$ no valor de p desde $4'$ até $64'$, e de 2° no de φ desde 2° até 90° (Travassos expande-a para intervalos de $1'$ no valor de π e $20'$ no de φ).

[68] Travassos reconhece que a *'Taboada Nautica'* tal como Monteiro da Rocha a ofereceu não podia ser usada na prática devido ao esforço de cálculo exigido (e incomportável) aos marinheiros: *«a Tabuada Náutica na forma, em que estava, ficaria quase sem uso entre os nossos pilotos, por serem grandes os intervalos entre os números, que ela contém, de maneira que é indispensável para obter cada elemento atender às segundas diferenças nas partes proporcionais, empreendi tirar-lhe este inconveniente, reduzindo-a a uma nova forma, e à extensão precisa para evitar, quando nem sempre as partes proporcionais, ao menos nestas as segundas diferenças»*; facto o que o levou a expandir as tabelas (com excepção das tabelas III, IV, V e VI que *«não careciam de extensão»*) refinando os intervalos a que diziam respeito. Estas tabelas seriam então publicadas em 1803 [Paula Travassos 1803] – *«As presentes Tábuas que são o resultado de 2 anos de um trabalho, que pela sua extensão e secura não teria concluído, quase sem auxílio de outros calculadores [...]. É o resultado deste penível trabalho, que agora por ordem do mesmo Senhor, ofereço ao público»*.

- *Tab. II: 'correcção [c]' vs. 'Distância aparente [φ]'* – esta tabela foi construída da mesma maneira que a anterior e dá os valores da fórmula: $\frac{c}{\sin\varphi}$, sendo $4'$ e $52'$ os valores extremos de c (de 4 em $4'$) e de $11°$ e $90°$ os de φ (Travassos reduziu os intervalos a $10'$ nos valores de φ desde $11°$ até $30°$, *«para se poder prescindir da correcção da segunda diferença»*).

- *Tab. III: 'Barómetro' vs. 'Termómetro'* – fornece a altura (em polegadas) lida no barómetro (para os valores de 28, 29, 30 e 31 polegadas) em função da temperatura (20 a 90 graus Fahrenheit).

- *Tab. IV: 'Paralaxe horizontal' vs. 'Altura da Lua'* – paralaxe horizontal para os $53'$, $57'$ e $61'$ por graus de altura ($5°$ aos $90°$).

- *Tab. V: 'Paralaxe horizontal'* do Sol – por graus de altura ($5°$ aos $90°$).

- *Tab. VI: 'Paralaxe Equatorial'* vs. *'Latitude'* – dos $5°$ aos $75°$ de Latitude.

- *Tab. VII: 'Diferença'* vs. *'partes'* – esta tabela serve para calcular as partes proporcionais e para a correcção das 2^as diferenças. Assim, supõe 120 partes os intervalos correspondentes à diferença (na tabela de Travassos corresponde a 60).

- *Tab. VIII: 'Altura aparente da Lua'* vs. *'Altura aparente do Sol'* – esta tabela dá os valores da fórmula: $\left(\frac{\sin S}{\sin L'} + \frac{\sin L}{\sin S'}\right) + r \times p \left(\frac{\cos^2 S - \sin^2 L - \sin^2 S}{\sin S'}\right)$, em que r é a refracção a $45°$; p a paralaxe horizontal média da Lua; S e L as alturas aparentes do Sol e da Lua, respectivamente; e S' e L' as mesmas alturas mas aumentadas do triplo das refracções. Os argumentos L, e S vão de $5°$ até $90°$ (crescem de $5°$ até $10°$, de $1°$ em $1°$; de $10°$ até $26°$, de $2°$ em $2°$; e de $26°$ até $90°$, de $4°$ em $4°$)[69].

- *Tab. IX: 'M'* vs. *'N'* – esta tabela fornece o valor do ângulo horário H, segundo a fórmula: $\tan\frac{H}{2} = \sqrt{\frac{M}{N}}$, com os intervalos de *«2′ a 10″ desde 2′ até 4′, e a 30″ desde 4′ até ao fim que é 60′ no valor de M e 120′ nos de N»* (Travassos constrói a sua tabela recorrendo directamente à fórmula). Esta tabela tem a particularidade de poder ser usada para a resolução de um qualquer triângulo esférico em que são conhecidos os três lados, ou dois lados e o ângulo entre eles, podendo assim ser usada na resolução *«dos problemas mais interessantes*

[69] Na construção da sua tabela Travassos diz que o fez por interpolação dos valores da primitiva tabela de Monteiro da Rocha, pois *«o cálculo directo da fórmula assaz extenso me deu de espaço em espaço resultados muito conformes com as da interpolação, supondo constantes as segundas diferenças»*.

da Navegação»[70]. A explicação é simples, considerando o triângulo de posição temos: $\cos Z = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos H$; logo, $\cos H = \frac{\cos Z - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta \cos}$, ou $\cos H = \frac{\text{sinh} - \sin\varphi \sin\delta}{\cos\varphi \cos\delta \cos}$ (em que h é a altura do astro), então:

$1 - \cos H = \frac{\cos(\varphi-\delta) - \sin h}{\cos\varphi \cos\delta}$, e $1 + \cos H = \frac{\cos(\varphi+\delta) + \sin h}{\cos\varphi \cos\delta}$, dividindo-as fica:

$$\frac{1-\cos H}{1+\cos H} = \tan^2 H = \frac{\sin(90-\varphi+\delta) - \sin h}{\sin(90-\varphi-\delta) + \sin h},$$

sendo $M = \sin(90 - \varphi + \delta) - \sin h$, e $N = \sin(90 - \varphi - \delta) + \sin h$.

Generalize-se agora H, h, φ e δ, como sendo quaisquer ângulos e lados de um qualquer triângulo esférico e poder-se-á usar a *Tab. IX* para o resolver.

Em anexo mostra-se um exemplo da aplicação do método a um problema concreto do, *'cálculo de longitude pela distância da Lua ao Sol observada em 26 de Janeiro de 1798'.*

[70] Travassos aplica esta tabela à resolução de 6 problemas de astronomia náutica: – cálculo da hora pela altura do Sol; – cálculo da hora pela altura de uma estrela; – cálculo da variação pelo azimute do Sol; – cálculo da amplitude aparente do centro do Sol no nascer e no ocaso; – cálculo da distância verdadeira da Lua ao Sol, ou a uma estrela, conhecidas a distância aparente e as alturas aparentes, e verdadeiras; – cálculo da latitude por duas alturas do Sol tomadas em diferentes lugares [Paula Travassos 1803, pp.xvii-xxii]. Explicitamente sobre determinação de longitudes usando o método das distâncias lunares da *'Taboada Nautica'*, mas fazendo uso das suas próprias tabelas, Francisco de Paula Travassos apresenta 4 exemplos: – calcular a longitude pela distância da Lua ao Sol observada em 26 de Janeiro de 1798; – calcular a longitude pela distância da Lua ao Sol observada em Lisboa em 4 Outubro de 1802; – calcular a longitude pela distância da Lua ao Sol observada em 9 de Julho de 1799; – calcular a longitude pela distância da Lua à estrela Regulo observada em 11 de Abril de 1799 (este exemplo também vem em [Paula Travassos 1801], onde apresenta ainda outro: calcular a longitude pela distância da Lua ao Sol observada em 2 de Janeiro de 1799).

Capítulo 15

'*Cálculo dos Eclipses*' de Monteiro da Rocha

José Monteiro da Rocha publica nas *Ephemerides Astronomicas* do OAUC três memórias dedicadas ao cálculo de eclipses[1], são elas:

– *«Cálculo dos Eclipses»* [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.230-241];

– *«Demonstração e ampliação do cálculo dos eclipses proposto no primeiro volume destas Ephemerides»* [EAOAUC (1807) 1806, v.4 pp.iii-lxxix];

– *«Aditamento ao cálculo dos eclipses, proposto no I volume, e demonstrado, e ampliado no IV volume destas Ephemerides»* [EAOAUC (1812) 1811, v.8 pp.iii-viii].

A primeira memória é a exposição sucinta de um método, *«muito mais simples que o ordinário»* [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.230], para o cálculo dos eclipses lunares e solares que virá depois a desenvolver pormenorizadamente na segunda memória – a ampliação que menciona em título diz respeito a um capítulo dedicado aos trânsitos de Mercúrio e Vénus, que não é tratado na primeira[2]. A terceira memória diz respeito a algumas simplificações que se podem fazer no cálculo dos eclipses.

[1]Referentes a este tema conhecem-se 3 manuscritos existentes na ACL (e que não analisámos): *Tabulæ pro Calculo Eclipsium* [ACL Ms. Azul 1463]; – *Formulae Supputandis Eclipsibus accomodatæ* [ACL Ms. Azul 1464]; – *Calculo dos Eclipses sujeitos às parallaxes* [ACL Ms. Azul 1466]. Conhecem-se ainda referências a 4outros manuscritos – que hoje não se conseguem localizar: *«[nº. 25] Um manuscrito truncado com 24 folhas escritas, tendo por título Demonstração e Ampliação do cálculo dos eclipses»*; – *«[nº. 26] Outro manuscrito em 4º sem título, mas relativo ao mesmo objecto do anterior, tendo 8 folhas»*; – *«[nº. 28] Manuscrito em 4º intitulado Demonstração e ampliação do cálculo dos eclipses proposto no 1º volume das Efemérides, tem 75 páginas numeradas»*; – *«[nº. 40] Uma meia folha com o título Construção gráfica dos eclipses sujeitos às paralaxes»* [ACL Ms. Azul 794].

[2]Foi esta 2^a memória que Manuel Pedro de Melo traduziu para francês: *«Nouvelle Méthode pour le calcul des éclipses sujettes aux effets des parallaxes»* [Monteiro da Rocha 1808, pp.30-120]. No final

Antes de nos debruçarmos sobre estes trabalhos é conveniente dizer alguma coisa sobre os eclipses.

15.1 Os eclipses e o ciclo de *Saros*

Ao longo dos tempos os eclipses, tal como os cometas, sempre foram vistos com um misto de admiração e temor, fanatismo e curiosidade[3]. Hoje grande parte da população, embora saiba que os eclipses do Sol e da Lua são causados por situações particulares de alinhamentos destes astros com a Terra[4], desconhece no entanto o verdadeiro mecanismo que os prevê e explica.

Ao longo da história os povos foram registando os eclipses (os relatos mais antigos datam da Babilónia e da China, c.700a.C.), mas a sua previsão foi sempre uma tarefa muito difícil que só começou a ser grandemente facilitada a partir dos finais do século XVIII com trabalhos de homens como Du Séjour e o melhoramento das tabelas do Sol e da Lua [G. Chambers 1899, p.163][5]. Os astrónomos da antiguidade não disponham de ferramentas fiáveis para a previsão dos eclipses, embora os babilónicos tenham descoberto que após alguns períodos relativamente longos os eclipses se repetiam. O chamado ciclo de *Saros*, baseado na constatação de que os eclipses ocorriam segundo uma determinada frequência de cerca de 223 lunações, i.e. cerca de 6585.32 dias (18 anos, 10 dias e 8 horas), que é costume atribuir-se aos Caldeus deve-se na verdade a Halley que o atribuiu abusivamente a este povo[6].

Seria de esperar que num ano ocorressem, repartidos em igual número, entre 24 a 25 eclipses solares e lunares, pois como dissemos atrás estes eclipses dão-se por alturas, respectivamente, da lua nova e lua cheia que ocorrem 2 vezes por mês. Porém

---

do livro Manuel Pedro de Melo apresenta meia dúzia de considerações sobre a mesma: *«Notes sur le calcul des Éclipses»* [Monteiro da Rocha 1808, pp.174-180].

[3] *«Nothing can be surprising any more or impossible or miraculous, now that Zeus, father of the Olympians has made night out of noonday, hiding the bright sunlight, and [...] fear has come upon mankind. After this, men can believe anything, expect anything. Don't any of you be surprised in future if land beasts change places with dolphins and go to live in their salty pastures, and get to like the sounding waves of the sea more than the land, while the dolphins prefer the mountains.»*, Archilochus (c.680-640a.C.) (provavelmente referindo-se ao eclipse solar de 6 de Abril de 648a.C.), citado em [F. Stephenson 1997, p.338].

[4] A palavra *'eclipse'* vem do grego *'εϰλειψιζ'*, que significa: o que sai, o que desaparece. Quando entre a Terra e o Sol se intromete a Lua dá-se um eclipse solar (pela altura da lua nova), enquanto um eclipse lunar se dá quando é a Terra que se interpõe entre os outros dois astros (altura da lua cheia).

[5] Sobre a longa história dos eclipses, dos seus registos e previsões veja-se por exemplo o autor citado [G. Chambers 1899, pp.75-185]; bem como [Morrison & Stephenson 2001] e [Brack-Bernsen & Steele 2005]. Contudo para leituras mais aprofundadas recomenda-se [F. Stephenson 1997].

[6] Halley afirmou-o em 1692 nas Philosophical Transactions. Estudos posteriores vieram desmentir Halley, Le Gentil de La Galaisière (1725-1792) é o primeiro a fazê-lo em 1756. Para mais veja-se [G. Boistel 2001, pp.539-544].

não é isso que se verifica[7]. A causa está que para ocorrerem é necessário que os 3 astros (Sol-Terra-Lua) estejam bem alinhados e como o plano da órbita da Lua não coincide com a eclíptica (a sua inclinação varia entre $5^o0'$e $5^o18''$) o alinhamento só se dá segundo a linha dos nodos. Devido à interacção gravitacional dos três corpos a linha dos nodos desloca-se lentamente (o plano da órbita da Lua não é sempre o mesmo, nem a distância Terra-Lua que vaira entre os 56 e os 63.8 raios terrestres no perigeu e no apogeu) o que faz com que em vez de haver alinhamentos a cada 182 dias (2 vezes por ano) estes se verifiquem apenas a cada 173 dias.

Devido às particularidades dos movimentos da Lua e da Terra parece que os eclipses solares e lunares estão ligados entre si por um período de cerca de 18 anos, 10 dias e 8 horas e que constitui o já mencionado ciclo de *Saros*. O ciclo de *Saros* relaciona o movimento da Terra à volta do Sol (ano sideral 365.25636 dias) com o movimento da Lua fortemente perturbado: o tempo entre duas luas cheias (mês sinódico de 29.530589 dias = 29d 12h 44m); o tempo entre duas passagens da Lua pelo nodo ascendente (mês eclíptico ou dracónico de 27.212221 dias = 27d 05h 06m); e o tempo entre os dois perigeus da Lua (mês anomalístico de 27.554550 dias = 27d 13h 19m). Assim após um período de 223 meses sinódicos (6585.3223 dias = 6585d 07h 43m) – um ciclo de *Saros* –, que é também igual (com uma pequena diferença de horas) a 242 meses dracónicos (6585.3575 dias = 6585d 08h 35m) e 239 anomalísticos (6585.5375dias = 6585d 12h 54m), a Lua, a Terra e o Sol voltam a encontrar-se numa mesma configuração espacial (dois eclipses separados por este intervalo de tempo têm as mesmas características[8]). Todavia devido às excentricidades das órbitas terrestre e lunar o número exacto de eclipses dentro de um determinado ciclo de Saros não é ele mesmo constante (para detalhes estatísticos dos eclipses e dos respectivos ciclos de Saros veja-se [Espenak & Meeus 2006, pp.37-49]).

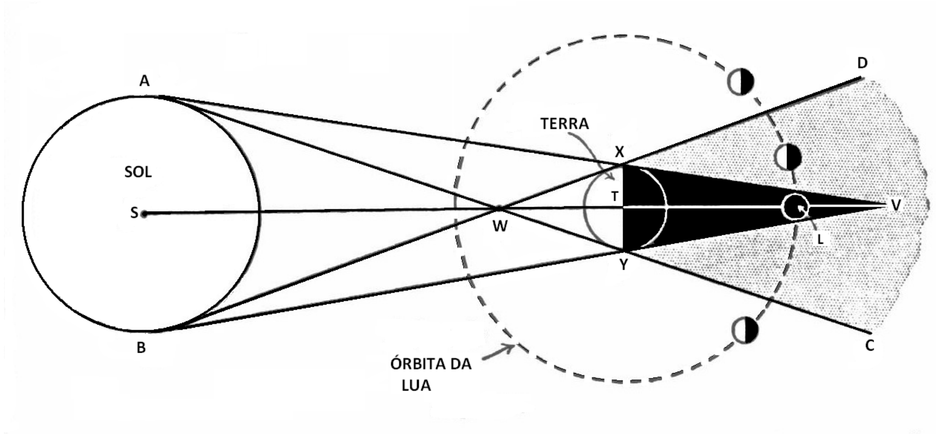
O ciclo de *Saros* chegou a ser visto por alguns astrónomos (Halley, Bradley, Monnier, Delisle, Cassini II, Cassini III, d'Auteroche e Maraldi) aquando do início das

[7]Na melhor das circunstâncias por ano podem ocorrer 7 eclipses (2 nas piores), sendo os eclipses solares mais frequentes que os lunares, embora a ideia geral seja precisamente a contrária. E isto deve-se ao facto de que um eclipse lunar é visto por toda a população do hemisfério terrestre que está virado para a Lua, enquanto um eclipse solar só é visto na totalidade ao longo de uma estreita faixa geográfica que varia entre os 268km (num eclipse total) e os 375km (num eclipse anular) – a ocorrência um eclipse total do Sol nessa mesma faixa geográfica é de 1 em cada 420 anos – *«During the 5,000-year period from -1999 to +3000 (2000 BCE to 3000 CE), Earth will experience 11,898 eclipses of the Sun. The statistical distribution of eclipse types for this interval is as follows: 4,200 partial eclipses, 3956 annular eclipses, 3173 total eclipses, and 569 hybrid eclipses.»* [Espenak & Meeus 2006, p.19].

[8]Note-se todavia que para haver um eclipse não é forçosamente necessário que os centros dos três astros estejam completamente alinhados segundo a linha dos nodos, mas sim que a Lua esteja a menos de $18\frac{1}{2}^o$ do seu nodo e a sua latitude não seja maior que $1^o34'$ – se a distância da Lua ao nodo for menor que $15\frac{1}{4}^o$ e a sua latitude menor que $1^o24'$ ocorrerá um eclipse; entre estes valores poderá haver ou não a ocorrência de eclipses, dependendo dos valores das paralaxes horizontais e dos semidiâmetros do Sol e da Lua como veremos mais à frente.

primeiras investigações sobre a teórica da Lua como uma séria ferramenta para a compreensão do seu movimento orbital. Como a precisão das tabelas lunares estava intimamente ligada à identificação das irregularidades do seu movimento, a observação precisa do seu movimento ao longo de um ciclo de 223 lunações poderia então, afirmavam, ajudar na determinação dessas mesmas irregularidades. Infelizmente, como se veio a descobrir com os trabalhos de Clairaut, Euler e outros, certas desigualdades no movimento do satélite terrestre não tinham as características periódicas do ciclo de Saros, gorando assim as expectativas iniciais desses astrónomos.

15.1.1 eclipses da Lua



eclipses da Lua.

Um eclipse da Lua dá-se quando o cone da sombra da Terra se atravessa na direcção Sol-Lua (veja-se a figura acima[9]). Estes eclipses podem ser totais, quando a Lua mergulha totalmente na sombra (zona XVY), ou parciais quando mergulha apenas na penumbra (zonas DXV e CYV).

O raio angular, ou o semidiâmetro aparente ($s = LTM$), do cone da umbra à distância a que se encontra a Lua (ver figura abaixo) é dado por:

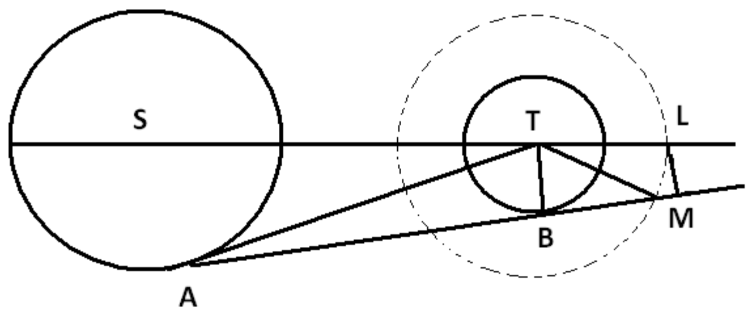
$$s = LTM = BLT - TVL = BLT - (ATS - TAV) = P_S + P_L - S_S,$$

onde: P_S é a paralaxe do Sol, S_S o seu semidiâmetro e P_L a paralaxe da Lua). Por construção idêntica tem-se para o semidiâmetro do cone da penumbra (s') é dado por: $s' = P_S + P_L + S_S$[10].

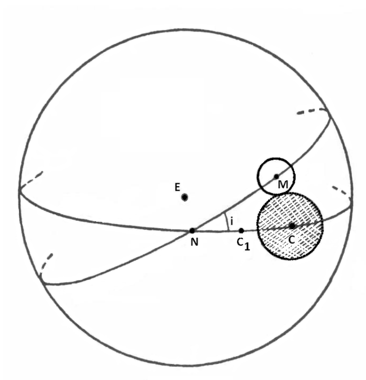
considere-se a seguinte figura:

[9] No que diz respeito a bibliografia sobre o cálculo dos eclipses veja-se, por exemplo: [E. Dubois 1865, pp.305-353] e [W. Smart 1977, pp.378-401] e [F. Chica 1996].

[10] Devido à refracção atmosférica provocada pela atmosfera da Terra o semi-diâmetro da umbra e da penumbra é cerca de 2% maior, ficando assim: $s = \frac{51}{50}(P_S + P_L - S_S)$, e $s' = \frac{51}{50}(P_S + P_L + S_S)$, respectivamente.



Considerando agora a figura seguinte que representa a esfera celeste geocêntrica centrada na Terra (E):



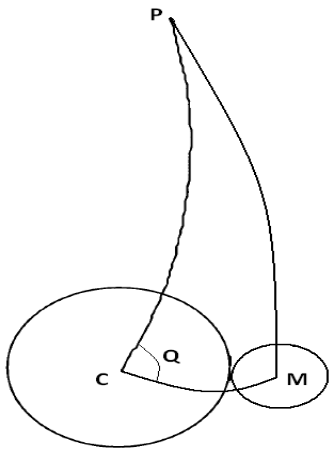
esfera celeste geocêntrica.

onde C é o centro da sua sombra (diametralmente oposto ao centro do Sol), C_1 o centro da sombra da Terra quando a Lua está no nodo N, ξ a distância NC_1, η a distância entre os centros da Lua M e o centro da sombra da Terra C, depois de um tempo t em qua a Lua percorreu NM e a Terra C_1C; mostra-se facilmente [W. Smart 1977, p.382] que:

– ocorrerá um eclipse total se: $\xi < 10.3\left[\frac{51}{50}(P_S + P_L - S_S) - S_L\right]$;

– e um parcial se: $\xi < 10.3\left[\frac{51}{50}(P_S + P_L - S_S) + S_L\right]$.

Interessa-nos agora saber quais os instantes em que se dão as diferentes fases de um eclipse lunar. Para tal consideremos a figura, onde P é o pólo da esfera celeste, C o centro da sombra terreste e M o centro da Lua,



O eclipse começa, ou acaba quando o arco CM é exactamente igual à soma dos semidiâmetros da sombra terreste e da Lua. Sendo α_L a ascensão recta da Lua; δ_L a sua declinação; α_C a ascensão recta do ponto C; e δ_C a sua declinação[11]; $Q\angle PCM$ e $\eta = CM$, temos então no triângulo $\triangle PCM$:

$$\sin\eta\sin Q = \cos\delta_L \sin(\alpha_L - \alpha_C);$$
$$\sin\eta\cos Q = \sin\delta_L \cos\delta_C - \cos\delta_L \sin\delta_C \cos(\alpha_L - \alpha_C).$$

Como os contactos da sombra da Terra com o bordo da Lua são algo incertos de observar devido à atmosfera do nosso planeta podem-se simplificar os cálculos que não necessitam de ser tão precisos quanto isso, fazendo:

$$\eta\sin Q = (\alpha_L - \alpha_C)\cos\delta_L;$$
$$\eta\cos Q = \delta_L - \delta_C.$$

Tomando agora, $x \equiv (\alpha_L - \alpha_C)\cos\delta_L$, e $y \equiv \delta_L - \delta_C$; e sendo x' e y' os correspondentes incrementos horários e x_0 e y_0 os valores correspondentes de x e y para a o instante T_0, vem que $x = x_0 + x't$, e $y = y_0 + y't$. Logo, fica:

$$\eta\sin Q = x_0 + x't,$$
$$\eta\cos Q = y_0 + y't.$$

Mostra-se [W. Smart 1977, p.384], respectivamente, que para os primeiro e quarto contactos (i.e. quando a Lua está a entrar ou a sair da umbra) e para os segundo e terceiro contactos (i.e. início e fim da totalidade), que:

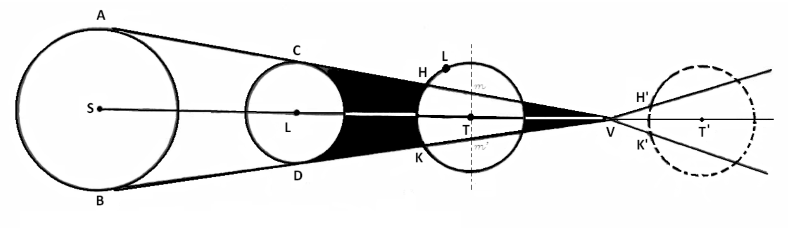
[11]Note-se que como C está diametralmente oposto ao centro do Sol, teremos assim: $\alpha_C = \alpha_S + 12h$ e $\delta_C = -\delta_S$.

$$\eta = \tfrac{51}{60}\left(P_S + P_L - S_S\right) + S_L,$$
e
$$\eta = \tfrac{51}{60}\left(P_S + P_L - S_S\right) - S_L.$$

A magnitude de um eclipse parcial, que corresponde à fracção do diâmetro da Lua obscurecido (e não da sua superfície) é dado por: $\frac{\eta - m\sin(M-N)}{2S_L}$.

15.1.2 eclipses do Sol

Embora o diâmetro da Lua seja cerca de 400 vezes mais pequeno que o diâmetro do Sol ela consegue eclipsá-lo fruto de uma feliz coincidência, a de se encontrar cerca de 400 vezes mais próxima da Terra que este[12]. Porém como a Lua é efectivamente mais pequena que o Sol há lugares na superfície da Terra donde o avistamento do eclipse não é total mas apenas parcial. Ou seja um eclipse do Sol total só é visível em locais de uma determinada e limitada superfície da Terra abrangidos pelo cone de obscuridade chamado umbra (CVD), ou seja os lugares situados entre H e K. Devido à excentricidade da órbita lunar (≈ 0.055) há alturas em que o nosso satélite está mais afastado da Terra (próxima do seu apogeu) e por isso o seu diâmetro aparente é menor que o diâmetro aparente do Sol, sendo nessas alturas apenas visível um eclipse anular do Sol[13].



eclipse do Sol.

O eclipse do Sol dá-se quando a Lua se interpõe na direcção Terra-Sol, tapando assim parte da luz emitida por este, para tal é necessário que a Lua esteja em fase de Lua nova e perto de um dos nodos da sua órbita.

No cálculo dos eclipses do Sol há considerar três partes: 1^o cálculo das diferentes fases do eclipse, i.e. determinação dos instantes em que num local da Terra se avista a entrada e saída do Sol na penumbra e umbra[14]; 2^o determinação das coordenadas

[12] $R_s = 109R_T$, $R_L = 0.27R_T$ e $d_{S-T} = 23454.78R_T$ e $d_{L-T} = 60.11R_T$ (o raio da Terra é $R_T = 6378.14\,\text{km}$).

[13] A distância Terra-Sol varia entre os $146 \times 10^6\,\text{km}$ e os $152 \times 10^6\,\text{km}$, logo o diâmetro aparente do Sol varia entre os $31.5'$ e os $32.5'$; a distância Terra-Lua varia entre os $356400\,\text{km}$ no perigeu e os $406704\,\text{km}$ no apogeu, assim o diâmetro aparente do nosso satélite varia entre os $29.4'$ e os $33.5'$.

[14] O começo e o fim de um eclipse geral, são os instantes em que o cone da penumbra é tangente exterior à superfície do elipsóide terrestre; o começo e o fim de um eclipse total ou anular, são os

geográficas (latitude e longitude) dos locais da Terra onde este se avista; e 3^o o cálculo dos instantes das fases dos eclipses observadas nestes locais.

Mostra-se facilmente [W. Smart 1977, p.387] que no início ou no fim de um um eclipse parcial do Sol os centros da Lua, Terra e do Sol (LTS) fazem entre si ângulo que é dado por: $LTS = S_S + S_L + P_L - P_S$ – este ângulo é precisamente a latitude da Lua, visto que aquando de um eclipse esta encontra-se num plano perpendicular à eclíptica. Assim no momento da conjugação este valor varia entre: $1^o34'18'' < LTS = \beta_L < 1^o24'$ (pois os valores mínimos e máximos das paralaxes e semidiâmetros da Lua e do Sol são respectivamente: $S_L = 14'41''$, $P_L = 53'48''$, $P_S = 7''$, $S_S = 15'45''$; e $S_L = 16'45''$, $P_L = 61'64''$, $P_S = 9''$, $S_S = 16'18''$.

- cálculo das diferentes fases de um eclipse solar

O comprimento do raio mm', intercepção do cone AVB por um plano perpendicular à linha ST à distância Lua-Terra no momento do eclipse é dado por: $A' = P_L - P_S + S_s$. As relações que servem para determinar as várias fases do eclipse são [Dubois 1865, p.324]:

– ângulo sobre o qual é visto o raio do círculo mm': $A' = P_L - P_S + S_s$;

– inclinação da órbita relativa da Lua: $\tan\alpha = \frac{l}{M-m}$; onde l representa o movimento relativo em declinação da Lua; M e m os movimentos em ascensão recta da Lua e do Sol. Como no cálculo dos eclipses é necessário ter em conta tanto o movimento da Terra à volta do Sol como o da Lua à volta da Terra, considerando um referencial em que a Terra está imóvel teremos o movimento horário da sombra da Terra (que é igual ao movimento horário do Sol em longitude (m) e o movimento horário relativo da Lua em longitude será dado por ($M - m$) (sendo M o movimento horário da Lua em longitude);

15.2 *'Calculo dos Eclipses'*

> *«O Método, que aqui damos ao público, para o cálculo dos eclipses sujeitos ao efeito das paralaxes, é muito mais simples do que o ordinário, e essa simplicidade resulta de não se reportarem os astros à eclíptica, mas ao equador»* [EAOAUC (1804) 1803, v.1 p.230]

Delambre considera o método proposto por Monteiro da Rocha mais expedito que o método de Du Séjour (à época o método de referência),

instantes em que o cone da umbra é tangente exterior à superfície do elipsóide terrestre; o começo e o fim da centralidade, são os instantes em que o eixo do cone da umbra é tangente à superfície do elipsóide terrestre; o máximo de um eclipse é o instante em que a grandeza é máxima.

> *«Les fondements de la méthode de M. Monteiro sont les mêmes que dans le système de M. Du Séjour [...]. Généralement les formules de M. Monteiro son moins pénibles; quelquefois celles de M. Du Séjour sont plus directes; car M. Monteiro n'arrive quelquefois à sont but que par des tâtonnements qui sont plus rares chez M. Du Séjour [...] M. Monteiro obtient en effet des formules plus expéditives»* [CDT (1809) 1807, p.461][15].

A comparação com o método de Du Séjour era pertinente pois este havia dedicado várias memórias ao estudo do problema da previsão e do cálculo dos eclipses propondo um método que se tornaria conhecido pelo seu nome[16]: *«Tous ces problèmes ont été, comme chacun sait, traités avec beaucoup de soin par M. Du Séjour; mais ce travail estimable et le plus complet qu'on ait sur cette matière, n'a pourtant pas obtenu beaucoup de faveur; les astronomes n'en font presque aucun usage»* [CDT (1809) 1807, p.459]. A razão que obstava a uma ampla adopção do método de Du Séjour prendia-se com a complexidade dos cálculos exigidos[17], porém era tido como o melhor e mais preciso (e por isso se havia tornado à época canónico). Custódio Gomes de Villas-Boas faz uso do método de Du Séjour na sua *'memória acerca da latitude e longitude de Lisboa'* [VilasBoas 1797]: *«Eu calculei várias observações destas por diversos métodos, e vendo que davam resultados algum tanto diferentes, passei a calculá-las todas pelo excelente método de Mr. Du Séjour, publicado nas Memorias da Academia de Paris de 1764, e seguintes, que é o mais geral, e me parece o mais seguro, como prova o mesmo Séjour, e a experiência o mostra.»* [VilasBoas 1797, p.311].

Este *'Calculo dos Eclipses'* é um trabalho resumido que se vê no 4^o volume das *Ephemerides* do OAUC, como o próprio título sugere, demonstrado e ampliado. Nele Monteiro da Rocha trata das principais questões para o cálculo dos eclipses, recorrendo sempre exemplos de aplicação.

Monteiro da Rocha reduz o problema, no seu método, ao equador celeste e assim começa por achar o instante da conjugação da Lua em ascensão recta com qualquer astro [EAOAUC (1804) 1803, v.1 §.139]. Depois de calculado esse instante determina o instante em que se visualiza essa conjugação (ou seja o instante da conjugação aparente) e a diferença aparente das declinações (§.141), para em seguida determinar a distância mínima dos centros e o respectivo instante em que tal se verifica. No ponto

[15] Delambre escreve uma recensão de mais de 20 páginas ao método apresentado por Monteiro da Rocha nos 1^o e 4^os volumes das *Ephemerides Astronómicas* do OAUC – *«Éphémérides de Coimbra, tome IV, anné 1807. Méthode de M. Monteiro pour les Eclipses»* [CDT (1809) 1807, pp.459-483].

[16] São uma série de memórias – *Nouvelles Méthodes analytiques pour calculer les Eclipses de Soleil* – num total de cerca de 1500 páginas [Du Séjour 1764-78]. Estes trabalhos serão mais tarde resumidos em [Du Séjour 1786-89, v.1].

[17] Oriani e Lagrange consideravam o método de Du Séjour trabalhoso [CDT (1809) 1807, p.459].

§.143, dado o tempo da conjugação aparente T', e a diferença aparente das declinações D' é determinado o tempo de qualquer distância dada dos centros; e no §.146, para qualquer dos tempos t aproximados do princípio ou do fim do eclipse é determinada a diferença aparente das declinações, e os pontos do disco do Sol, em que hão-de ser os contactos, ou os da Lua, em que há-de entrar e sair a estrela.

Depois da apresentação das fórmulas anteriores, Monteiro da Rocha aplica-as ao caso concreto dos eclipses da Lua – '*Aplicação do método antecedente ao cálculo dos eclipses da Lua*':

- (§.153) exemplo do eclipse de 26 de Janeiro;
- (§.154) sendo observadas duas distâncias aparentes dos centros S e S', nos tempos T e T', achar o tempo da conjugação em ascensão recta e a diferença das declinações;
- (§.157) sendo dada a diferença das declinações na conjugação em ascensão recta, e observada uma distância aparente dos centros achar o tempo da mesma conjugação no lugar da observação.

No §.159 [EAOAUC (1804) 1803, v.1 p.238] são comparadas as observações do eclipse do Sol de 17 de Agosto de 1803 feitas em Paris ('*no Colégio de França por Messier e Lalande*') com as de Coimbra, tendo obtido Monteiro da Rocha uma diferença de cerca de 16 segundos para o instante do começo do eclipse face às observações e aos cálculos de Lalande, concluindo que esta diferença *«mostra que em certos casos não é para desprezar o erro, que se comete na suposição da uniformidade do movimento durante o tempo do eclipse»* (p.239).

Este eclipse permitiu, comparando com outros dados observacionais, determinar com grande precisão a longitude geográfica do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra em relação ao Observatório de Paris – *«a diferença dos Meridianos de Coimbra e Paris é de* $43'$*»* [Jornal Coimbra 1815, v.8 n.XLI p.239].

- **Trânsitos e Ocultações**

O problema da determinação dos trânsitos dos planetas Mercúrio e Vénus sobre o disco solar é tema tratado com particular atenção na secção: '*Passagens de Vénus e Mercúrio pelo disco do Sol*' [EAOAUC (1807) 1806, v.4 pp.lxv-lxxviii §§.144-176],

> *«Estes fenómenos, tão raros como importantes*[18]*, não são mais do que eclipses do Sol, pouco sensivelmente o não pareçam, por ser muito pequena*

[18] Estes fenómenos são bastante raros, uma média de 4 em cada 234. No século XVIII ocorreram dois trânsitos de Vénus, um a 6 de Junho de 1761 e o outro a 3 de Junho de 1769 – antes destes só se havia observado o trânsito de 1639.

> *a parte da sua Luz que ele parde pela interposição óptica destes planetas, os quais portanto são vistos como manchas negras e redondas, que atravessam o disco do mesmo Sol»* [EAOAUC (1807) 1806, v.4 p.lxv].

A importância da observação e estudo dos trânsitos dos planetas, em particular os de Vénus, deve-se em especial por fornecer um método de corrigir as paralaxes do Sol e do planeta e por conseguinte a determinação mais exacta da distância da Terra ao Sol, ou seja do valor da unidade astronómica[19]. Infelizmente estes fenómenos eram difíceis de observar, em especial no que se refere ao ingresso e egresso da sombra do planeta com o disco solar. Esta dificuldade – chamada de efeito da *gota negra* – residia no facto da silhueta de Vénus (ou melhor da sua sombra) não se separar claramente do limbo do disco solar durante o contacto interior, mostrando-se ao invés de uma imagem nítida e distinta uma imagem semelhante a uma lágrima a invadir o disco solar, comprometendo assim a observação exacta do fenómeno de contacto (este fenómeno podia ir de alguns segundos a um minuto). A explicação na altura era variada, desde causas técnicas relacionadas com as lentes dos telescópios, a ilusões de óptica, a fenómenos da atmosfera terrestre, e a fenómenos celestes como a atmosfera de Vénus ou a irradiação da luz solar.

O tratamento feito por Monteiro da Rocha dos trânsitos é idêntico ao que fizera aquando do estudo do atravessamento e encobrimento da Lua nos eclipses solares, embora com algumas alterações nas fórmulas que resultam das reduções que estes fenómenos em particular exigem (caso das paralaxes). São assim tratados com especial atenção os seguintes pontos: cálculo do ponto do disco do Sol por onde se dará a entrada do planeta; cálculo dos pontos da superfície da Terra mais vantajosos para a observação destes fenómenos. É também tratado o problema de sabendo o tempo entre os contactos externo e interno de qualquer das partes, calcular o semidiâmetro do planeta; bem como dada a observação completa de uma passagem, achar o tempo da conjugação, a diferença das declinações, a das paralaxes, e o semidiâmetro do Sol. Monteiro da Rocha aplica as suas fórmulas às observações do trânsito de 1769 – *«para fazermos a aplicação destas fórmulas à observação da Califórnia»* (p.lxxxi)[20] –, obtendo para a paralaxe do Sol o valor de $8''.491$. Du Séjour obtivera usando as suas equações e uma grande variedade de observações o valor de $8''.6811$ [Du Séjour

[19] Sobre a história do uso dos trânsitos de Vénus para a determinação da unidade astronómica veja-se [D. Sellers 2001] (os capítulos 11 e 12 tratam dos trânsitos de 1761 e 1769); e no que concerne à história da astronomia portuguesa deste fenómeno veja-se [Nuno Crato 2004].

[20] As observações da Califórnia a que se refere foram feitas na localidade de S. José, por Chappe D'Auteroche, Don Vincent Doz e Don Salvador de Médina e vêm descritas por Du Séjour em [Du Séjour 1786-89, v.1 pp.471-472]. Teodoro de Almeida observou no Porto o de 1761, tendo publicado as suas observações nas memórias da Academia de Paris [Teodoro de Almeida 1774]; em Lisboa o mesmo trânsito foi observado no Colégio dos Nobres por Miguel Ciera [Vilas Boas 1797, p.315].

1786-89, v.1 p.451] (os trânsitos de Vénus são tratados por Du Séjour no capítulo 7: *'Application des méthodes du chapitre précédent, au calcul des passages de Vénus sur le disque du Soleil, des 6 Juin 17 61 , & 3 Juin 1769'* [Du Séjour 1786-89, v.1 pp.449-492]). A justificação para esta diferença deve-se segundo Monteiro da Rocha ao fenómeno da irradiação.

Du Séjour define a irradiação nos seguintes termos:

> *«J'entends par ce mot, la cause, quelle qu'elle soit, qui fait que les diamètres du Soleil, propres à représenter les observations d'une Eclipse, sont plus petits que ceux que l'on conclut des Tables astronomiques. [...] J'ai donné au phénomène dont il s'agit le nom d'irradiation; parce que l'effet s'explique très naturellement, par une expansion de lumière qui amplifie les corps lumineux. II faut donc dépouiller les grandeurs lumineuses, de ce rayonnement qui les fait empiéter fur les dimensions obscures. [...] Ces réflexions tendraient à augmenter les distances observées des cornes, & à diminuer les distances des limbes, ou plutôt à employer au calcul de ces distances, les diamètres du Soleil non dépouillés de l'irradiation.»* [Du Séjour 1786-89, v.1 pp.xiv, 264-265]

Em virtude deste fenómeno Du Séjour atribui um valor correctivo de $3.5''$ ao semidiâmetro do Sol[21].

Monteiro da Rocha explica a diferença dos valores encontrados por si e pelo astrónomo francês precisamente por este ter erradamente, segundo a sua opinião, usado essa correcção de $-3''.5$,

> *«M. Duséjour (pag. 483) pelas suas equações de condição calculadas sobre muitas observações a faz* $8''.681$*: e isso na hipótese de uma irradiação de* $\mathrm{d}\,\sigma = -3''.5$*, que lhe parece ter descoberto pelo eclipse do Sol de 1764*[22]*.*

[21] *«La quantité de l'irradiation n'est point une quantité absolue; elle dépend de la valeur que l'on a supposée au demi-diamètre du Soleil; & comme les Astronomes diffèrent de plusieurs secondes sur cet élément, l'irradiation doit varier de la même quantité, puisque c'est la différence entre le demi-diamètre réel & le demi-diamètre supposé. Quoi qu'il en soit; si l'on suppose, avec M. de Lalande, le demi-diametre du Soleil apogée de* $15'45''.5$ *& le demi-diamètre du Soleil périgée, de* $16'17''.9$*; il m'a paru, d'après des calculs multipliés, qu'il faut admettre une irradiation de* $3''$ *[auroi diminué les distances observées des cornes d'une quantité moyenne de* $4''$ *(p.418)], du moins pour les contacts des limbes. Le demi-diamètre du Soleil qui satisfait aux contacts, est donc de* $15''42'.5$ *dans l'apogée; de* $16'14''.8$ *dans le périgée; & de* $15'58''.7$ *dans les moyennes distances.»* (p.xiv); mais á frente fixa om factor correctiva da irradiação em $3''.5$: *«Il m'a paru, d'après des calculs multipliés, qu'il falloit admettre une irradiation de 3".5, du moins par les contacts des limbes; & que pour représenter les observations des contacts, il fallait diminuer de 3".5, les demi-diamètres du Soleil, tirés de la Table XVII de la nouvelle édition de l'Astronomie de M. de Lalande»* [Du Séjour 1786-89, v.1 p.265].

[22] *«Si l'on considéré la multiplicité des calculs auxquels je me suis livré, la bonté des observations dont j'ai fait usage, la rigueur des conclusions auxquelles j'ai été conduit [...] Il sera difficile de*

fazendo porém $\mathrm{d}\,\sigma = +2''.7$ *para reduzir o semidiâmetro do Sol ao que dá a observação, de que tratamos, os mesmos cálculos deles vem a dar* $8''.594$ *mais chegado para o que dá aquela única observação»* [EAOAUC (1807) 1806, v.4 p.lxxvi].

Para Monteiro da Rocha o efeito da irradiação não se aplicava aos trânsitos:

> *«A primeira coisa pois que se conclui desta memorável observação, é que não tem lugar nenhum nestes eclipses o desconto da irradiação no semidiâmetro do Sol, como até agora se acreditou; não somente porque em vez de diminuição dá um pequeno aumento para ele, mas também porque isso se confirma pela concordância dos outros elementos, como veremos.»* (p.lxxvi).

Monteiro da Rocha via a irradiação como uma coroa luminosa que envolvia o Sol, ou um corpo iluminado, aumentando assim o seu diâmetro aparente e por conseguinte quando este era eclipsado por um corpo sólido essa coroa seria também eclipsada e nos cálculos não deveria ser retirada,

> *«se não fosse a grande facilidade com que se recebem e adoptam quaisquer novidades sem maior exame, era bem fácil de advertir, que vai muita diferença do astro que eclipsa ao eclipsado. Vénus, quando iluminada pelo Sol, tem certamente irradiação, eessa não se lhe desconta quando é eclipsada pela Lua, mas vina ela a eclipsar o Sol desapareceu de todo essa irradiação juntamente com a iluminação que a produzia, e não pode eclipsar senão com o seu próprio volume. E o Sol, ainda que todo fosse irradiação de um pequeno foco central, não poderia ser eclipsado pela interposição de um corpo opaco, senão assim e da mesma maneira que o haveria de ser, se o seu disco luminoso assentasse todo sobre uma superfície sólida»* [EAOAUC (1807) 1806, v.4 p.lxxvi].

A existência e natureza da irradiação era incerta, Delambre escreverá a propósito mais tarde (1814) no seu compêndio,

se réfuter à deux conséquences; la première, que pour l'Eclipse du 1er Avril 1764, le demi diamètre du Soleil déduit des Tables Astronomiques insérées dans l'ouvrage de M. de Lalande, est plus grand d'environ trois secondes que celui qui satisfait véritablement aux observations des contacts; la seconde, qu'indépendamment de ce résultat il y a une quantité d'un peu plus de trois secondes qui paroît affecter le demi diamètre de la Lune. J'ai nommé la première quantité, Irradiation; soit que ce soit une quantité réelle, soit que les éclipses de Soleil ne fassent que dépouiller les diamètres de cet Astre, d'une illusion optique qui s'est introduite dans la mesure de ces diamètres. J'ai nommé Inflexion des rayons solaires, la seconde quantité. J'ai fait voir que relativement aux contacts des limbes, les Phénomènes peuvent également s'expliquer par une inflexion que subirait la lumière solaire en passant par l'atmosphère de la Lune, ou par une diminution du diamètre lunaire analogue à celle dont je viens de parler relativement au Soleil.» (p.394)

> *«Je suis loin d'assurer qu'il y ait une irradiation ou couronne lumineuse qui entoure le soleil et nous fait paraître le demi diamètre plus grand qu'il n'est en réalité.»* (Abrégé d'Astronomie (Paris, 1813), p.471); *«L'irradiation, si elle existe, ce dont on commence à douter, pourrait produire une erreur de près de 18' pour une tache qui serait près du bord, environ une minute pour chaque minute de l'arc St. Personne que je sache n'a parlé de cet eflét de l'irradiation: il est vrai qu'on ne doit pas s'en embarrasser dans le calcul du lieu géocentrique; mais pour en conclure le lieu héliocentrique, il faut employer le demi diamètre réel du soleil, et non pas le demi diamètre, tel qu'il parait dans nos yeux par l'effet de l'irradiation. [...] J'ai donc refait tous les calculs; et diminuant de 3"le demi-diamètre du Soleil pour l'irradiation, j'ai formé le tableau suivant. Au reste, je n'assure en aucune manière que l'irradiation soit réelle, je dis seulement que si elle existe, il faut en tenir compte dans ces calculs.»* [Delambre 1814, pp.23, 43][23].

No que diz respeito ao problema do efeito da gota negra, Monteiro da Rocha encarava-o como um problema físico de causa desconhecida e que seria resolvido quando melhorassem os instrumentos de observação,

> *«Há contudo outra causa, mais física do que óptica, que dificulta a observação dos contactos, e essa consiste no embargo da luz a montar a interposição de qualquer corpo. Ou seja pela atracção dele, ou pela matéria da mesma luz entre si, que embaraça a emissão separada de um fio muito delicado dela, é certo que se observa uma espécie de represa, e que quando chega a vencer o obstáculo aparece de repente não já o bordo do Sol, mas um segmento de largura sensível, e umas vezes maior, outras menor. E por isso não pode observar-se o contacto senão pela concorrência estimada das duas circunferências em um ponto, levantando-se no olho a produção delas sobre o ligamento ou protuberância obscura que ali se forma: no que serão mais felizes os observadores vindouros, se usarem de telescópios da maior ampliação possível, sem prejuízo da distinção.»* [EAOAUC (1807) 1806, v.4 p.lxxvii]

Monteiro da Rocha tinha alguma razão, a qualidade técnica dos instrumentos de que hoje dispomos ajudam a minimizar este fenómeno que se deve a alguns efeitos

[23] Delambre na recensão ao *'cálculo dos eclipses'* [CDT (1809) 1807, pp.479-482] apesar de considerar pertinente a reflexão de Monteiro da Rocha critica-a por este se ter baseado apenas no resultado de cálculos de uma observação (da Califórnia), ao contrário de Du Séjour que se sustentava em cálculos baseados num razoável número de observações diferentes.

instrumentais, conjuntamente com a difracção da luz nas atmosferas da Terra, de Vénus e do Sol (veja-se [Pasachoff & al. 2004]).

15.3 *'Additamento ao Calculo dos Eclipses'*

Nesta memória de 6 páginas, são sugeridas algumas simplificações no cálculo dos eclipses, simplificações essas que dizem respeito ao movimento orbital da Lua que as *Ephemerides Astronómicas* do OAUC reportavam nas *'folhas mensais II'* dos *'Fenómenos e Observações',*

> *«Por ocasião de haver de calcular os Fenómenos dos oito meses últimos deste volume, procurei facilitar, e abreviar o cálculo dos Eclipses, ficando sempre em uma aproximação suficiente para os anúncios deles. E deixando para quando me for possível alguns outros aditamentos importantes àquela obra, pareceu-me conveniente antecipar a publicação deste, em benefício dos que tiverem a seu cargo esse cálculo nos anos seguintes»* [EAOAUC (1812) 1811, v.8 p..iii].

Como vimos anteriormente o primeiro passo para o cálculo dos eclipses do Sol, da Lua ou de uma estrela (caso de ocultação ou de conjugação) era a determinação do instante da conjugação aparente e para o determinar era agora proposto não o uso da órbita aparente da Lua mas sim a sua órbita verdadeira – *«por ser mais uniforme, e deixar a construção da órbita aparente a partir do ponto daquela em que fosse a dita conjugação aparente, porque assim ficava o uso do movimento aparente, que é menos uniforme, limitado a menor intervalo de tempo, a fim de se conseguir o resto das circunstâncias do eclipse com mais exactidão»* (p.iii). Esta simplificação impunha-se pela dificuldade da resolução de uma *«equação transcendente algum tanto trabalhosa, e depois disso acresce a formação de novos ângulos, que retardam consideravelmente a continuação do cálculo»* (p.iii)[24]. Para demonstar a maior facilidade e brevidade dos cálculos que com esta simplificação se obtinha – *«ficando contudo em uma aproximação suficiente para os anúncios destes Fenómenos»* –, Monteiro da Rocha dá dois exemplos: um eclipse do Sol (que anteriormente havia tratado na *'Demonstração e ampliação do calculo dos eclipses'* (§§.31-51)); e a ocultação da estrela Aldebaran observada em 23 de Janeiro de 1812.

No que diz respeito ao exemplo do eclipse do Sol as diferenças obtidas foram de $1.90'$ para o início do eclipse e $1.47'$ para o fim. Em relação à ocultação, a simplificação originou uma diferença nos tempos de imersão e emersão, respectivamente, de $1.96'$ e

[24]Sousa Pinto trata deste problema da resolução da equação referida que determina o instante da conjugação aparente em [Sousa Pinto 1849, p.105].

0.87′ face aos cálculos não simplificados (estes últimos haviam sido feitos pelo Ajudante do Observatório Astronómico, Agostinho José Pinto de Almeida e foram esses que as *Ephemerides Astronomicas* publicaram [EAOAUC (1812) 1811, v.8]. Sobre estas diferenças conclui Monteiro da Rocha que mesmo que maiores, *«ainda que chegassem a 3 ou 4′, não são de consequência nestes anúncios, porque mais do que isso se deve antecipar sempre o Observador para não perder a observação»* [EAOAUC (1812) 1811, v.8 p.viii].

Este trabalho dos eclipses atesta bem a capacidade científica de Monteiro da Rocha. São vários os astrónomos que lhe reconhecem o mérito. O já citado Delambre e também o matemático e astrónomo checo Cassian Hallaschka (1780-1847) [C. Hallaschka 1816], que coloca Monteiro da Rocha entre os principais autores que até à data haviam contribuído significativamente para a dificultosa questão do cálculo dos eclipses, são eles: Du Séjour, Monteiro, Goudin, Delambre, Wolf, Mayer, Euler, Lalande, Mayer, Lagrange, Lexell, Cagnoli, Gerstner, Kluegel and Bohnenberger:

> *«Du Séjour methodum eclipses calculandi analyticam concinnavit (Nouvelles Methodes analytiques pour calculer les éclipses, Memoires de l'academ. Par. pour 1764-1785) quae, licete omnibus palmam praeripiat, ob calculam tamen fusiorem complicatioremque minus commoda censetur. Ut proinde brevior, simplicioque redderetur calculus, quin rigori mathematico vel minimum decerperetur, ad laboravit Chabrot (Methode analytique pour Ie calcul des eclipses, C. de T. pour an. XV. pag. 487), et Monteiro (Ephemerides Coimbrae editae. Tom. IV. Ann. 1807).»* [C. Hallaschka 1816, p.2].

Também Sousa Pinto, anos mais tarde, considera algumas das fórmulas obtidas por Monteiro da Rocha como muito práticas e por isso mesmo as usa para o cálculo de parte das *Ephemerides Astronomicas* da 2ª série: *«Estas fórmulas, que deu pela primeira vez o Sr. Monteiro nas adições à Ephemeride de 1804, e demonstrou depois na excelente memória junta à Ephemeride de 1807, são aquelas de que se usa no cálculo dos eclipses, e que nos parecem as mais cómodas e elegantes de quantas conhecemos»* [Sousa Pinto 1849, p.104][25].

[25] Sousa Pinto trata dos eclipses do Sol e da Lua e das ocultações das estrelas em [Sousa Pinto 1849, pp.99-131].

Capítulo 16

Duas memórias de Monteiro da Rocha sobre instrumentos: o *«Uso do Instrumento de passagens»* e o *«Uso do reticulo rhomboidal»*

O essencial da prática astronómica dos observatórios do século XVIII desenvolveu-se, como já referimos, ao longo da linha imaginária norte-sul que passando pelo zénite define o meridiano do observatório, sendo a medição dos instantes e das alturas dos astros na sua culminação superior um dos principais programas astronómicos desta época. A execução da chamada astronomia meridiana só foi possível graças aos grandes progressos técnico-instrumentais que se fizeram ao longo do século XVIII, dos quais se destacam, como vimos, o grande quadrante mural (ou mais tarde a sua versão portátil), o instrumento de passagens e o micrómetro. O instrumento de passagens, ou luneta meridiana[1], que à semelhança do quadrante mural também se desloca pelo meridiano não tem contudo a função de determinar as alturas dos astros. O seu objectivo é determinar com a máxima precisão outra coordenada celeste – a ascensão recta –, por medição dos instantes das passagens dos corpos celestes pelo meridiano; bem como calibrar os relógios ou as pêndulas siderais dos observatórios:

> *«Antes da invenção do telescópio meridiano, ou do instrumento das passagens, cuidou-se por muito tempo, que ele era bem suprido pelo da ali-*

[1] Na designação francesa, *'instrument des passages'* ou *'lunette meridienne'*; na designação inglesa, *'transit telescope'*.

dade dos Quadrantes murais; e se o fosse bem, não havia coisa mais cómoda do que a de observar ao mesmo tempo a altura dos astros, e a sua passagem pelo Meridiano. Mas além da quase impossibilidade de conservarem aquelas pesadas massas a sua figura plana, no caso de que originalmente a tivessem, e a de as ajustar perfeitamente ao plano do Meridiano, muito menos era de esperar que o movimento da alidade se ajustasse com ele, sendo feito sobre um eixo tão curto, que o mais leve defeito de perpendicularidade dele ao plano do instrumento, havia de produzir uma desigualdade muito sensível nessa parte. [...] foi necessário que a experiência desenganasse a este respeito, e que obrigasse a separar as observações, ficando os Quadrantes para a das alturas, e introduzindo para a das passagens um telescópio à parte, móvel sobre um eixo horizontal [...] tal é o Instrumento das Passagens» [Monteiro da Rocha 1805b, p.255].

Nos meados do século XIX o quadrante e o instrumento de passagens seriam destronados pelo círculo meridiano, que permitia a determinação simultânea das declinações e das ascensões rectas[2].

O micrómetro, usado para medir pequenas distâncias ou pequenos ângulos (e que se apresenta sob 3 formas: filar, ocular ou de escala), permitiu por sua vez quando acoplado aos telescópios destes instrumentos elevar a precisão das medições das posições e dos tamanhos dos corpos celestes até limites verdadeiramente espantosos – num período de cerca de 250 anos as medições astronómicas passariam de precisões da ordem dos $10'$ arco nos tempos de Copérnico, para precisões de $0,1''$ de arco na segunda década do século XIX [A. Chapman 1983].

Sobre estes importantes instrumentos Monteiro da Rocha escreveu um trabalho sobre cada um deles e que reflectem muito bem a dicotomia e a excelência do astrónomo completo que era, tanto a nível teórico como prático.

16.1 O *'Instrumento de passagens'*

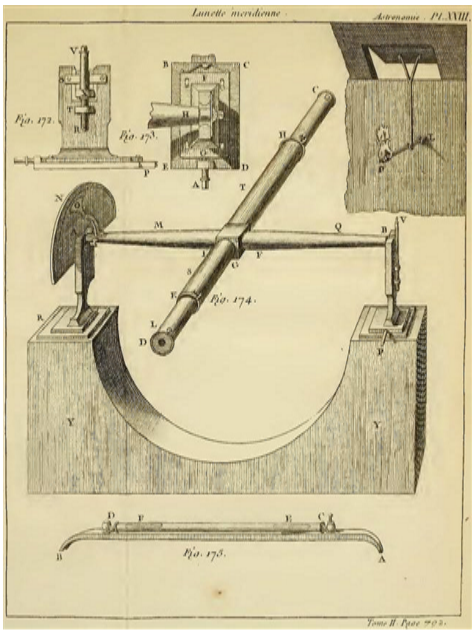
«Cet instrument [l'instrument des passages], l'un des plus parfaits de l'Astronomia moderne, est aussi l'un des plus simples et des plus commodes qu'on ait pu imaginer; il sert à observer le passage d'un astre d'un dans

[2] Foi em 1806 que Edward Troughton (1753-1835) construiu com sucesso um círculo meridiano para o astrónomo amador Stephen Groombridge (1755-1832). O círculo meridiano de Troughton Simms (Londres, 1851) adquirido para o OAUC foi entregue formalmente pelo governo ao director do OAUC, Thomaz d'Aquino de Carvalho, em 27 de Março de 1854; transportado de Lisboa para Coimbra, via porto da Figueira da Foz, chegaria ao OAUC em 16 de Junho de 1855 [OAUC, Inventario 2000].

le plan d'un cercle vertical quelconque où l'on voudra le fixer.» [Delambre 1814, v.1 p.131].

Deve-se a Ole Rømer (1644-1710) a primeira idealização de um instrumento de passagens, tendo em 1675 construído um para o observatório de Copenhaga. Anos mais tarde em 1721 George Graham (1673-1751) constrói a mando de Halley um instrumento de passagens para o observatório de Greenwich, intrumento que se tornaria modelo para os que se construiriam mais tarde ao longo dos séculos XVIII e XIX para os vários observatórios europeus e americanos [A. Chapman 1998].

O instrumento de passagens é constituído por um telescópio refractor montado sobre um eixo horizontal (fixado sobre dois pilares maciços) orientado na direcção este-oeste, perpendicular ao seu eixo óptico. O movimento do telescópio está assim restringido ao plano vertical que contém o meridiano do lugar. O meridiano é ele próprio definido pelo fio vertical do retículo que está montado no plano focal do telescópio (para uma descrição mais completa do instrumento veja-se [Lalande 1771-81, v.2 pp.785-793]. O instante de passagem do Sol, de uma estrela ou de um outro corpo celeste qualquer pelo meridiano é coincidente com a sua passagem pelo fio vertical do retículo. Estas medições permitem definir o meio-dia do meridiano, bem como medir as ascensões rectas e os ângulos horários dos vários corpos celestes.



Instrumento de Passagens [Lalande 1771-81, v.2 p.792].

Apesar de todos os esforços que se empreendiam na construção de um instrumento deste tipo, desde a atenção dedicada à robustez dos pilares, ao reforço da caixa de junção do eixo horizontal e da cama do telescópio (o eixo era construído em forma de cone para limitar as dilatações térmicas do metal que prejudicariam o correcto alinhamento do instrumento), a verdade é que era impossível tê-lo perfeitamente alinhado sendo por isso na prática necessário ter em consideração os erros inerentes do instrumento para poder reduzir as observações efectuadas (veja-se [Manuel Barros 1960]).

É sobre esta problemática da correcta calibração e ajuste do instrumento, bem como dos seus erros e de como estes afectam as observações que trata o artigo: *«Uso do Instrumento das Passagens»*, de José Monteiro da Rocha publicado no 3^o volume das *Ephemerides Astronomicas* [Monteiro da Rocha 1805b],

> *«A exacta colocação consiste em estar o eixo do Instrumento horizontal, parta que o Telescópio descreva um círculo vertical; e em estar em direitura dos verdadeiros pontos de Leste, e Oeste, para que esse vertical seja o Meridiano»* [Monteiro da Rocha 1805b, p.256].

Este artigo juntamente com o do retículo romboidal, também publicado neste mesmo volume [Monteiro da Rocha 1805a], são os únicos que Monteiro da Rocha escreve sobre instrumentos mas que reflectem bem a sua sensibilidade e profundo conhecimento dos problemas da astronomia prática. Esta foi mesmo uma das razões apontadas por Manuel Pedro de Melo para os incluir entre os 4 trabalhos de Monteiro da Rocha que traduziu para francês: *«leur utilité dans l'Astronomie-pratique m'a paru mériter qu'ils fussent réunis dans un seul volume, et publiés dans une langue généralement répandue»* [Monteiro da Rocha 1808, *'avertissement'*].

No que diz respeito ao instrumento de passagens uma boa calibração é fundamental, para tal são necessários 5 ajustamentos[3]: *«o primeiro pois é, que o objectivo esteja bem centrado»*; – *«o segundo, que os fios estejam bem no foco dele»*; – *«o terceiro é, que o eixo óptico, ou linha de colimação, seja exactamente perpendicular ao eixo do movimento»*; – *«[quarto] em estar o eixo do instrumento horizontal»*; – *«[quinto] e estar em direitura dos verdadeiros pontos de Leste, e Oeste»*. Esclarecendo Monteiro da Rocha que estes ajustamentos: *«três dos quais são próprios dele mesmo, e devem vir feitos da mão do artífice, e os outros dois pertencem à sua colocação, e hão-de ser executados pelo Astrónomo»* [Monteiro da Rocha 1805b, p.256] (tece ainda alguns breves comentários nos cuidados a ter com a construção do instrumento, *«a qual convém zelar escrupulosamente, porque é fácil de perder [a perpendicularidade] por qualquer pancada no eixo»*, bem como com a sua definitiva colocação, que deverá preservar a todo custo a horizontalidade do eixo).

[3] A este propósito veja-se por exemplo [Lalande 1771-81, v.3 pp.67-76] e [Delambre 1814, v.1 pp.131-134].

Delambre a respeito destas considerações de Monteiro da Rocha, escreve, *«L'auteur expose, avec beaucoup de soi, toutes les conditions requises pour la bonté des observations»* [Delambre 1808, pp.471-72].

Na prática é necessário conhecer 3 erros que derivam da maior ou menor dificuldade dos 5 ajustes anteriores e que afectam a observação e a medida da passagem meridiana do astro. Estes 3 erros podem ser estimados e assim posteriormente corrigidos das observações (para mais pormenores técnicos consulte-se [H. Renan 1912] e [H. Jones 1924, pp.171-177]), são eles:

- **erro do azimute:** o eixo de rotação não está perfeitamente orientado na direcção E-W havendo por isso um desvio angular (a) a ter em conta;

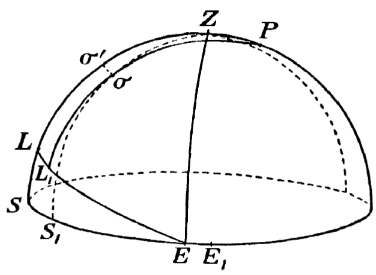
- **erro de nível:** o eixo de rotação não está perfeitamente horizontal havendo por isso um desvio angular (b) da direcção horizontal a ter em consideração;

- **erro de colimação:** o fio central do retículo não está no plano de colimação, havendo por isso um desvio angular (c) entre o eixo de colimação e a linha que junta o ponto médio do fio vertical e o centro da objectiva.

Tomando cada um deles em separado é fácil derivá-los, vejamos:

- **erro de azimute:**

Considere-se a figura,



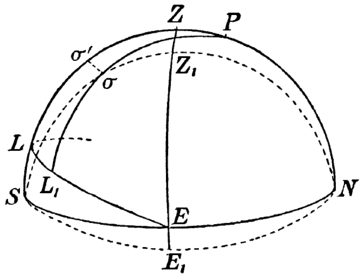
erro de azimute no Instrumento de Passagens.

Da trigonometria esférica, temos: $\sin(PZX)\sin(ZX) = \sin(ZPX)\sin(PX)$, ou: $\sin a \times \sin(ZX) = \sin\tau_1 \times \sin\delta$; onde ($\tau_1$) é o erro em tempo no trânsito da estrela de declinação (δ) devido ao erro de azimute (a) do instrumento de passagens para um meridiano de latitude geográfica (ϕ). Como a e τ_1 são ângulos muito pequenos ($\sin a \approx a \wedge \sin\tau_1 \approx \tau_1$) e ZX é aproximadamente igual a ZY, a correcção para o tempo observado do trânsito devido apenas ao erro azimutal é dada por:

$$\tau_1 = a \sin(\varphi - \delta) \times \sec \delta.$$

- **erro de nível:**

Considere-se a figura,



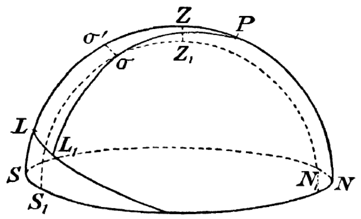
erro de nível no Instrumento de Passagens.

A correcção para o tempo de trânsito (τ_2) observado devido apenas ao erro de nível é dado pela expressão:

$$\tau_2 = b \cos(\varphi - \delta) \times \sec \delta$$

- **erro de colimação:**

Considerando agora a figura,



erro de colimação no Instrumento de Passagens.

A correcção para o tempo de trânsito (τ_3) observado devido apenas ao erro de colimação é dado pela seguinte expressão:

$$\tau_3 = c \sec \delta.$$

Sendo então a correcção total do tempo observado da passagem ou trânsito da estrela dado por: $T + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$. Conhecido o erro é possível então determinar o instante da verdadeira passagem da estrela pelo meridiano, sendo a sua ascensão recta (α) dada por:

$$\alpha = T + \sec \delta \times (a \sin(\varphi - \delta) + b \cos(\varphi - \delta) + c).$$

Monteiro da Rocha trata obviamente deste problema, de conhecidos «*os erros dos três ajustamentos, e observado o tempo da passagem de um astro pelo telescópio, achar o da passagem pelo meridiano*» [Monteiro da Rocha 1805b, p.258], só que o faz tratando-os todos juntos o que torna mais difícil a sua própria resolução. Obtendo para o erro total (que designa por h) do valor da ascensão recta da estrela a expressão:

$$h = \frac{z+x\sin(p-\delta)+y\sin(p-\delta)}{\cos\delta},$$

(sendo, p a latitude do meridiano, z o erro de colimação, x o erro de azimute e y o erro de nível).

O problema que se coloca é precisamente como determinar na prática estes 3 erros instrumentais, para depois «*dados os erros dos três ajustamentos, e observado o tempo da passagem de um astro pelo telescópio, achar o da passagem pelo meridiano*». Para a sua determinação, e é este o objectivo do seu artigo, Monteiro da Rocha propõe a observação da passagem de 3 estrelas no meridiano,

> «*Sendo observadas pelo telescópio as passagens de três estrelas distantes entre si de norte a sul quanto mais for possível, juntamente com as passagens delas pelo meridiano por meio de alturas correspondentes, achar os erros dos três ajustamentos z, y, x.*» [Monteiro da Rocha 1805b, pp.258-260][4].

Assim, considerando para cada estrela a correcção necessária do instante da sua passagem pelo fio central do retículo, tem-se:

$$t_1 \times \cos\delta_1 = a\sin(\varphi-\delta_1) + b\cos(\varphi-\delta_1) + c,$$
$$t_2 \times \cos\delta_2 = a\sin(\varphi-\delta_2) + b\cos(\varphi-\delta_2) + c,$$
$$t_3 \times \cos\delta_3 = a\sin(\varphi-\delta_3) + b\cos(\varphi-\delta_3) + c,$$

onde δ_1, δ_2 e δ_3 são as declinações cada estrela e os t_1, t_2 e t_3 as correcções aos instantes das suas passagens pelo fio central do retículo do telescópio.

> «*Sendo observado pelo telescópio as passagens de três estrelas distantes entre si de norte a sul quanto mais for possível, juntamente delas pelo Meridiano por meio de alturas correspondentes, achar os erros dos três ajustamentos z [erro de colimação], y [erro de azimute], x [erro de nível].*» [Monteiro da Rocha 1805b, p.258 §.10]

[4] São dadas ainda outras maneiras de calcular estes erros mas que são, assim se pode dizer, variantes desta: «*[n.13] Observada somente a passagem pelo meridiano de uma das estrelas, por alturas correspondentes, e sendo dada a diferença de ascensão recta entre ela e cada uma das outras, determinar as mesmas quantidades do problema antecedente [n.10]*» (pp.260-262); «*[n.17] Substituindo-se em vez da terceira estrela a mesma primeira na sua passagem inferior, achar a redução que daqui resulta em todas as fórmulas antecedentes*» (pp.262-263).

Assim na notação usada por Monteiro da Rocha o erro de colimação é dado por:

$$z = \frac{h_1 \cos\delta_1 \times \sin(\delta_3-\delta_2) + h_2 \cos\delta_2 \times \sin(\delta_3-\delta_1) - h_3 \cos\delta_3 \times \sin(\delta_2-\delta_1)}{\sin(\delta_3-\delta_2)+\sin(\delta_3-\delta_1)+\sin(\delta_2-\delta_1)},$$

o erro de azimute, dado por:

$$y = \frac{(h_1 \cos\delta_1 - z) \times \sin(p-\delta_2) - (h_2 \cos\delta_2 - z) \times \sin(p-\delta_1)}{\sin(\delta_2-\delta_1)},$$

e o erro de nível, por:

$$x = \frac{(h_1 \cos\delta_1 - z) \times \cos(p-\delta_2) - (h_2 \cos\delta_2 - z) \times \cos(p-\delta_1)}{\sin(\delta_2-\delta_1)},$$

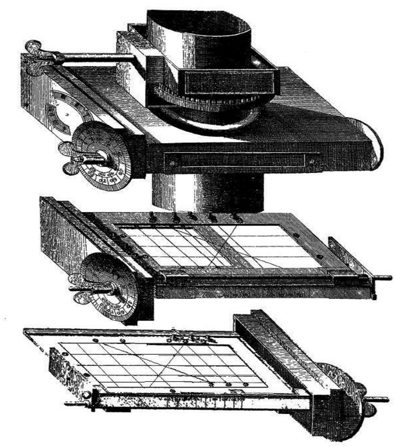
onde (p) é a latitude do meridiano; δ_1, δ_2, δ_3 as declinações das estrelas; t_1, t_2, t_3 os instantes das suas passagens pelo telescópio; e τ_1, τ_2, τ_3 os isntantes das suas passagens meridianas.

Sobre estas equações escreve Delambre: *«Nous avons rapporté ci-dessus ses formules, à l'occasion de celles de M. Oriani, et des miennes. Nous partons tous de la même équation, la manière d'éliminer fait seul la différence. Les formules de M. Monteiro sont élégantes et symétriques»*. Com efeito Delambre neste mesmo volume do *Connaissance des temps* [CDT (1808) 1810, pp. 388-412] escreve uma memória sobre este mesmo assunto dos erros do instrumento de passagens e das correcções das observações, sendo as fórmulas que apresenta as mesmas, como o próprio refere, que Barnaba Oriani (1753-1832) já havia apresentado nas efemérides de Milão para o ano de 1803 e que são formalmente idênticas às fórmulas apresentadas por Monteiro da Rocha [CDT (1808) 1810, p.390]. Porém com a vantagem de serem de uso directo para a determinação dos ajustes x, y e z, como Manuel Pedro de Melo demonstra na breve nota final da tradução deste trabalho: *«Notes sur l'Instrument des Passages»* [Monteiro da Rocha 1808, pp.169-173].

16.2 O *'Retículo romboidal'*

O micrómetro para uso astronómico da medição de pequenos ângulos foi inventado por William Gascoigne (c.1612-1644) por volta de 1638-39, embora já antes Johann Muller (Regiomontanus, 1436-1476) e também Tycho Brahe tenham usado parafusos de ajuste nas escalas dos seus instrumentos para incrementarem as precisões e Pierre Vernier (1580-1637), em 1631, houvesse sugerido a subdivisão das escalas segundo uma ideia já avançada anteriormente no século XVI por Pedro Nunes (1502-1578). Em 1659 Christiaan Huygens propõe um micrómetro com o qual faz medições do diâmetro dos aneis de saturno. Porém só a partir de 1666 com a publicação de uma memória nas Philosophical Transactions, *Manière exacte pour prendre le diamètre des planètes* (1667), por Adrien Auzout (1622-1691), onde é descrito o funcionamento deste instrumento é que este se começa amplamente a usar nas medições astronómicas.

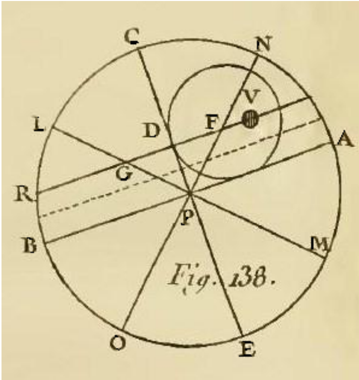
O micrómetro filar de Auzout consistia em dois fios de seda, um fixo e outro que se movia paralelamente através da rotação de um parafuso que media a distância entre eles. Durante o século XVIII vários tipos de micrómetros foram desenvolvidos desde o micrómetro de fio, de escala, a micrómetros de rede ou retículos[5].



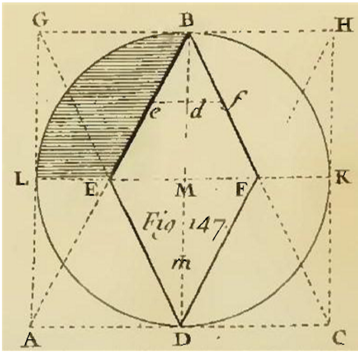
micrómetro de Marinoni de 1745 [R. Brooks 1991, p.144].

O retículo foi inventado por Cornelio Malvasia (1603-1664) em 1662, consistindo numa rede quadrangular de fios de prata que dividia o campo de visão do telescópio em quadrados de igual tamanho permitindo assim a medição do tamanho das crateras da Lua. Posteriormente foram-se aperfeiçoando e no século XVIII dois tipos particulares eram os mais comummente usados: os retículos de 45° e retículos romboidais (veja-se [Encyclopédie Méthodique (mat.) 1784-89, v.2 pp.770-771]).

[5] Sobre a história do micrómetro astronómico e os seus vários tipos que desde 1638 a 1900 foram inventados e aperfeiçoados veja-se por exemplo: [R. Brooks 1991] e [J. Buchwald 2006]. Especialmente sobre os micrómetros em uso no século XVIII veja-se: *'Description du micromètre'* [Lalande 1771-81, v.2 pp.763-780]; o verbete *'Micromètre'* [Encyclopédie Méthodique (mat.) 1784-89, v.2 pp.391-394]; e [H. King 2003, pp.94-119].



Retículo de 45° [Lalande 1771-81, v.2 pl.XVI].



Retículo Romboidal [Lalande 1771-81, v.2 pl.XVI].

O retículo de 45° é composto por 4 fios (ver figura): o fio AB representa o paralelo do movimento dos astros e por isso mesmo é paralelo ao equador; o fio CE (perpendicular a AB) representa o meridiano de declinação; os fios LM e ON fazem 45° com os outros dois. Com este retículo é possível determinar a diferença de ascensão recta e de declinação dos astros que passam no campo do telescópio onde o retículo está acoplado. Imagine-se que uma estrela de declinação conhecida percorre o fio APB (o retículo pode-se inclinar de modo que a estrela percorra exactamente essa direcção), enquanto o outro astro percorre a linha $VFDGR$ (paralela a APB). Registando-se os instantes em que cada um dos astros passa pelo mesmo círculo horário $CDPE$, isto é passam respectivamente no ponto P da intercepção dos fios AB e CE e no ponto D, a ascensão recta será dada pela diferença dos tempos de passagem e a declinação (ou melhor a diferença de declinação PD) é calculada através do arco $FDG = \Delta t_{FG)} \times \cos D$ (note-se que; $\frac{FDG}{2} = FD = PD$, pois o ângulo FPD é 45^o). Este retículo apresenta a desvantagem do campo de visão ser embaraçado pela concorrência dos fios na zona central dificultando a observação[6].

[6] *«Ce réticule est presque abandonné, malgré la facilité de sa construction et celle des calculs. On a trouvé qu'à l'intersection des quatre fils l'observation était trop incertaine»* [Delambre 1814, v.1 p.100].

Para obstar a tal inconveniente James Bradley (1693-1762) inventa o retículo romboidal[7]:

> «*[o retículo romboidal] é, como se sabe, um paralelogramo equilátero, que adaptado ao foco de um óculo serve para determinar a posição relativa dos astros, que passam pelo campo dele*» («*Uso do Reticulo Rhomboidal*» [Monteiro da Rocha 1805, p.243].

O retículo romboidal $BEDF$ (construído com o auxílio do quadrado $ACHG$) tem uma das suas diagonais dupla da outra ($BD = 2EF$) e, $\tan A = \frac{ME}{BM}$ (sendo $2A$ o ângulo EBF)[8]. Devido a esta propriedade qualquer linha *ef* paralela a *EF* tem a sua perpendicular (Bd) de igual comprimento, ou seja a largura de uma qualquer parte deste paralelogramo é igual à sua altura. A determinação das ascensões rectas e das declinações é feita de modo semelhante ao retículo de 45^o, com a diferença de que um astro percorre a linha *EF* e o outro a linha *ef* (veja-se [H. Flaugergues 1813-14]). Na prática o uso do retículo romboidal é algo mais complicado quando se pretende generalizar o seu uso ao caso mais geral da diagonal (*EMF*) não ser paralela ao movimento diurno do astro[9]. Essa generalização é feita por Delambre – '*pour donner des formules générales, nous ne supposerons pas que la diagonale ait été rendue parallèle au mouvement diurne'* [Delambre 1814, v.1 pp.88-116] (o retículo é tratado nas pp.100-116)[10] – onde fornece as fórmulas gerais da diferença de declinação entre o astro e o centro do retículo, bem como da correcção da passagem observada do astro pela diagonal horária, para uma qualquer posição inclinada do retículo[11],

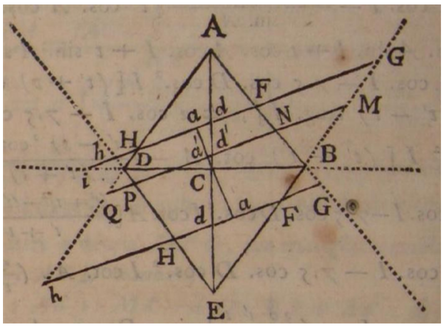
[7] Manuel Pedro de Melo afirma erradamente que o inventor deste retículo terá sido Lacaille e que dele se terá servido para as observações e catalogação das estrelas do céu austral [Monteiro da Rocha 1808, p.165, 168].

[8] Segundo Monteiro da Rocha os retículos costumavam ter para o ângulo EBD o valor de $26^o37'54.2''$ (p.245).

[9] Sobre calibração do retículo e o seu uso prático veja–se também «*Des observations qui se font avec le Réticule*» [Lalande 1771-81, v.3 pp.13-36].

[10] Delambre apresentara pela 1^a vez as suas fórmulas para o retículo romboidal na sessão 347, de 24 nivôse an VIII (14 de Junho de 1800), do Bureau des Longitudes [BL Procês-Verbaux]; trabalho que será publicado no Connaissance des Temps – «*Formules pour le Réticule rhomboide*» [CDT (an XII) an IX, pp.269-280] –, e mais tarde desenvolvido no compêndio [Delambre 1814, v.1 pp.88-116].

[11] Manuel Pedro de Melo escreve sobre o retículo proposto por Monteiro da Rocha, «*Dans le réticule proposé par notre Auteur, les deux diagonales sont supprimées; il détermine l'inclinaison du réticule par rapport au parallèle vrai de l'étoile connue; la déclinaison ainsi que le passage de chacun des sommets sont corrigés, non-seulement de l'effet de la réfraction, mais aussi de l'inexactitude provenant de la courbure du parallèle et de la convergence des méridiens: et cette dernière correction est nécessaire, surtout pour les astres dont la déclinaison est considérable, ainsi que celle de la réfraction pour ceux qui s'élèvent très-peu au-dessus de l'horizon.*» [Monteiro da Rocha 1808, p.166].



retículo romboidal de Delambre in [CDT (1804*pour l'an XII),* p.177].

A inclinação do retículo (I) é dada por:

$$\tan I = \frac{t' - t}{t' + t} \cot A \tag{16.1}$$

a diferença de declinação entre o astro e o centro do retículo é dada por:

$$dD = a \cos I - \frac{15t' \cos D \cos I \cos(A + I)}{\sin A} \tag{16.2}$$

e a correcção da passagem observada do astro pela diagonal horária (a), por:

$$dP = \frac{dD \tan I}{15 \cos D} = \frac{a \sin I}{15 \cos D} - \left(\frac{2t' \times t}{t' + t}\right) \sin^2 I \tag{16.3}$$

onde (I) é a inclinação do retículo (i.é $I = GiB$); (D) é a declinação do astro; (P) ângulo horário do astro; e t e t' os intervalos de tempo entre a passagem do astro pelo fio (AG) e a diagonal ($a = HF$) e entre a passagem do astro pelo fio (HA) e a mesma diagonal (a)[12].

Como faz notar Delambre [CDT (1810) 1808, p.471] o estudo do retículo feito por Monteiro da Rocha é bastante completo. Monteiro da Rocha aborda a questão (de dado um retículo determinar a sua inclinação, bem como a declinação e a ascensão recta de um astro pela observação da sua passagem nos vários fios do retículo) em 7 *'questões'* de aumento gradual de complexidade:

- *«§.7. Sendo observada uma estrela conhecida nos quatro fios do retículo, achar a inclinação dele»*;

- *«§.10. Suposta a mesma observação, achar a declinação dos vértices austral e boreal, e a declinação dos círculos horários que por eles passam»*;

[12] Se considerarmos as passagens dos astros por outros fios as fórmulas embora outras são formalmente idênticas.

- *«§.12. Achar também a declinação dos vértices oriental, e ocidental, juntamente com a distância dos círculos horários, que por eles passam»*[13];
- *«§.13. Corrigir as quantidades antecedentes do efeito da variação da refracção em Declinação»*;
- *«§.15. Observada a passagem de qualquer estrela desconhecida pelos dois primeiros fios oriental, e ocidental, ou pelos dois segundos, achar a sua declinação, e o tempo da passagem pelo primeiro vertical»*;
- *«§.17. Observada a passagem de uma estrela desconhecida pelos dois fios orientais, ou pelos dois ocidentais, achar a sua declinação, e o tempo da passagem pelo primeiro circulo horário»*;
- *«§.20. Sendo observada a passagem de um astro desconhecido pelos quatro fios do retículo, achar a sua declinação, e o tempo da passagem pelo primeiro circulo horário»*;

As fórmulas apresentadas por Monteiro da Rocha são formalmente idênticas às de Delambre, porém as correcções das variações da refracção tanto para a declinação como para a ascensão recta não são explicitadas no trabalho de Delambre mas são-no no de Monteiro[14].

Monteiro da Rocha na sua memória determina as fórmulas que generalizam o uso do retículo para qualquer posição deste tal como faz Delambre, com a particularidade de ainda tratar duas situações que o astrónomo francês não trata: a correcção que provém do paralelo e a determinação da declinação e ascensão recta para um planeta ou astro com diâmetro observável[15] – assunto tratado por Monteiro da Rocha em [Monteiro da Rocha 1805, pp.251-254 §§.22-24][16].

[13] Os quatro fios do retículo romboidal tinham a seguinte designação: fio (AB), 1^o oriental; fio (AD), 1^o ocidental; fio (EB), 2^o oriental e o fio (ED), 2^o ocidental. O vértice (A) designava-se por austral e o vértice (E) por boreal.

[14] A variação da refracção em ascensão recta é dada por, $\frac{\varrho(1+\tan D\tan P\cos H)dH}{\cos^2 D\times(\cos H+\tan D\tan P)^2}$; e a variação da refracção em declinação dada por, $\frac{\varrho\sin H\tan P\times dH}{\cos^2 D\times(\cos H+\tan D\tan P)^2}$.

[15] *«Si l'astre qu'on observe a un diamètre sensible, et qu'on soit obligé d'en observer les bordes, les calculs exigent quelques attentions qu'on trouvera détaillées dans un memoire de M. Monteiro.»* [Delambre 1814, v.1 p.114].

[16] *«§.22. Observados os contactos do bordo de um astro nos quatro fios do retículo, achar a sua declinação, e o tempo da passagem do centro por qualquer dos círculos horários»*; e *«§.24. Corrigir as determinações antecedentes da inexactidão, que provém da curvatura do paralelo»*.

Capítulo 17

Monteiro da Rocha e a *'Determinação das orbitas dos cometas'*

José Monteiro da Rocha tem dois trabalhos sobre cometas muito distintos. Um escrito na sua juventude, em 1759-60 com a idade de 25 anos, quando ainda se encontrava no Brasil – o *Systema Physico Mathematico dos Cometas* [Monteiro da Rocha 2000]; e o outro publicado em 1799 nas memórias da ACL, com a idade de 65 anos – *Determinação da órbita dos Cometas* [Monteiro da Rocha 1799a].

O primeiro é essencialmente um texto de cariz didáctico sobre a natureza e as órbitas dos cometas, escrito aquando do tão esperado regresso do cometa Halley – *«Composto por ocasião de um que foi visto no ano de 1759 na Cidade da Baía»*[1]. O retorno do cometa Halley seria um teste crucial para a teoria de Newton e Monteiro da Rocha, um newtoniano convicto, ciente de tal facto aproveita a ocasião para *'disseminar didacticamente a teoria gravitacional do cientista inglês'*. Composto por duas partes distintas, onde examina, na 1^a parte, *«as sentenças dos filósofos e matemáticos mais célebres e se mostra que os cometas são verdadeiros astros tão antigos como o*

[1] Ironicamente Monteiro da Rocha não reconhece que as observações que faz, entre 13 de Março de 1759 a finais de Abril [Monteiro de Rocha 2000, p.148], como sendo do cometa Halley – condições climatéricas pouco favoráveis e falta de bons instrumentos não ajudaram [Camenietzki & Pedrosa 2001, p.105]. Houve vários astrónomos na Europa que observando o cometa também não o identificaram como sendo o tão esperado cometa Halley. Em 21 de Janeiro de 1759, Messier, vê-o só que, infelizmente, confunde-o com um outro que tinha descoberto em 15 de Agosto do ano anterior. Nesta confusão Messier e Delisle perdem a oportunidade de serem os primeiros a declarar o regresso do cometa (para mais veja-se [P. Broughton 1985] e [C. Waff 1995]). A observação do cometa Halley (1758-59) pode-se dividir em 3 períodos temporais: foi primeiramente observado entre 25 de Dezembro de 1758 a 14 de Fevereiro de 1759; só voltou a ser visível (já depois da sua passagem pelo periélio a 13 de Março de 1759) no mês de Abril; a terceira fase de observação compreende o período que vai de inícios de Maio até ao seu último avistamento em 22 de Junho de 1759.

mesmo mundo»; e na 2^a (intitulada: *«Directório Prático Astronómico para se calcularem os lugares, movimento, grandeza, distância e efemérides dos cometas»*) expõe a maneira de calcular a órbita de um cometa segundo os métodos comuns da altura (primeira metade do século XVIII).

Já no que diz respeito à memória de 1799 estamos perante um verdadeiro artigo científico onde José Monteiro da Rocha motivado por um prémio instituído pela Academia das Ciências de Berlim, em 31 de Maio de 1774, para *'perfectionner les méthode qu'on emploi pour calculer les orbites des Comètes d'après les Observations; de donner surtout les formules générales & rigoureuses qui renferment la solution du Problème où il s'agit de déterminer l'orbite parabolique d'une Comète par le moyen de trois observations'*, apresenta a sua contribuição para a resolução de um dos problemas maiores da matemática e astronomia do século XVIII – o problema da determinação da órbita dos cometas[2].

Este problema astronómico vinha ocupando os astrónomos e matemáticos há já mais de um século desde Newton (1687), que o havia considerado *'difficillimum hoc Problema multimode agressus in hanc tandem deveni solutionem'*, tendo sido estudado por matemáticos e astrónomos famosos como: D'Alembert, Euler, Clairaut, Condorcet, Boscovich, Pingré, Lambert, Lalande, Delambre, Laplace, Gauss e outros. Porém quem ficaria conhecido na história como o criador de um método simples e de fácil aplicação para a determinação das órbitas parabólicas foi Wilhelm Olbers (1758-1840) com um trabalho publicado em 1797 [W. Olbers 1797][3] – *'Espero que não se precise de nenhuma desculpa por se ver impresso o presente e excelente trabalho. O editor espera antes ter ganho o agradecimento de todos os astrónomos e amantes da arte das estrelas, por lhes ter dado para as mãos um tratado tão profundo, útil e compreensível sobre o cálculo do percurso dos cometas'*, escreve von Zach no prefácio do trabalho de Olbers[4].

[2]Mafalda Pedroso está errada quando afirma que *«em geral, o artigo Determinação das órbitas dos cometas (1799) é um texto em que Monteiro reafirma ideias e métodos já expostos no Sistema (1759), tornando este artigo menos inovador que o de 1759»* [Mafalda Pedroso 2004, p.104] – passa-se precisamente o contrário.

[3]Uns anos mais tarde o trabalho de Olbers é traduzido para inglês, sob a supervisão do próprio Olbers, e publicado pela Royal Institution [W. Olbers 1821-22]. Nesta tradução (que nos serviu de estudo) não consta o prefácio que von Zach escreve [W. Olbers 1797, pp.iii-xxxii]. Em 1847 seria ainda reeditado por Encke, em [Encke 1847].

[4]Sobre o método de Olbers foram muitos os que ao longo da história se-lhe referiram: Lalande escreverá: *«Ce traité des comètes est un des meilleurs qu'un ait faits»* [Lalande 1803, p.638]; em 1828 o astrónomo britânico David Milne (1805-1890): *«the method witch we have now demonstrate, of discovering from three observations of a comet, what are the elements of its orbit, is allowed to be one of the simplest and most convenient known to astronomers»* [D. Milne 1828, p.68]. No século seguinte James C. Watson escreveria: *«He [Olbers's method] has enable to effect a solution which could be performed with remarkable ease [...]. The accuracy of the results obtained by Olbers method and the facility of it is application, directed the attention of Legendre, Ivory, Gauss, Encke to this*

Monteiro da Rocha no seu trabalho da ACL apresenta um método idêntico ao do médico e astrónomo alemão – *«On peut affirmer que c'était la seule méthode, vraiment digne de ce nom, qui permit, avant celle d'Olbers, de calculer facilement les éléments orbitaires d'une comète donnée par trois observations»* [Duarte Leite 1915, p.66]. Embora a publicação do trabalho de Olbers preceda em dois anos a publicação do de Monteiro da Rocha, a verdade é que no que diz respeito à proposta de uma solução passa-se na realidade o contrário[5].

Há uma carta, datada de 17 Julho 1780, de Monteiro da Rocha para o Secretário da Academia das Ciências de Lisboa dizendo que lhe enviará *«uma memória sobre a Determinação das Orbitas dos Cometas»*, contendo já parte da solução do problema da determinação da órbita dos cometas,

> *«para desde agora ocupar essa prioridade, no caso de ser para credito da Academia, direi a V. Ex.ª que o fundamento principal da minha solução, consiste nas três equações seguintes [apresenta as equações] nas quais não há mais do que três incógnitas, que são as distâncias do cometa à Terra projectadas no plano da eclíptica para os momentos das três observações»* [A. Teixeira 1889-90, p.80][6]

Esta carta foi lida em sessão da Academia no dia 2 de Outubro de 1780, tendo sido guardada no respectivo cartório. No dia 27 de Janeiro de 1782 a memória é apresentada: *«leu-se também uma Memória Algébrica sobre a determinação da Órbita dos Cometas, mandada à Academia por José Monteiro da Rocha»* [Gazeta de Lisboa 1782, sup.V de 1-2-1782][7]. Este trabalho (ou uma versão revista) só seria publicado

subject, and by them the method was extended and generalized» [J. Watson 1868, p.4]; e já no século XX o astrónomo e historiador especialista em cometas Brian G. Marsden reafirma-o: *«The pinnacle of orbit-determination achievement during the eighteenth century was therefore the publication by the Bremen physician H. W. M. Olbers (1758-1840) in 1797 of an essay to which, with a fair amount of justification, he gave the title Treatise on easiest and most convenient method of computing the path of a comet.»* [B. Marsden 1995, p.184]; bem como Donald Yeomans, outro grande especialista: *«Several complete methods were available in the second half of the eighteenth century, but they all required lengthy computations. What was needed was an easy-to-use method, and just such technique was finally supplied by Heinrich Wilhelm Matthias Olbers (...) It is a credit to his 1797 work that this technique, modified only slightly, is still in use today.»* [D. Yeomans 1991, pp.144-145].

[5] A historiografia portuguesa tem repetido a data errada de 1787 como sendo o ano da publicação do trabalho de Olbers. A data correcta é como afirmamos 1797. Para nós o erro deve-se originalmente a uma infeliz gralha tipográfica que desde Gomes Teixeira [Gomes Teixeira 1934, p.240] (nos Panegíricos e Conferências [Gomes Teixeira 1925] a data está correcta) e mais tarde também com Rómulo de Carvalho [Rómulo de Carvalho 1985a, p.89] foi passando até hoje.

[6] Como veremos mais à frente o mérito do método de Monteiro da Rocha reside numa hipótese que ele sugere, com a qual é possível obter outras equações que relacionam as 3 incógnitas entre si, e consequentemente resolver as equações fundamentais, impossíveis de se resolverem directamente. Nesta carta ao Secretário da Academia não consta tal hipótese.

[7] Da leitura desta notícia parece depreender-se que não terá sido o próprio Monteiro da Rocha a apresentar o trabalho mas sim alguém por ele, pois quando era o próprio autor a ler um trabalho seu a Gazeta noticiava-o em termos diferentes: *'leu fulano de tal uma Memória, sobre...'*.

17 anos depois no tomo II das *Memórias de Matemática e Física* da ACL[8].

A análise e estudo deste trabalho de Monteiro da Rocha foram feitos no nosso trabalho de mestrado [Fernando Figueiredo 2005]; nele expandimos o estudo analítico de Duarte Leite relativamente às equações que suportam os métodos de Monteiro da Rocha e de Olbers sujeitando-as a um estudo quantitativo comparativo[9].

Em termos quantitativos os resultados indicam que a solução proposta por Monteiro da Rocha é comparável numericamente com a de Olbers e com as soluções propostas por outros autores do seu tempo. Na realidade os resultados obtidos, quando aplicamos o método de Monteiro da Rocha à determinação de órbitas parabólicas dos cometas, são consistentes e com um elevado grau de precisão (para mais veja-se [Fernando Figueiredo 2005, pp.163-175]), concluindo e partilhando em absoluto com Gomes Teixeira, que:

> *«[o] processo [de Olbers], que se tornou clássico, não difere essencialmente do que encerra a memória de Monteiro da Rocha [...]. Monteiro da Rocha e Olbers devem pois figurar juntos na história da Astronomia, como sendo os primeiros inventores de um método prático para a determinação das órbitas parabólicas dos cometas.»* [Gomes Teixeira 1934, p.241].

Há, porém, alguns aspectos dos dois trabalhos dos cometas de Monteiro da Rocha que nos parece merecer aprofundar.

É necessário dar um pequeno resumo do *'Systema Phyico Mathematico dos Cometas'* (coisa que não fizemos em [Fernando Figueiredo 2005]), onde Monteiro da Rocha se assume inequivocamente um newtoniano convicto e onde ensina como calcular a órbita de um cometa segundo as duas hipóteses que até à época haviam dominado as abordagens mais simples da questão[10]. Na data em que é escrito o *Systema Physico*

[8] A intenção da ACL foi desde logo aquando da sua criação publicar as memórias das várias classes. Por volta de 1786 esse assunto está em cima da mesa, *«Illm. Exmo. Sr. pela última carta de V. Ex.ª entendo que a Academia se dispõem a tratar da impressão das suas Memórias. E nesta inteligência desejo rever as que remeti a V. Ex.ª, os anos passados, porque delas me não ficou cópia [...] e principalmente a dos Cometas, da qual me é necessário tomar o fio, para fazer a segunda Parte. [JMR para o Secretário da ACL, 26.3.1786]»* [ACL Ms Azul 1944]. Nos finais da década de 1780 é iniciada a publicação das *Memórias Económicas da Academia Real das Sciencias de Lisboa, para o adiantamento da agricultura, das artes, e da industria em Portugal, e suas conquistas* (Lisboa, 1789) – em 1788 havia sido publicado um volume com as *Memórias de Agricultura premiadas pela Academia Real das Sciencias de Lisboa, em 1787, e 1788* (Lisboa, 1788). Questões de ordem financeira relegam para a década seguinte a publicação das *Memórias de Matemática e Física* (1797).

[9] Dos resultados obtidos demos um resumo em [Figueiredo & Fernandes 2006].

[10] Duas hipóteses foram sucessivamente usadas para tentar resolver o problema: uma que aproximava a trajectória descrita pelo cometa no intervalo de tempo $(t''' - t')$ como uma linha recta percorrida com velocidade constante; e a segunda hipótese que considerava que o raio vector do cometa na segunda observação (t'') dividia a corda das posições extremas em segmentos que eram proporcionais aos intervalos de tempo entre as observações

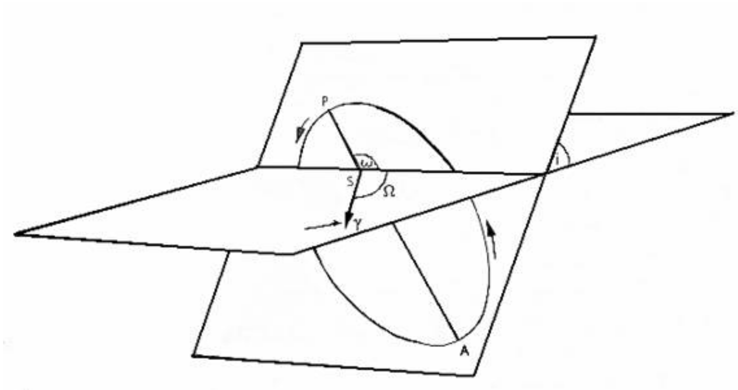
Mathematico (1759-60) a investigação sobre os métodos para a determinação das órbitas dos cometas estava a atingir o seu auge e, como bem escreve Carlos Ziller, o editor da obra de Monteiro da Rocha, *«mesmo se José Monteiro da Rocha estivesse ao corrente destas soluções [analíticas], a sua presença numa obra didáctica como o Sistema seria grande surpresa.»* [Monteiro da Rocha 2000, p.16].

Em relação ao seu trabalho de 1799 será interessante tentar perceber se Monteiro da Rocha terá sido influenciado de alguma maneira pelos trabalhos de Tempelhoff e de Du Séjour, obras que, como viemos a descobrir, Monteiro da Rocha conhecia e que contêm alguns fundamentos teóricos semelhantes ao método de Monteiro da Rocha[11].

17.1 A problemática da determinação de órbitas dos cometas

A geometria do problema

O cálculo da órbita dos cometas consiste em determinar através das observações os 6 parâmetros orbitais que definem a posição do cometa no espaço: Ω, γ, ω, i, e e p.



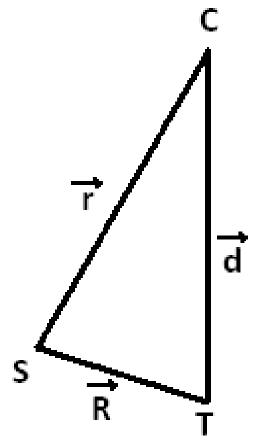
elementos orbitais.

Três desses parâmetros dizem respeito à orientação da órbita do cometa em relação à eclíptica e ao ponto vernal; são eles: a longitude do nodo ascendente (Ω), que é a distância angular entre o ponto vernal (γ), e o ponto onde o cometa atravessa o plano da eclíptica, o nodo ascendente; o argumento do periélio (ω) que é a separação angular entre o nodo ascendente e o periélio; a inclinação orbital (i), o ângulo que o plano da órbita do cometa faz com o plano da órbita terrestre (se a inclinação for inferior a 90^o o movimento do cometa é dito directo, se for maior que 90^o é dito retrógrado). Os restantes parâmetros orbitais estão relacionados com a própria forma da órbita do cometa e são eles: a excentricidade (e) ($e = 1$ para a órbita parabólica; $e < 1$ para a

[11] W. Frabritius põe em evidência algumas semelhanças do método de Olbers com o sugerido por Du Séjour num trabalho anterior de 1779 [W. Fabritius 1883, pp.87-94].

elíptica; e $e > 1$ para a órbita hiperbólica); a distância periélica (p), menor distância do cometa ao Sol; e o instante de passagem pelo periélio (τ).

É fácil compreender que se conhecêssemos três distâncias do cometa ao Sol, aquando das observações t_i ($i = 1, 2, 3$), seria fácil determinar a parábola que o cometa descreve, mas o problema é mesmo esse, determinar essas três distâncias. Para tal consideremos os 3 vectores envolvidos no problema, $\overrightarrow{R_i}$, $\overrightarrow{d_i}$ e $\overrightarrow{r_i}$, tal que: $\overrightarrow{r_i} = \overrightarrow{d_i} - \overrightarrow{R_i}$.



O vector $\overrightarrow{R_i}$, vector Terra-Sol, é totalmente determinado pelas tabelas de efemérides que fornecem a longitude e latitude do Sol, bem como a sua distância à Terra; o vector $\overrightarrow{d_i}$, vector geocêntrico do cometa, é determinado pelas observações embora não completamente, pois destas apenas conseguimos determinar a sua direcção e sentido (latitude (β) e longitude (α) do cometa) – o seu módulo (distância Terra-cometa) não se consegue determinar. Sabendo as componentes do vector heliocêntrico ($\overrightarrow{r_i}$) do cometa aquando de 3 instantes observacionais é possível determinar a sua órbita (veja-se [B. Morando 1986], [B. Morando 1989] e [Fernando Figueiredo 2005, pp.51-54]).

uma breve história do problema da determinação das órbitas dos cometas

> «*The number and quality of the mathematicians in this era [século XVIII] were remarkable, and many of them brought their talents to bear on cometary orbit determination [...]. The techniques for computing cometary orbits were well in hand by the end of the century and contemporary astronomers were content in the knowledge that comets were solid, permanent, celestial bodies, whose motions obeyed the laws of Newtonian mechanics*» [D. Yeomans 1991, p.168][12]

[12] Veja-se a extensa lista de bibliografia sobre o assunto em [Bulletin Astronomique 1899, v.16 pp.427-445].

O primeiro método disponibilizado para a determinação das órbitas foi proposto por Newton, nos *Principa Mathematica* em 1687, embora original e engenhoso é de difícil aplicação prática [Newton 2010, pp.1130-1174]. O método permite calcular a órbita parabólica de um cometa fazendo uso de 3 observações relativamente próximas umas das outras e relativamente afastadas do periélio de maneira a que a velocidade do cometa possa ser considerada uniforme. É precisamente usando o método de Newton, embora com ligeiras modificações, que Halley calcula as órbitas de 24 cometas e conclui que os cometas de 1531, 1607 e 1682 apresentam órbitas semelhantes. Tal facto leva-o a sugerir que se trate de passagens sucessivas e periódicas de um mesmo cometa, anunciando o regresso desse cometa para o ano de 1758. Este cometa ficaria na história com o nome de cometa Halley.

Durante os anos que se seguiram aos trabalhos de Halley nada de muito significativo se adiantou. A partir da década de 40 de setecentos o interesse reaviva-se e várias contribuições são publicadas, porém esses métodos não são mais do que variações e melhoramentos do método semi-gráfico de Newton [B. Marsden 1995, p.182].

O primeiro método completamente analítico sem considerações de cariz gráfico ou geométrico deve-se a Euler [Euler 1744] [D. Yeomans 1991, p.142][13]. Este método emprega 3 observações relativamente próximas umas das outras, considerando que a distância heliocêntrica do cometa aquando da 2^a observação é em boa aproximação conhecida. Assim através de um conjunto de 3 observações é calculada uma possível órbita, escolhendo-se das várias órbitas calculadas aquela que melhor se adapta a uma 4^a observação. Euler não se restringe às órbitas parabólicas, determinando a secção cónica que melhor se aproxima à sua hipótese de órbita[14]. Nesta obra Euler apresenta uma série de teoremas e resultados importantes que permitem calcular o tempo desde a passagem do cometa até ao seu periélio.

Um deles relaciona o tempo (t) decorrido desde o instante (T) da passagem do cometa pelo periélio, com a distância periélica (p) e a anomalia verdadeira (υ) (a anomalia verdadeira é ângulo que o raio vector faz com o semi-eixo maior da órbita):

[13] A primeira tentativa de uma abordagem algébrica do problema foi intentada por Bouguer, usando aquilo que em notação vectorial se pode escrever: $\overrightarrow{r_1} = c_2\overrightarrow{r_2} + c_3\overrightarrow{r_3}$, sendo c_2 e c_3 contantes [B. Marsden 1995, p.181].

[14] José Monteiro da Rocha que na memória da ACL é parco em comentários a trabalho de outros autores, referindo-se especificamente aos trabalhos de Euler, assim: *«Mais de cinquenta anos depois [de Newton] tomou o sábio Euler a empresa de resolver esta questão de um modo mais geral, não se restringindo como Newton à hipótese das órbitas parabólicas, mas supondo que elas podem ser parabólicas, elípticas, ou hiperbólicas. Sem embargo porém da grande habilidade deste autor, que com a maravilhosa fecundidade do seu engenho contribuiu muito para o progresso das ciências matemáticas em todas as suas partes, ficou o Problema dos Cometas como dantes, por se acharem embaraços na execução daquele método, que ele chama fácil no mesmo título da sua obra.»* [Monteiro da Rocha 1799a, p.402].

$\frac{k(t-T)}{\sqrt{2}p^{3/2}} = \tan\frac{v}{2} + \frac{1}{3}\tan^3\frac{v}{2}$, (onde k é a constante de Gauss[15]);

Outro, conhecido como equação de Euler-Lambert, relaciona o tempo decorrido entre dois instantes do movimento do cometa (t_1 e t_2) com os respectivos vectores posição (r_1 e r_2) e o arco (s) descrito nesse intervalo de tempo:

$$6k(t_2 - t_1) = (r_1 + r_2 + s)^{3/2} \pm (r_1 + r_2 - s)^{3/2}$$ [16]

Embora Euler tenha estabelecido a sua equação em 1743, seria Lambert com os seus trabalhos de 1761 e 1771 que lhe daria uma melhor aplicação, ficando esta então conhecida por equação de Euler-Lambert [B. Marsden 1995, p.182].

Em 1774 Boscovich (Ruđer Josip Bošković, 1711-1787) desenvolve um método que usa 3 observações e que apela a uma série de considerações geométricas muito idênticas às de Newton [Boscovich 1774] (este trabalho é um aperfeiçoamento de trabalhos que anteriormente havia escrito em 1746 e 1749). O seu método revelou-se de difícil aplicação prática e só foi usado com sucesso pelo próprio para a determinação da órbita do cometa de 1774. O método de Boscovich foi alvo de acesa crítica por parte de Laplace que o considerou analiticamente errado, pois o método desprezava aproximações de 2^a ordem tanto para a curvatura como para as mudanças de velocidade do cometa, apelando por outro lado a essas quantidades para calcular as supostas posições do cometa através das 2^a derivadas na latitude e longitude. O ataque de Laplace foi tal que a Academia das Ciências de Paris se viu obrigada a intervir, criando uma comissão arbitral constituída por Vandermonde, d'Arcy, Bezout, Bossut e Du Séjour, que viria a dar razão a Laplace [C. Gillispie 2000, p.97].

Em 1778 Lagrange (1736-1813) apresenta novas contribuições para a resolução do problema [B. Marsden 1995, p.183] e em 1780 Laplace publica uma abordagem completamente nova ao problema das órbitas [Laplace 1780][17]. O método de Laplace ao contrário dos outros que são baseados em 3 observações relativamente próximas umas das outras e em que os erros de observações afectam de maneira sensível os resultados, pode usar observações afastadas cerca de 30 a 40 graus entre si. Com efeito

[15] A constante de Gauss $\left(k = \sqrt{GMs} \approx 0.0172021\right)$, em que G é a constante gravitacional $G = 6.67 \times 10 - 11\,\mathrm{N.\,m^2\,kg^{-2}}$, é um valor constante para o sistema solar, igual portanto para todos os planetas e cometas. O seu valor é também dado pela fórmula: $k = 2\pi\frac{a^{3/2}}{T}$; permitindo determinar o período de revolução (T) de um planeta dado o semi-eixo maior (a) da sua órbita, ou vice-versa.

[16] O sinal ($-$) aplica-se se o arco entre os raios vectores for menor que 180^o e o sinal ($+$) se for maior que 180^o. Em 1757 Thomas Barker (1722-1809) publicará uma obra que ficará conhecida como as *Tabelas de Barker*, onde apresenta para as respectivas anomalias os valores de $\tan(v/2) + (1/3)\tan^3(v/2)$ [D. Vallado 2004, p.76].

[17] Este trabalho divide-se em 2 partes: a primeira consiste numa série de memórias de Laplace sobre os movimentos dos planetas e dos cometas, anteriormente publicadas e entretanto melhoradas; a segunda parte consiste praticamente na memória *'Sur l'attraction des sphéroïdes elliptiques'* [C. Gillispie 2000, p.298].

a precisão do método melhora à medida de que se dispõe de um maior conjunto de observações, sendo mesmo por vezes insatisfatório quando estão disponíveis apenas 3 observações. Laplace demonstra que é possível calcular o vector posição (heliocêntrico) e o vector velocidade do cometa e com esses dados calcular os seus elementos orbitais. Assim quando só 3 observações são disponibilizadas podem-se calcular as primeiras e segundas derivadas em ordem ao tempo para a 2^a observação através das 1^a e 3^a observações e depois calcular a órbita (este método embora bastante fiável não se tornaria de aplicação corrente devido ao esforço de cálculo exigido na determinação das derivadas [Hoeffer 1873, p.588]). Alexandre Guy Pingré (1711-1796) no seu *Cometographie*, 2 vols. (1783-84), ao comparar e criticar os vários métodos que haviam ao longo dos tempos sido propostos, considera-o o melhor de todos[18]. A fama do método de Laplace irá ofuscar a contribuição de Du Séjour que em 1779 apresenta o seu método à Academia de Paris [Séjour 1782]. Em 1797 é publicado o método de Olbers que permite determinar facilmente a órbita parabólica de um cometa com apenas 3 observações (servindo também em boa aproximação para calcular uma órbita elíptica muito excêntrica).

Porém o cálculo genérico das órbitas elípticas é um problema muito mais complicado. Embora já anteriormente alguns astrónomos tenham determinado órbitas elípticas de cometas a verdade é que todos esses cálculos eram baseados no cálculo prévio de órbitas parabólicas, ou seja primeiramente determinava-se uma órbita parabólica e depois tentava-se ajustar os dados observacionais corrigindo-a para uma órbita elíptica[19]. Esta problemática só ficaria praticamente resolvida com os trabalhos de J. Carl Friedrich Gauss (1777-1855), dos inícios do século XIX [Gauss 1809], ao inventar um método capaz de calcular os 6 elementos orbitais de um cometa ou planeta [D. Yeomans 1991, p.148] (sobre o método de Gauss veja-se por exemplo [Dubois 1865, pp.556-580]). É com base na órbita calculada por Gauss que von Zach em 1802, mais precisamente a de 1 Janeiro, redescobre o asteróide Ceres[20].

[18]Mais tarde no século XIX o método de Laplace sofreria grandes melhoramentos, veja-se: [Villarceau 1857], [Leuschner 1914a] e [Leuschner 1914b].

[19]O problema das órbitas dos cometas era de tão grau de complexidade que, ainda, em 1828, David Milne escreve: *«And when even astronomers of the present day, with all the advantages of improved science, find so many discrepancies in their calculations, the determination of a comet's orbit may justly be considered one of the most complicated problems in astronomy»* [D. Milne 1828, pp.55-56]. Monteiro da Rocha tinha também como intenção tratar do problema das órbitas elípticas, tema que constituiria a 2^a parte (nunca escrita) da memória da ACL.

[20]Em 1800 von Zach havia iniciado um programa que iria envolver 24 astrónomos, cada um deles a esquadrinhar uma determinada zona do céu com vista a descobrir um planeta que se julgava existir entre as órbitas de Marte e Júpiter. Efectivamente, a 1 de Janeiro de 1801 Giuseppe Piazzi (1746-1826) descobre Ceres, um asteróide que se sabe hoje ser um dos muitos que constitui a chamada cintura de asteróides. Piazzi, que não pertencia à equipa de von Zach, segue o referido astro cerca de 42 dias perdendo-o em seguida (entre 1 de Janeiro e 12 de Fevereiro Piazzi registou 19 observações). Na posse dos dados observacionais de Piazzi, von Zach apela à ajuda de Gauss. Este acaba por inventar um

17.2 O *'Systema Physico Mathematico dos Cometas'*

Monteiro da Rocha escreve este trabalho para clarificar e apresentar o verdadeiro sistema físico-matemático que explica os fenómenos cometários, o sistema Newtoniano – *«os cometas são astros da mesma idade que o mundo, e não são aqueles prodígios melancólicos, que tanto teme o vulgo ignorante»* (p.40) –, analisando e criticando contundentemente as 6 principais teorias que à data (meados do século XVIII) eram, ainda, as mais representativas sobre a natureza física dos cometas – *«Mais de cem autores célebres escreveram sobre este assunto, por ocasião de cometas que apareceram no seu tempo»* (p.39)[21].

Ao longo do texto apresenta as objecções que alguns faziam ao sistema que defendia que *«se os cometas fossem astros perpétuos, teriam os seus corpos sensivelmente redondos, como os outros planetas»* – as diversidades que se observam nos cometas diz respeito às suas cabeleiras e não ao cometa em si, argumenta, *«se os cometas fossem astros perpétuos e correm as suas órbitas do modo que explicamos, deviam aparecer primeiramente mui pequenos, depois ir crescendo até ao perigeu e deste minguando até finalmente desaparecerem»* (p.102). Outro argumento usado era a enorme diversidade de cores e feitios dos cometas que não teriam razão de ser se estes fossem realmente astros – *«A isto, dizemos que nós não vemos o corpo sólido dos cometas, mas os observamos envoltos em grandes atmosferas, e como estas são alteráveis, também será diversa a cor que nos farão perceber em diversas ocasiões.»* A natureza das caudas era uma questão totalmente em aberto mas à qual Monteiro da Rocha não se furta a comentar, embora advirta para a dificuldade da questão – *«Falta-nos a, maior dificuldade desta matéria. Aqui é que têm tropeçado grandes engenhos e padecido engano olhos muito línceos»* –, acreditando que a melhor explicação é que,

método e com ele determinar a órbita do asteróide.

[21] Seriam cerca de 25 sistemas diferentes mas que alguns autores haviam, escreve, reduzido a 3. Os títulos dos sucessivos capítulos onde refuta tais teorias são bastante sugestivos das mesmas: cap. III, *«apontam-se vários sistemas e impugna-se o de Panécio, que os cometas não são corpos reais, mas aparências da vista»*; – cap. IV, *«impugna-se o sistema de Fortunio Liceti, que os cometas são partes do fluido celeste sensivelmente condensadas»*; – cap. V, *«refuta-se o sistema de Anaxágoras que os cometas se formam do concurso óptico de muitas estrelas»*; – cap. VI, *«impugna-se o sistema de Aristóteles, que os cometas se geram na suprema região do ar das exalações terrestres que sobem até aquela paragem»*; – cap. VII, *«refuta-se o sistema de Froidmont que os cometas se formam das exalações dos planetas»*; – cap. VIII, *«refuta-se o sistema de P. Cassani que os cometas se formam das máculas do Sol»*; – cap. IX, *«impugna-se o sistema de Mastlin, que os cometas são efeitos imediatos da mão de Deus»*. Nada disto. Os cometas *«não são aqueles prodígios melancólicos, que tanto teme o vulgo ignorante, como presságios certos de infelizes acidentes»*, mas sim *«verdadeiros astros tão antigos como o mesmo mundo»*, como o mostra a contagem de Cassani de que dos 170 cometas observados e relatados ao longo dos tempos, 45 *"vieram em conjunção de desgraças"*, 24 *"em tempo de prosperidades"*, e 98 *"desacompanhados de novidades"*; concluindo então Monteiro da Rocha que *«Logo, se havemos de estar pela experiência, a qual só pode decidir esta matéria, ou havemos de dizer que os cometas significam tudo ou nada e ambas as coisas me servem»*. No total esta 1^a parte é composta por 15 capítulos.

> *«a cauda dos cometas consiste no vapor que exalam os mesmos cometas, iluminado pelos raios do Sol [...] a razão porque aquele vapor sutilizado caminha sempre para o lugar oposto ao Sol, e é porque os raios solares, que se propagam esfericamente para as partes opostas ao mesmo Sol, empurram para o mesmo rumo a coluna do vapor. São as miudíssimas partículas de que se compõe aquele vapor, de solidez e elasticidade proporcionada para receberem o impulso dos raios do Sol.»* [Monteiro da Rocha 2000, pp.109-113][22]

No que diz respeito ao movimento dos cometas, afirma que este é elíptico; uma orbita elíptica muito alongada explica o aparecimento e desaparecimento dos cometas e estando o astrónomo na posse de 2 ou 3 observações *«pode determinar o lugar em que estará nos dias seguintes, os eclipses que terá com os outros planetas e fixas, o dia preciso em que chegará ao perigeu, problemas todos de impossível solução se os cometas não fossem astros, como os mais, que sempre guardam uma irregularidade regular nos seus movimentos.»* E para reforçar Monteiro da Rocha apresenta a conjectura de Halley para o regresso do cometa de 1682 para 1758 e que este seria o mesmo cometa observado nos anos de 1531 e 1607.

O problema da determinação das órbitas dos cometas era, porém, como afirma, um problema bastante difícil – *«uma empresa muito grande»* –, em que *«os modernos têm trabalhado muito, porém, apenas há um século que começaram e a empresa pede mais tempo»* – a 2^a parte do *'Systema'* é-lhe dedicada.

A 2^a parte: *'Ou, Directório Prático Astronómico para se calcularem os lugares, movimento, grandeza, distância e efemérides dos cometas'*, é composta por 15 capítulos[23]. São os dois últimos capítulos que nos interessam especialmente,

> *«Até aqui temos dado o método de calcular o lugar de um cometa, de achar a sua paralaxe, de medir a sua distância e grandeza, problemas todos independentes de qualquer hipótese dos cometas, e aplicáveis à observação e cálculo de outros astros. Agora entramos na solução dos problemas especiais destes fenómenos, os quais ou dependem da sua hipótese ou das propriedades privativas do seu movimento.»* (p.193)

Sendo o principal objectivo de Monteiro da Rocha instruir os leitores no cálculo

[22] Monteiro da Rocha apresenta um resumo das várias teorias para as caudas dos cometas nas pp.105-108.

[23] As deduções matemáticas são acompanhadas com 44 figuras exemplificativas distribuídas em 5 pranchas que o autor apresenta no final do manuscrito. Monteiro da Rocha é algo confuso nas suas demonstrações, usando por vezes o mesmo símbolo para denotar duas coisas diferentes, chegando a usar simbologia diferente para denotar a mesma coisa já apresentada noutra figura, como bem fazem notar os editores brasileiros [Monteiro da Rocha 2000, p.ix].

astronómico e reforçar a verdadeira concepção sobre a natureza dos cometas – o serem corpos celestes e assim objecto da matemática e da astronomia: *«Porque contestando as observações confrontadas com os cálculos, que valem nos cometas as mesmas leis de movimento que nos outros planetas se observam, ninguém dirá que são estes de diversa ordem daqueles»* (p.228).

- **o cálculo da órbita dos cometas:** *'na hipótese da linha recta'* **e na** *'hipótese da linha parabólica de Mr. Newton'*

No capítulo XIV: *'calcular as efemérides de um cometa na hipótese da linha recta'* (pp.199-210), e no capítulo XV: *'calcular as efemérides de um cometa na hipótese da linha parabólica de Mr. Newton'* (pp.211-221); Monteiro da Rocha apresenta as duas técnicas que à data serviam para determinar e estabelecer as órbitas dos cometas, que como muito bem escrevem os editores brasileiros não são mais que,

> *«técnicas ordinárias para a determinação das órbitas dos planetas segundo o modelo de Isaac Newton, adoptadas na primeira metade do século XVIII. Trata-se de um conjunto de técnicas geométricas [...] Enfim, um estudante de matemática de meados do século XVIII interessado em aprofundar seus conhecimentos acerca da Astronomia dos cometas iria encontrar neste livro do padre Monteiro da Rocha uma boa obra de referência»* [Monteiro da Rocha 2000, p.16].

A hipótese do movimento de um cometa se efectuar segundo uma linha recta em que os espaços percorridos são proporcionais aos tempos havia sido defendida por Kepler [Kepler 1619] e foi a principal ferramenta em uso até Newton (veja-se [J. Ruffner 1971]) – *«deste método usaram todos os astrónomos antigos em seus cálculos até ao fim do século passado, em que, com as novas teorias dos planetas, melhoraram também de cálculo estes pasmosos fenómenos que chamamos cometas»* [Monteiro da Rocha 2000, p.206] .

No que diz respeito à *'hipótese da linha parabólica'* Monteiro da Rocha não faz mais do que expor [Monteiro da Rocha 2000, §§.139-153] os passos da própria exposição do método inventado por Newton e por este descrito nos lemas VII-XI e na proposição XLI do livro III dos *Principia Mathematica* (sobre o método de Newton veja-se em particular [A. Kriloff 1925]). O método de Newton é essencialmente um método gráfico e como Monteiro da Rocha reflecte:

> *«Toda esta praxe é mui trabalhosa e enfadonha, enquanto se busca o vestígio verdadeiro do cometa, a órbita, o eixo principal e a sua posição, a área descrita em tempo determinado e a inclinação da órbita com o plano*

da eclíptica; tudo que forçosamente se deve conhecer por construção geométrica, para que é necessário formar um esquema grande, com paciência muito maior» [Monteiro da Rocha 2000, p.220][24].

O método que anos mais tarde desenvolverá e que publicará nas Memórias da ACL nada tem a ver com estes descritos nos capítulos finais do *Systema*, trata-se de um método estritamente analítico.

17.3 A *'Determinação da Orbita dos Cometas'*

Esta memória[25], composta por 150 parágrafos numerados distribuídos por 12 capítulos, pode-se dividir em 5 partes:

parte 1: introdução – onde é feito o enquadramento histórico do problema (§§.1-8);

parte 2: o equacionar geométrico/analítico do problema – que corresponderá à dedução das 3 equações fundamentais do problema (cap.1-2 §§.7-35)[26];

[24] Na memória da ACL escreve sobre o método de Newton: *«Porque além de não passar de uma aproximação do problema, procede em grande parte graficamente; e as soluções gráficas, ainda que sejam elegantes, perfeitas, e exactas na teoria, são sempre defeituosas na prática»* (Memórias da ACL, t.II (1799), p.402). O grande contributo analítico de Newton é apresentado no lema X – *no movimento parabólico os quadrados da velocidade do cometa estão na proporção inversa das distâncias ao Sol* –, e como Kriloff [Kriloff pp.115-116] é uma versão do teorema de Euler-Lambert. Lagrange no seu Mécanique Analytique já o havia afirmado mas sem o demonstrar – *«Cette formule élégante a été donnée d'abord par Euler, dans le septième volume des Miscellanea Berolinensis. On pourrait la déduire du lemme X du troisième livre des Principes mathématiques, en traduisant en analyse la construction par laquelle Newton détermine la vitesse qui ferait parcourir uniformément la corde d'un arc de parabole, dans le même temps que l'arc serait parcouru par une comète, et en observant que dans la parabole la demi-somme des rayons vecteurs qui aboutissent aux extrémités d'un arc quelconque est toujours égale au rayon vecteur qui aboutit an sommet du diamètre mené par le milieu de la corde parallèlement à 1'axe, plus à la partie de ce diamètre interceptée entre l'arc et la corde; d'où et du lemme IX on tire la valeur de ce dernier rayon, exprimée par la corde et par la somme des rayons vecteurs qui répondent à ses deux extrémités.»* Mécanique Analytique já o havia afirmado mas sem o demonstrar [Lagrange 1855, v.2 p.28 §.26].

[25] Monteiro da Rocha escreve que esta memória será dividida em *'duas partes'*. Na primeira tratará das órbitas parabólicas e na segunda do problema das órbitas elípticas – *«Na segunda parte darei as fórmulas, que convém à determinação das órbitas elípticas, todas as vezes que um Cometa no tempo da sua aparição se desviar sensivelmente de uma órbita parabólica»* [Monteiro da Rocha 1799a, p.405]. Embora fosse esta a sua intenção, a verdade é que as órbitas elípticas não são estudadas na memória [Monteiro da Rocha 1799a], nem em outro volume algum posterior. A documentação encontrada parece sugerir que Monteiro da Rocha nunca chegou a estudar e escrever essa 2^a parte. Duarte Leite afirma que a procurou em vão [Duarte Leite 1915, p.65].

[26] Em carta de 17 Julho de 1780 para o Secretário da ACL Monteiro da Rocha enviara essas equações – *«para desde agora ocupar essa prioridade, no caso de ser para credito da Academia, direi a V. Ex.^{a} que o fundamento principal da minha solução, consiste nas três equações seguintes [apresenta as equações] nas quais não há mais do que três incógnitas, que são as distâncias do cometa à Terra projectadas no plano da eclíptica para os momentos das três observações.»*, transcrita em [Cristóvão Aires 1927, pp.139-140].

parte 3: resolução das três equações fundamentais do problema – corresponde à parte central do trabalho onde Monteiro da Rocha apresenta a equação que relaciona as duas distâncias geocêntricas do cometa e que lhe permitirá a resolução aproximada das 3 equações fundamentais (cap.3-5, §§.36-76);

parte 4: aplicação do método – que Monteiro da Rocha exemplifica à determinação da órbita de 3 cometas. O primeiro exemplo é dedicado ao *'Cálculo da órbita rigorosamente parabólica de um cometa hipotético'*; os outros dois exemplos são o *'Cálculo da órbita do cometa de 1680'* e o *'Cálculo da órbita do cometa de 1759'* (cap. 10-12, §§.125-150);

parte 5: determinação da posição de um cometa sabendo os seus elementos orbitais – onde é resolvido o problema inverso (bem mais simples) de sabendo os elementos orbitais calcular a posição de um cometa no céu (cap.7-8, §§. 89-112).

Na *'parte 2'* Monteiro da Rocha estabelece aquelas que apelida de equações fundamentais do problema, são elas:

$$\begin{aligned} &R(R^2+3K^2)-\sqrt{(R^2-K^2)^3}-\Phi\times t^2=0\\ &R'(R'^2+3K'^2)-\sqrt{(R'^2-K'^2)^3}-\Phi\times t'^2=0\\ &R''(R''^2+3K''^2)-\sqrt{(R''^2-K''^2)^3}-\Phi\times t''^2=0 \end{aligned} \tag{17.1}$$

Estas equações, que envolvem as três distâncias geocêntricas do cometa (x', x'', x''') aquando dos 3 instantes observacionais, relacionam os dois raios vectores da órbita parabólica $(R = r + r'')$ com a corda do arco por eles compreendido (K) e o tempo decorrido (t) (sendo Φ uma constante), não são mais do que a relação estabelecida pelo teorema de Euler-Lambert, não na sua forma habitual mas a que se obtêm quadrando os dois membros do teorema. Visto não ser possível a resolução analítica destas equações [Monteiro da Rocha 1799a, §§.37-42] não resta mais que a sua resolução por métodos indirectos (§.41-44),

> *«a questão é achar três quantidades x, $x\acute{}$e $x\acute{}$ tais, que formando-se com elas pelas equações auxiliares dos num. 27, e 28 [são expressões que definem as várias grandezas que entrarão nos sucessivos cálculos], os valores de R, R', R'' e K, K' e K'', estes sejam os que convêm para se verificarem as equações fundamentais do num. 33 [equações 6.1]»* [Monteiro da Rocha 1799a, p.422].

Para tal Monteiro da Rocha estabelece uma equação relacionando as três incógnitas (as distâncias geocêntricas do cometa) aquando dos 3 instantes de observação, mais propriamente entre o arco descrito pelo cometa no intervalo de tempo que medeia entre a 1^a e a 3^a observação, e que compreende o arco entre r e r', com o arco da órbita que a Terra percorre nesse mesmo intervalo de tempo, arco (ss') (note-se que as grandezas que quantificam o movimento orbital da Terra são conhecidas)[27]. Esta relação é similar à mesma que Olbers também formula no seu trabalho[28],

> *«Temos pois conseguido por meio das duas equações a grande vantagem de evitar as longas operações, que eram precisas para a resolução das duas equações fundamentais, de que fizemos menção no num. 47 [eqs. 6.1], enquanto se trata de achar os primeiros valores aproximados das incógnitas. [...] estas duas equações se hão-de combinar com uma das equações fundamentais [p.ex. com a equação $R(R^2+3K^2)-\sqrt{(R^2-K^2)^3}-\Phi\times t^2=0$»* [Monteiro da Rocha 1799a, p.428].

As equações a que se refere são:

$$\begin{aligned} x &= h + m(x' - \varkappa) + \tfrac{\Theta m(q-x')}{r'^3} \\ x'' &= h' + m'(x' - \varkappa') + \tfrac{\Theta m'(q'-x')}{r'^3} \end{aligned} \tag{17.2}$$

Com efeito as equações:

$$R(R^2+3K^2)-\sqrt{(R^2-K^2)^3}-\Phi\times t^2=0$$

e,

$$x = h + m(x' - \varkappa) + \tfrac{\Theta m(q-x')}{r'^3}$$

já resolveriam o problema pois com elas conseguir-se-iam obter os valores aproximados de x e x' – porém são insuficientes se se quiserem posteriormente corrigir esses valores (aproximados) (§.57).

Como proceder então, em termos de cálculo, para calcular o valor das incógnitas? A resposta a esta questão é desenvolvida ao longo dos pontos §§.57-61,

> *«Assim, fazendo cair sobre ela as falsas posições, e tomando arbitrariamente um valor de x' , facilmente acharemos o de x pela primeira equação,*

[27] Esta parte central da memória é tratada no cap. IV: *Indagações dos valores aproximados das incógnitas do problema* (§§.48-61).

[28] *«We may approach much nearer to the truth by adhering to the supposition, that the chord of comet's orbit is divided by the middle radius in the proportion of the times; and if we assume at the same time that the chord of the earth's orbit is divided in the same proportion, we shall obtain an approximate solution, which is indirect, but more easy and convenient than could well have been imagined, considering the intricate nature of the problem.»* [Olbers 1821-22, p.425].

os quais se substituirão na segunda, e se notará o erro. Continuando deste modo as operações, se achará o valor de x', que convém para se verificar as duas primeiras equações, e com ele se determinará x'' pela terceira.»

Ou seja, supondo um valor inicial para x', obtemos x através da equação:

$$x = h + m(x' - \varkappa) + \tfrac{\Theta m(q - x')}{r'^3};$$

fazendo agora uso da equação:

$$R(R^2 + 3K^2) - \sqrt{(R^2 - K^2)^3} - \Phi \times t^2 = 0,$$

deparamo-nos com dois resultados possíveis: a equação é falsa ($\neq 0$), ou verdadeira ($= 0$).

Se for falsa faz-se uma nova suposição para x' e o processo volta ao início; se for verdadeira podemos então obter x'' pela equação: $x'' = h' + m'(x' - \varkappa') + \frac{\Theta m'(q' - x')}{r'^3}$ (relembre-se o leitor que nas equações aproximadas apenas há como incógnita x', pois em r' $\left[r'^2 = x'(x' - a') + s'^2\right]$, todas as outras grandezas, tal como a' e s', são conhecidas (para mais detalhes consulte-se [Fernando Figueiredo 2005, pp.105-112]).

Um facto intrigante deste trabalho é a brevidade com que Monteiro da Rocha se refere a contribuições científicas de outros autores. Os poucos que cita são-no de forma muito breve. Cita o pioneirismo de Newton, de Euler menciona a obra sobre o movimento planetário e cometário [Euler 1744], refere ainda Halley, Lacaille, Pingré e Lalande. Sobre outras contribuições é frontal: *«Não fazendo conta das soluções de Bouguer, Fontaine nem de outras, que nunca deram o passo necessário da especulação para a execução.»* (p.404).

Quem lê a memória fica com a nítida impressão de que toda a investigação aí desenvolvida é algo completamente novo, tornando irrelevantes possíveis contribuições anteriores. Um facto ilustrativo do que acabamos de dizer é o teorema de Euler-Lambert, ferramenta essencial de que faz uso mas que não se lhe refere como tal, ficando o leitor persuadido de que esta relação *'entre dois raios vectores, a corda do arco por eles compreendido, e o tempo que o cometa gastou em o descrever'* por si obtida é original![29]

[29] Já Olbers pelo contrário descreve e contextualiza com pormenor as contribuições anteriores, afirmando que de certa maneira o seu método não será mais que um corolário desses mesmos trabalhos antecedentes: *«(...) Euler and Lambert have supposed the same for the orbit of the comet; I have only extended the supposition to that of the earth»* [W. Olbers 1821-22, p.141]. Inclusivamente a introdução que escreve é uma boa história da problemática das órbitas dos cometas, sendo nela referidos os trabalhos de: Euler, Lambert, Boskovich, Pingré, Hennert, Du Séjour, Lagrange e Laplace.

Na ACL existe um manuscrito incompleto (não datado) que apresenta algumas importantes diferenças face à memória impressa [ACL Ms Azul 1462][30]. Neste manuscrito não é mencionada a intenção de estudar as órbitas elípticas como o faz na memória impressa. Na memória impressa diz nada saber sobre o desenlace do prémio de Berlim, já no manuscrito afirma ter dele conhecimento fazendo inclusive referências a importantes e recentes trabalhos sobre o assunto:

> *«Muito depois de ter sido entregue esta memória chegou a Lisboa um livro impresso em Utrecht em 1780 que contém as dissertações atendidas em Berlim, uma do Marquês de Condorcet, outra de M. Tempelhoff e duas de M. Hennert*[31]*. As memórias da Academia de Paris de 1779 impressas em 1782 contém uma dissertação de M. Du Séjour e as de 1780 impressas em 1784 outra de M. de Laplace a dito respeito. As novas obras de Boskovich impressas em 1785 tem no volume terceiro vários opúsculos sobre o mesmo assunto. E M. Pingré no segundo volume da sua Cometografia impressa em 1784 faz larga compilação de tudo o que achou mais útil e praticável nas respectivas indagações dos geómetras sobre esta questão»* [ACL Ms. Azul 1462].

Em 1786, numa carta para o Secretário da ACL Monteiro da Rocha refere-se também a estes trabalhos estrangeiros:

> *«Fico entregue das Memórias, e do Livro que contem as de Berlim. Pelo que tenho visto destas, me confirmei no que tinha conjecturado sobre elas, depois de ver que Mr. Pingré no 2º tomo da sua Cometographia além do método comum trás os de Euler, Séjour, de Laplace, e não transcreve das memórias de Berlim, senão um Probl[ema] de Hennert, que somente tem o Accessit. Assim julguei desde então, que as memórias premiadas seriam muito engenhosas, e sublimes, mas pouco cómodas para a prática, que era todavia o fim principal declarado do programa; e isto é o que elas mostram. [26 de Junho de 1786]»* [ACL Ms. Azul 1944].

[30] Este manuscrito (sem data) diz respeito com algumas diferenças apenas aos primeiros sete pontos da memória impressa (§§.1-7, 4 fls) e não se conhece mais nenhum manuscrito (ou documento) que diga respeito à totalidade da memória impressa.

[31] Refere-se ao *'Dissertations sur la Théorie des Comètes qui ont concouru au prix proposé par l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres de Prusse'* (Utrecht, 1780), onde são publicados os trabalhos de Condorcet (1743-1794), Tempelhoff (1738-1808) e Hennert (1733-1813), que haviam concorrido ao prémio da Academia de Berlim (de 1778). Tempelhoff dividiu o prémio com Condorcet; Hennert, que também havia concorrido com dois trabalhos (um em 1773 e o outro em 1777), recebe o *'Accessit'*.

Não sabemos em que ano teve em mãos o *'livro impresso em Utrecht em 1780'*, assim como a memória de Du Séjour, nem tão pouco as outras, uma vez que o manuscrito não está datado[32]. Parece inclusive provável que a memória impressa não tenha sido baseada no primitivo trabalho que foi apresentado na ACL em 1782, há registos de correspondência trocada entre Monteiro da Rocha e a ACL ao longo das décadas de 80 e de 90 na qual surgem, recorrentemente, referências à sua necessidade de finalizar a memória (a 2^a parte), revê-la e eventualmente reescrevê-la,

> *«Illm. Exmo. Sr. pela última carta de V. Ex.^{a} entendo que a Academia se dispõem a tratar da Impressão das suas Memórias. E nesta inteligência desejo rever as que remeti a V. Ex.^{a}, os anos passados, porque delas me não ficou cópia. Assim espero, que V. Ex.^{a} mas remeta (exceptuando a última que há pouco mandei a V. Ex.^{a}) para as tornar a ver, e principalmente a dos Cometas, da qual me é necessário tomar o fio, para fazer a segunda Parte [26 de Março de 1786]»*;

e em carta de Junho desse mesmo ano justifica-se,

> *«Mas o fim principal, porque as mandei pedir, foi por querer reformar a dos Cometas. Depois de a ter feito achei outro método, ou dois diferentes de resolver as equações fundamentais, sem recorrer às fórmulas diferenciais, que me parecem muito mais expeditos na prática. E assim quero substituí-los, e refazer por eles os exemplos: no que é necessário mais algum tempo [26 de Junho de 1786]».*

E já nos finais da década de 1790, em carta para Stockler o então Secretário da Academia, escreve:

> *«Verá se com a chegada do Exmo. Principal, me fica algum tempo livre para cuidar dela [21 de Março de 1796]»*;

e passado um ano:

> *«Eu desde Agosto tenho passado com um reumatismo crónico, que juntando-se às penosas obrigações do lugar que sirvo, não me deixou pegar na memória dos Cometas, que eu sempre quisera reformar. [...] [se não a conseguir reformar] Neste caso porém não deve a impressão ser feita pela cópia, mas*

[32] Refira-se que na biblioteca pessoal de Monteiro da Rocha constam as obras mais significativas da sua época sobre o problema das órbitas dos cometas, por exemplo constam lá as obras de Cassini, D'Alembert, Bailly, Bernoulli, Bion, Lalande, Clairaut, Delambre, Euler, Halley, Lacaille, Lagrange, Monnier, Pingré.

pelo original mesmo, que então remeterei a V. S. [11 de Dezembro de 1797]» [ACL Ms. Azul 1944] e [ACL Ms. Azul 1945].

Não é pois despiciendo pensar que a memória impressa tenha sido sujeita a alguns aditamentos e melhorias, possívelmente influenciados, entre outros, por dois trabalhos em particular: o de Tempelhoff e o de Du Séjour.

- **'Essai sur la solution du problème. Déterminer l'orbite de la comète par trois observations [1778]' (Utrech, 1780), de Tempelhoff**

Foi com este trabalho que George Frederic Tempelhoff (1738-1808), capitão de artilharia ao serviço do rei da Prússia, ganhou em 1778 o prémio da Academia das Ciências de Berlim sobre o problema da determinação das órbitas dos cometas.

Nele Tempelhoff apresenta várias relações que derivam do teorema de Euler-Lambert, como a relação entre o tempo (T) que o cometa leva a percorrer o espaço entre dois raios vectores (R e R') e o parâmetro (p) da parábola:

$$T = \tfrac{n}{3\sqrt{2}} \left[\left(R + \tfrac{1}{2}p\right) \sqrt{\left(R - \tfrac{1}{4}p\right)} - \left(R' + \tfrac{1}{2}p\right) \sqrt{\left(R' - \tfrac{1}{4}p\right)} \right], \text{ (n é uma constante)}^{33}.$$

No ponto §.26, Tempelhoff responde a um problema colocado anteriormente (em §.23): '*Trouver une équation entre les distances accourcies de la Comète à la Terre'* [Tempelhoff 1780, p.83]:

> *«Toute la difficulté se réduit donc à trouver ces équations §.26 ou le rapport des distances accourcies. Mais peut-être est-il presque impossible de trouver ce rapport à la rigueur, exprimé par une équation aussi simple que nous la supposons. Car quoiqu'en exprimant la valeurs des rayons par ces distances accourcies et les substituant dans les équations §.11[teorema de Euler-Lambert] dont on en pourra avoir trois, par les trois observations, et combinant avec celle-ci, on ait quatre équations entre x, y et z, ces équations étant débarrassées des radicaux, montent à des degrés si élèves qui leur résolution fait perdre toute patiente, C'est pourquoi on doit être content, ce me semble, de trouver ces rapports d'une manière asses approchant & asses propre pour expédier le calcul.»* [Tempelhoff 1780, p.84]

[33] *«Mr. Lambert a donné le premier cette formule dans un livre intitulé Insigniores orbitarum cometarum proprietates [1761] [...] Ces formules ont eté demonstrées également par Mr. Euler dans sa 'Théoria Cometarum & Planetaraum' et par Mr. Lambert dans l'ouvrage cité»* [Tempelhoff 1780, p.79].

As equações referidas em §.26 estabelecem as relações entre as 3 distâncias, sendo a sua obtenção explicada de seguida:

> *«La méthode d'approcher de ce rapport est fondée sur cette circonstance, que les secteurs paraboliques SCC', $SC'C''$, ou bien (en tirant la corde CC'', qui coupe le rayon SC' du milieu en E) en raison de EC à EC''. Or on fait que les secteurs sont en raison des temps entre les observations, dont les triangles SCC', $SC'C''$ ou bien les droites EC, EC'' sont dans le même rapport. L'erreur qu'on commet par cette observation est d'autant plus petite, que les temps sont peu éloignés & à la vérité presque toujours imperceptible. C'est aussi sur cette Hypothèse, que toutes mes recherches seront fondées.»* [Tempelhoff 1780, p.85].

Ou seja Tempelhoff estabelece a relação entre as distâncias (x, y, z) através da razão dos triângulos (CSC') e ($C'SC''$) em função de uma outra variável ζ, que exprime a razão entre $\frac{SE}{R'}$, estabelecida através do teorema de Euler-Lambert. Porém o elevado grau das equações obtidas por Tempelhoff leva-o a concluir que a sua resolução só é possível por métodos aproximados (falsa posição) [Tempelhoff 1780, p.94].

A memória de Tempelhoff encerra algum material com interesse directo para o trabalho de Monteiro da Rocha, principalmente pelo uso do teorema de Euler-Lambert e pela ideia de indagação de uma relação entre as incógnitas.

Hennert também menciona os trabalhos de Lambert – *«J'ai employé deux moyens pour déterminer par approximation une première distance de la comète. L'un est fondé sur le beau théorème que le célèbre académicien M. Lambert»* [Hennert 1780a] –, sendo a segunda distância do cometa à Terra determinada supondo, *«le mouvement de la Comète uniforme, d'un jour à l'autre»* [Hennert 1780, p.127] (o resumo do método que apresenta é feito em [Hennert 1780, p.167 §.49]). Na sua 2^a memória [Hennert 1789b] Hennert estuda as órbitas elípticas e os métodos directos e indirectos disponíveis para a resolução das equações.

Por sua vez Condorcet [Condorcet 1780] propõe um método que faz uso da hipótese do movimento rectílineo – *«J'en expose une autre par laquelle ayant l'orbite rectiligne à peu près par cinq observations, & regardant cette ligne comme tangente de l'orbite parabolique, on a pour cette orbite une première approximation, de laquelle on peut en déduire une autre aussi approchée qu'on voudra. [...] On aura donc par cette méthode une valeur des éléments de l'orbite parabolique, qui ne difféeront de la vérité que d'une quantité inappréciable par les observations; & cèts tout ce qu'on peut désirer, puisque l'orbite parabolique n'est pas elle-même une orbite rigoureuse»* [Condorcet 1780, p.4] –, estuda também as órbitas elípticas e as perturbações.

De certa maneira Monteiro da Rocha tem alguma razão quando se refere aos trabalhos de Berlim, como *«muito engenhosas, e sublimes, mas pouco cómodas para a prática»*, porém no caso específico da memória de Tempelhoff esta encerra pelo menos algum material potencialmente inspirador. Se o foi ou não é difícil afirmar.

- **'Détermination des Orbites des Comètes [1779]' (Paris, 1782), de Du Séjour**

Du Séjour já havia publicado em 1775 um livro – *Essai sur les Comètes en général, et particulièrement sur celles qui peuvent approcher de l'orbite de la Terre* (Paris, 1775) [Du Séjour 1775] –, onde já abordara o problema da determinação das órbitas, porém será nesta sua memória de 1779 [Du Séjour 1782] que o assunto é desenvolvido em profundidade. Mais tarde, em 1786 e 1787, publicaria os dois volumes da sua famosa obra dedicada ao movimento dos corpos celestes [Du Séjour 1786-89], onde os cometas ocupam grande parte do 2^o volume. A memória de 1779 é particularmente interessante pois nela Du Séjour apresenta um método (o *'Second Méthode'*) [Du Séjour 1782, pp.82-85], muito semelhante ao de Olbers[34], e por conseguinte ao de Monteiro da Rocha[35].

O método de Du Séjour estabelece também as relações entre as distâncias geocêntricas, para os 3 instantes observacionais ($\Delta'' = P'\Delta'$, e $\Delta''' = P\Delta'$) e faz uso do teorema de Euler-Lambert [Du Séjour 1782, pp.82-85],

> *«Je m'étais donc appliqué a chercher les rapports entre les distances successives de la Comète a la Terre; j'étais même parvenu à un résultat: je n'ai pas eu de peine à abandonner lorsque j'ai eu connaissance des savantes recherches de M. de Lagrange sur les Comètes. II me suffit de dire qu'en adoptant son analyse, la solution en devient plus simple, plus exacte & fondée sur des principes plus lumineux. Quoique les rapports linéaires entre les distances successives de la Comète à la Terre ne se trouvent pas directement dans le Mémoire de M. de Lagrange, il est si aisé de les déduire de ses principes, que j'ai dû lui en faire hommage: je n'ai d'autre mérite que d'avoir apercu, que si, au lieu d'employer les équations aux distances démontrées par ce savant Géomètre, l'on veut uniquement conclure le rapport de ces quantités, l'on parvient à des relations du premier degré; en un mot, je crois avoir résolu la question à laquelle me paroissoit tenir*

[34] Foi o astrónomo alemão W. Fabritius que pela primeira vez, em 1883, pôs em evidência as semelhanças existentes entre o método de Du Séjour e de Olbers [W. Fabritius 1883].

[35] Registe-se o facto curioso do título do trabalho de Séjour – *Détermination des Orbites des Cométes* –, ser o mesmo do de Monteiro da Rocha.

> *le partage naturel des équations du Problème en deux classes distinctes & séparées»* [Du Séjour 1782, pp.52-53]

W. Fabritius mostra que as equações do *'second méthode'* de Du Séjour[36] são formalmente idênticas às equações do método de Olbers [W. Fabritius 1883, pp.88-90], concluindo porém que, embora os fundamentos do método de Olbers já tivessem sido descobertos por Du Séjour. A verdade porém é que foi apenas Wilhelm Olbers que conseguiu resolver o problema de uma forma prática e fácil – *«E agora podemos chamar o método comum de determinação de órbita, afinal, como de Olbers, porque o descobriu, sem dúvida, de forma independente. Em segundo lugar, e especialmente porque ficou suficientemente claro no caso, reconhecer que este é de facto a maneira mais correcta e rápida para o cálculo das órbitas e o mesmo a partir do de Du Séjour não pode ser invocado.»* (tradução nossa) [W. Fabritius 1883, p.94].

Franz Xaver von Zach, um profundo conhecedor da literatura científica do tema, aplica o método de Olbers à determinação da órbita do cometa de 1779 – *"o qual tinha ilustrado a dúvida de tanto astrónomo e que era a pedra de embate de todos os métodos de cálculo--*, concluindo da sua facilidade: *"Espero que não se precise de nenhuma desculpa por se ver impresso o presente e excelente trabalho. O editor espera antes ter ganho o agradecimento de todos os astrónomos e amantes da arte das estrelas, por lhes ter dado para as mãos um tratado tão profundo, útil e compreensível sobre o cálculo do percurso dos cometas"* (tradução nossa) [W. Olbers 1797, pp.iii-xxxii]. O que prova que o *'segundo método'* de Du Séjour caiu mesmo, 15 anos após a sua publicação, no completo esquecimento.

Quanto ao método de Monteiro da Rocha sabemos que tem fortes semelhanças com o método de Olbers. Ambos se caracterizam pelo estabelecimento de uma relação aproximada entre duas distâncias geocêntricas do cometa e o uso do teorema de Euler-Lambert. Na realidade as diferenças entre os dois métodos residem no facto de que Monteiro da Rocha emprega: 1) uma relação aproximada entre as distâncias geocêntricas do lugar do meio e de um dos lugares extremos do cometa; 2) e da equação de Euler-Lambert escrita não na sua forma habitual mas a que se obtém quadrando os

[36] São elas: $\Delta'''= P\Delta'$;
$F = 1 + P^2 - 2P[\cos L' \cos L''' \cos(B'''-B') + \sin L' \sin L''']$;
$G = \cos L'[T' \cos(B'-A') - T''' \cos(B'-A''')] + P \cos L'''[T''' \cos(B'''-A''') - T' \cos(B'''-A')]$;
$H = T'^2 - 2T'T''' \cos(A'''-A') + T'''^2$;
$\Delta'(\Delta' - \frac{2}{F}G) + \frac{1}{F}(H - c^2) = 0$;
$R' = \sqrt{\Delta'[\Delta' - 2T' \cos L' \cos(B' - A')] + T^2}$;
$R''' = \sqrt{\Delta'[P^2\Delta' - 2PT''' \cos L''' \cos(B''' - A''')] + T'''^2}$;
$c^2 = \frac{4\vartheta^2 s^2 r}{R'+R'''}(1 + \Omega)$;
$\Omega = \frac{1}{3}\frac{\vartheta^2 s^2 r}{(R'+R''')^3}$.

dois membros do teorema. Já o método de Olbers é caracterizado pelo emprego de: uma relação aproximada entre as distâncias geocêntricas das posições extremas; e do teorema de Euler-Lambert na sua forma habitual.

No que diz respeito à memória de Monteiro da Rocha não sabemos se a que foi impressa em 1799 foi a mesma que havia sido lida na sessão de 1782, porém é um facto que em várias ocasiões Monteiro da Rocha teve intenção de reformular o trabalho original. Tenha a memória sido reformulada, ou não, à luz dos trabalhos de Tempelhoff, de Du Séjour, ou de Pingré (que no seu *Cometrographie* analiza criticamente uma série de métodos de outros autores), a verdade é que o trabalho de Monteiro da Rocha encerra em si, tal como o de Olbers, uma solução fácil, prática, cómoda e fiável para determinar a órbita parabólica de um cometa – solução essa que nenhum dos autores mencionados conseguiu.

Resta-nos uma última dúvida teria Monteiro da Rocha conhecido o método de Olbers, pois este foi publicado dois anos do seu? A impressão tipográfica do tomo II das Memórias da Academia das Ciências de Lisboa deve ter sido em 1798 como se depreende da carta de Monteiro da Rocha de 11 de Dezembro de 1797[37].

Não sabemos responder mas não o cremos[38]. Os dois trabalhos apresentam uma grande diferença formal.

[37]No prefácio que faz à obra, datado de 16 de Maio de 1797, von Zach diz que já trocava correspondência com Olbers há bastante tempo. E que Olbers havia mencionado ter criado um método que aplicara *"ao cometa descoberto por ele [Olbers] no ano passado"* (esse cometa deve ser com toda a certeza o cometa que Olbers descobrira a 31 de Março de 1796), depreendemos assim que o método de Olbers será de 1795-96.

[38]Porém é de fazer notar que von Zach no seu Monatliche Correspondenz (1801) dá notícia do trabalho de Monteiro da Rocha: *«17) Bestimm. der Comtenbahnen von Monteiro da Rocha. Diefe Abhandlung ward im Jahr 1782 der Academie vorgelegt. Er hat seine Methode mit Erfolg auf die Cometen von 1759 und 1780 angewandt; allein man hat jetzt kurzere Methoden. Der Versasser handelt am Ende von der Bestimmung der elliptischen Bahnen.»* [von Zach 1801, p.355] – mas não terá passado de uma nota informativa sem conhecimento do verdadeiro conteúdo do trabalho.

Capítulo 18

Considerações finais

Após o itinerário realizado, ao longo desta dissertação, pela actividade científica de José Monteiro da Rocha, tentaremos agora proceder a uma síntese integradora sobre esse mesmo percurso. Esta incorpora algumas conclusões conseguidas com base numa visão de conjunto da vida e acção de Monteiro da Rocha.

Devido ao seu percurso de vida, que de jesuíta o leva a pombalino ferrenho, Monteiro da Rocha sempre foi visto pela historiografia portuguesa como uma figura pouco querida e no mínimo intrigante. Tal prende-se, em nossa opinião, às matrizes ideológicas profundas da historiografia da cultura e da inteligência portuguesa que, quando se debruçava sobre a vida e obra de Monteiro da Rocha, ficava presa ao episódio da polémica travada entre este e Anastácio da Cunha. De um lado o pensamento ligado à Maçonaria e ao anticlericalismo de que Anastácio seria representante e do outro o pensamento clerical jesuítico de Monteiro da Rocha. O facto de este ser um trânsfuga, de ter abandonado a Companhia de Jesus em vez de como bom jesuíta ter sofrido as agruras do exílio, trazia razões de sobra para que também no contexto próprio da historiografia da Companhia de Jesus fosse figura não grata. Assim se explica os poucos estudos profundos sobre a obra científica (quando comparado com o seu contemporâneo Anastácio da Cunha) de um homem cujo papel na história da ciência portuguesa e na sua institucionalização foi relevante e fundamental.

De facto, no campo específico da Astronomia, Monteiro da Rocha é autor de uma obra científica basilar para a construção do saber astronómico português e que caracterizará a astronomia nacional pelo menos até ao advento da Astrofísica nos anos 1850-60.

Destacaremos de seguida alguns aspectos que nos parecem relevantes por constituírem as principais linhas de força que caracterizam a personalidade e actividade científica de José Monteiro da Rocha.

José Monteiro da Rocha é possuidor de uma sólida formação inicial adquirida no seio da Companhia de Jesus, que se revela desde logo nos seus trabalhos de juventude, dos quais o *'Sistema físico-matemático dos Cometas'* e o *'Método de achar a longitude geográfica'* são exemplos, e que claramente se reflecte em toda a sua obra científica. Estes trabalhos iniciais mostram-se importantes a vários níveis, que ultrapassam em muito o âmbito estrito da sua obra científica, pois fornecem pistas relevantes acerca da circulação do saber e do ensino ministrado na Companhia de Jesus.

No *'Sistema físico-matemático dos cometas'*, escrito com o objectivo de instruir os leitores no cálculo astronómico e reforçar a verdadeira concepção sobre a natureza destes corpos celestes, Monteiro da Rocha mostra-se possuidor de uma sólida formação técnica e um newtoniano convicto, facto que por si só indicia que as modernas teorias cosmológicas seriam leccionadas e defendidas por alguns membros da Companhia.

O trabalho *'Método de achar a longitude geográfica'* é também ele paradigmático da excelência da formação obtida por Monteiro da Rocha; nele sobressai, desde logo, um conhecimento profundo e um domínio científico e técnico das soluções do problema da determinação das longitudes, que na altura era o centro do debate e da experimentação por parte da comunidade astronómica e náutica. Este conhecimento de Monteiro da Rocha não é só teórico, é também um conhecimento prático adquirido com o exame que faz das técnicas observacionais por si realizadas *«várias vezes no mar, e na terra»* e que se evidencia no modo como manipula as ferramentas de cálculo matemático, necessárias para o estabelecimento dos algoritmos dos vários métodos por ele propostos como solução para o problema das longitudes. Estes métodos são destinados, sobretudo, aos marinheiros cujo domínio matemático é muito reduzido – *«Um astrónomo, com um bom instrumento na mão, por qualquer método pode determinar a Longitude no mar com a exacção que se carece na praxe da navegação. A dificuldade está em dar um método, pelo qual se governe o piloto com segurança, sem ter a ciência do Astrónomo»* –, o que faz com que Monteiro da Rocha se preocupe de sobremaneira com a inteligibilidade daquilo que escreve. Ao longo de todo o manuscrito é constante o cuidado e a clareza do discurso, explicitando-se conceitos técnicos e matemáticos, constantes do método de determinação das longitudes pelas distâncias lunares, que certamente eram ignorados na prática da navegação da época.

Do que acabámos de expor fica bem patente a vertente didáctico-pedagógica de Monteiro da Rocha, uma característica que o acompanhará ao longo de toda a sua obra e que se manifesta de forma bem clara na sua participação na elaboração e redacção dos Estatutos da Faculdade de Matemática.

O Marquês de Pombal orquestrou uma propaganda feroz anti-jesuíta, na qual desdenhava da qualidade do ensino e da actividade científica da Companhia de Jesus, com o fito bem definido de a extinguir, atribuindo-lhe a culpa do atraso científico e cultural vivido em Portugal. Esta campanha demolidora teve também como objectivo legitimar uma reforma no plano da educação, afastando o protagonismo dos jesuítas e substitui-lo pela intervenção do Estado. Lembramos que aquando da expulsão dos inacianos, em 1759, cerca de 85% do ensino ministrado em Portugal estava a seu cargo.

Neste contexto o Marquês e a Junta de Providência Literária desencadeiam uma Reforma profunda do ensino universitário português, a fim de ultrapassar de vez o *'desfasamento cultural entre Portugal e a Europa'*. Com esta Reforma pretendia-se, entre outras coisas, construir uma Universidade aberta às ciências naturais e ao método experimental, em que todas as matérias estudadas fossem iluminadas pela luz da razão. A matemática é exemplo paradigmático do esforço racionalista subjacente a este projecto reformista, recordemos que a cadeira de Geometria era comum a todos os cursos das várias Faculdades. A Universidade, colocada nas mãos do Estado, seria uma ferramenta insubstituível e indispensável para a desejada edificação de uma sociedade moderna, 'Iluminada' pela ciência e pelo progresso tecnológico.

Como vimos, esta Reforma Pombalina assenta numa violenta ofensiva contra o ensino dos jesuítas, considerado pobre, antigo, escolástico e avesso às mais modernas teorias científicas. Porém, surpreendentemente, deparamo-nos com Monteiro da Rocha, um ex-jesuíta, como um dos principais actores dessa mesma Reforma. Como poderemos compreender esta participação de Monteiro de Rocha?

Primeiro, devemos rejeitar a visão redutora da historiografia clássica acerca da actividade dos jesuítas e realçar que no seio da Companhia já se realizavam trabalhos de grande fôlego, assentes numa matriz científica moderna. Prova disso mesmo são os trabalhos de juventude de Monteiro da Rocha, aos quais nos referimos acima, assim como, entre outros, os de Inácio Monteiro (1724-1812). Monteiro da Rocha fará, com toda a certeza, parte do grupo que, no seio da Companhia de Jesus, é defensor de uma linha inovadora e moderna que de certa forma, antes das reformas de Pombal, se começa já a operar na Assistência Portuguesa da Companhia. Além disso, Monteiro da Rocha está a par dos maiores problemas e dos avançados progressos científicos do seu tempo e vê a Ciência e a Matemática não só como instrumentos para a resolução de problemas, mas sobretudo como saberes fundamentais para a edificação do conhecimento da natureza e da sociedade.

Monteiro da Rocha participa activamente na Reforma colaborando na redacção dos Estatutos Pombalinos, com um papel determinante no que diz respeito à Faculdade de Matemática, o *'Curso Mathematico'* tal como os Estatutos o definem concretiza de forma vincada o corpus científico iluminista do século XVIII de matriz francesa, aplicando as ideias modernas de D'Alembert e de outros seus condiscípulos, autores paradigmáticos do iluminismo francês, do qual os Estatutos mostram ser herdeiros.

O programa curricular elaborado das diferentes cadeiras da Faculdade de Matemática tem como matriz o *Cours* de Étienne Bezout e é inspirado também em algumas obras de Nicolas Louis de Lacaille, que na altura eram o que de mais moderno se publicou e que ele traduziu. Esses compêndios traduzidos com cuidado e rigor seriam os manuais adoptados para o ensino das diferentes disciplinas.

A Universidade será central na vida Monteiro da Rocha e o seu grande desafio vai ser o de realizar o ideal pombalino.

O seu empenho na prossecução deste ideal é uma evidência que se pode constatar no modo como dinamizou a Universidade, quer no domínio institucional quer no domínio científico e lectivo. Monteiro da Rocha, pela sua obra e actividade, personificará, ele mesmo, o espírito da Reforma Pombalina.

No domínio científico, a obra de Monteiro da Rocha caracteriza-o fundamentalmente como um astrónomo e um matemático prático.

Nos seus trabalhos de matemática aplicada – quadraturas e determinação de volumes de pipas e tonéis – é bem evidente a sua preocupação com a precisão e rigor dos resultados numéricos bem com o modo como estes são obtidos. No caso do seu trabalho das pipas e tonéis está patente a dimensão prática da matemática e a sua aplicabilidade na resolução de problemas concretos do dia-a-dia.

Como astrónomo a contribuição científica de Monteiro da Rocha é bem mais relevante e significativa.

São vários e extensos os trabalhos de astronomia teórica e prática que escreve e publica. O seu empenho para com a Astronomia revela-se desde logo nos trabalhos de juventude já citados; não será por isso de estranhar, como muito bem nota Valter Roque [Valter Roque 2003, p.150], que os Estatutos determinem a necessidade e urgência da criação de estudos astronómicos universitários e de um observatório astronómico. O OAUC, cuja concretização efectiva foi essencialmente da responsabilidade de Monteiro da Rocha, não se reduz a um observatório típico de carácter universitário, direccionado exclusivamente para a vertente lectiva. Acima de tudo, o Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, com um programa bem definido de elaboração e publicação de efemérides astronómicas *«para uso da Navegação Portuguesa»*, torna-se uma instituição nacional de carácter científico e, por essa razão, não é de estranhar que, como afirma Ramos Bandeira, a actividade da Faculdade de Matemática tenha gravitado *«muito em redor do seu Observatório»* [Ramos Bandeira 1943-47, p.102].

O contributo de Monteiro da Rocha é estruturante para o progresso da astronomia portuguesa, pois estabelece métodos matemáticos e práticas astronómicas essenciais para o cálculo e a elaboração das emblemáticas *'Ephemerides Astronomicas'*, que o OAUC começa a publicar logo a partir de 1803, bem como para a solução de outras questões astronómicas. O trabalho da *'Determinação das órbitas dos cometas'* é um exemplo que ilustra bem a sua qualidade científica, ao resolver um dos maiores problemas da astronomia teórica da época. Este contributo é, ainda, reforçado com o exercício da sua função de professor, que faz dele o responsável pela formação científica dos futuros astrónomos portugueses.

A actividade de Monteiro da Rocha revelou-se-nos tão versátil e extensa que dificilmente poderia ter sido totalmente abrangida num trabalho como este, tendo ficado, inevitavelmente, diversos aspectos em aberto, por essa razão, mais do que um ponto de chegada, este nosso trabalho deve ser tido como mote para futuros desafios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREVIATURAS

ACL – Academia das Ciências de Lisboa

AHM – Arquivo Histórico e Militar

ANRJ – Arquivo Nacional [Brasil, Rio de Janeiro]

ANTT – Arquivo nacional Torre do Tombo

AUC – Arquivo da Universidade de Coimbra

BA – Biblioteca da Ajuda

BCM – Biblioteca Central da Marinha

BGUC – Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra

BL – Bureau des Longitudes [França, Paris]

BNP – Biblioteca Nacional de Portugal

BNRJ – Fundação Biblioteca Nacional [Brasil, Rio de Janeiro]

BPE – Biblioteca Pública de Évora

MNMC – Museu Nacional Machado de Castro

OAUC – Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra

FONTES MANUSCRITAS

[ACL Liv.36b] Liv.36 B da Secretaria da Academia das Ciências de Lisboa, 21-02-1861

[ACL Ms Azul 1462] Rocha, José Monteiro da; Determinação das orbitas dos Cometas, [por] D.r José Monteiro da Rocha [s.l., s.d.], caderno [original], capilha de papel. fls. presos por uma tacha, 4º [221X173mm], com 4 fls. de texto nums. a lápis (incluindo o rosto) + 4 fls. em branco inums.

[ACL Ms Azul 1944] Correspondência da Academia Real das Ciências de Lisboa desde 1780 até 1790

[ACL Ms Azul 1945] Correspondência da Academia Real das Ciências de Lisboa desde 1790 até 1800

[ACL Ms Azul 352 (12)] Parte de hûa carta do D.r Jose Monteiro da Rocha em data de 6 de Fev.ª de 1786 na qual se contem algumas observaçoens curiosas sobre a Regra das Quadraturas approximadas de M. Fontaine / [por] D.r. Jose Monteiro da Rocha»; [s.l.], 6 de Fevereiro de 1786 [MANUSCRITO], in Memorias de Mathematica offerecidas à Academia R. das Sciencias que não forão julgadas poder entrar nas suas Collecçoens. Tomo 1.º / [por diversos autores]; [s.l.], 1813», fls.108-119

[ACL Ms Azul 975] [Cartas acerca dos estatutos da Academia Real das Ciências] / [por] José Mont.ro da Rocha — Coimbra, 28-12-1783 e 26-12-1784 — 4 fls. de texto nums. a lápis + 2 fls. de texto nums. a lápis; 2º [337 x 219 mm]. CÓDICE [Originais]. Enc. moderna com lombada a imitar pele. Pastas de papel de fantasia. Conserva uma capilha antiga. Autógrafas assinadas.

[ACL Ms. Azul 1463] Tabulæ pro Calculo Eclipsium / [por] José Monteiro da Rocha [autógrafo, s.l., s.d.] (21 fls. de texto nums. a lápis azul, incluindo o rosto; 4º: 220×176 mm). MANUSCRITO

[ACL Ms. Azul 1464] Formulae Supputandis Eclipsibus accomodatæ / [por] Josepho Monteiro da Rocha [autógrafo, s.l., s.d., em latim] (46 fls. de texto nums. a lápis azul, incluindo o rosto; 4º: 214×157 mm], cadernos juntos por uma tacha

[ACL Ms. Azul 1466] Calculo dos Eclipses sujeitos às parallaxes/ [por José Monteiro da Rocha] [autógrafo não assinado, s.l., s.d.] [12 fls. de texto nums. a lápis azul; 4º: 220×173 mm]

[ACL Ms. Azul 1944] Correspondência da Academia Real das Ciências de Lisboa desde 1780 até 1790, Lisboa, Coimbra […], 1780-1790 - 1 fl. em branco inum + 517 p. de texto nums. a lápis + 2 fls. em branco inums.; 2º [350 x 220 mm].

[ACL Ms. Azul 207] Exposição dos Methodos Particulares, de que se faz uso no calculo destas Ephemerides / [por] José Monteiro da Rocha, [s.l., s.d.] – códice [original] encadernado com lombada de percalina. Pastas de papel manchado. [3 fls. em branco inums. + 109 fls. de texto nums. a lápis + 4 fls. em branco inums]

[ACL Ms. Azul 351] Memorias de Math[emática] e Phy[sica] q[ue] não tiveram lugar nas collecões da Acad[emia]. Tomo 1.º / [por vários autores] .— [S.l., sécs. XVIII-XIX] .— 448 fls. de texto nums. a lápis + 1 fl. em branco inum.; 4º [240 x 194 mm].

[ACL Ms. Azul 352] Memorias de Mathematica offerecidas à Academia R. das Sciencias que não forão julgadas poder entrar nas suas Collecçoens. Tomo 1º / [por diversos autores] .— [S.l.], 1813 .— 3 fls. em branco inums. + 1 fl. de rosto inum. + 323 fls. de texto nums. a lápis, incluindo um index + 2 fls. em branco inums.; 4º [232 x 172 mm].

[ACL Ms. Azul 371] Elementos de Mathematica / [por] José Monteiro da Rocha .- [S.l., s.d.] .- 3 fls. em branco inums. + 181 fls. de texto nums. a lápis + 1 fl. em branco inum.; 217 x 155 mm].ACL Ms. Azul 397 Elementos de Algebra [s.l., s.d.]

[ACL Ms. Azul 55] ΥΠΟΜΝΗΜΑΤΑ παντοδαπς επιςημς / [por] José Monteiro da Rocha, s.l., s.d.; 1 fl. de título inum. + 24 fls. de texto nums. a tinta, frente e verso, de 1 a 48 + 127 fls. em branco nums. a lápis; 2º [310×213 mm]), códice [cópia?]

[ACL Ms. Azul 794] Auto de abertura de um caixote contendo manuscritos remetidos da Secretaria de Estado dos Negócios do Reino à Academia das Ciências em 1 de Março de 1825 [manuscrito, 1-3-1825], assinado por Mateus Valente do Couto, Alexandre António Vandelli e José Maria Dantas Pereira

[ACL Ms. Azul 975] [Cartas acerca dos Estatutos da Academia Real das Ciências] / [por] José Mont.ro da Rocha — Coimbra, 28-12-1783 e 26-12-1784.— 4 fls. de texto nums. a lápis + 2 fls. de texto nums. a lápis; 2º [337 x 219 mm].

[ACL Processo Académico de José Monteiro da Rocha] Processo Académico de José Monteiro da Rocha

[AHM DIV. 1-13-03-06] Relação das memórias, e trabalhos apresentados à Sociedade Real Marítima em o ano de 1801

[ANRJ Cod.807 v.23 Colecção NP diversos códices]

[ANTT Mç. 512] Ministério do Reino Documento, de 10 Junho de 1782, com parecer de Monteiro da Rocha, Vandelli e António José Pereira sobre «a maneira de erguer as Faculdades de Sciencias»

[ANTT Mç. 513 Ministério do Reino] Pasta da Secretaria de Estado dos Negócios do Reino

[ANTT Mç. 517 Ministério do Reino Documento] Balanço da Receita e Despesa da Fazenda da Universidade

[ANTT Registo Geral Mercês D. Maria I, Liv. 30]

[AUC Cx. 164 Processo do Professor Manuel Pedro de Mello] Processo do Professor Manuel Pedro de Mello

[AUC Cx. 265 Processo do Professor José Monteiro da Rocha] Processo do Professor José Monteiro da Rocha

[AUC Cx. IV-1ªE-10-4-1] Repartições da Universidade - Folha de Expediente (1777, 1779-1786).

[AUC Cx. IV-1ªE-8-5-20] Despesas do Observatório Astronómico

[AUC Cx. IV-2ºE-10-4-25] "Apontamentos referentes a Leis, Estatutos e Regulamentos do Observatório Astronómico"

[AUC Cx. Processo de Miguel Franzini] Processo de Miguel Franzini

[AUC Depósito I, n.95] Manuel de Sá e Mello, Cidade Universitária de Coimbra - Memória, Março de 1944

[AUC IV-1ªE-10-2-19] "Índex Alfabético do 1º Livro do Registo das Folhas de Despesa que se tem feito pela Casa da Administração das Obras, nas diversas Repartições da Universidade"

[AUC IV-1ªE-12-5-2] Obras: Despesa dos diversos Estabelecimentos Universitários

[AUC IV-1ªE-12-5-3] Obras: Despesa dos diversos Estabelecimentos Universitários

[AUC IV-1ªE-12-5-4] Obras, Despesa dos diversos Estabelecimentos Universitários

[AUC IV-1ªE-1-4-8] Documentos da Imprensa da Universidade de Coimbra

[AUC IV-1ªE-15-2-43] Junta da Fazenda, Registo de Ordens e Portarias para a Universidade de Coimbra (Casas da Universidade, Colégios, Faculdades, Tipografia) 1789-1835

[AUC IV-1ªE-8-3-4] Legislação Académica

[AUC IV-1ªE-8-5-20] Despesas do Observatório Astronómico

[AUC IV-1ºD-II-I-37] Livro de Provas de Curso ano 1767-1768

[AUC IV-1ºE-12-4-19] Contadoria da Junta de Administração e Arrecadação da Fazenda - Folha Geral das despesas do Expediente da Universidade nas suas Diversas Repartições, 1776-1778

[AUC IV-1ºE-12-4-20] Fazenda - Tesouraria Geral da Junta da Fazenda: folha geral das despesas do expediente da Universidade e suas Repartições - folha mensal da despesa extraordinária: 1778-1782

[AUC IV-1ºE-1-4-7] Imprensa, vária documentação (Conta da Typographia Académica da Universidade de Coimbra, pertencente ao ano de 1775

[AUC Liv.1-10-2-15] Universidade de Coimbra, Administração e Contabilidade, Obras, Observatório Astronómico. Despesas com Obras

[AUC Livro de Actos e Graus (1769-1770)] Livro de Actos e Graus (1769-1770)

[AUC Livro de Matrículas (1767-1768) Secção de Cânones] Livro de Matrículas (1767-1768) Secção de Cânones

[AUC Livro de Matrículas (1768-1769) Secção de Cânones] Livro de Matrículas (1768-1769) Secção de Cânones

[AUC Livro de Provas] Livro de Provas [anos vários]

[AUC Livro de Receita e Despesa (1774-75)]

[AUC Livro de Receita e Despesa (1786)]

[AUC Livro de Receita e Despesa (1790)]

[AUC Livro de Receita e Despesa (1804)]

[AUC Livro de Receita e Despesa n.4 (1780-1781)]

[AUC Livro de Receita e Despesa n.5 (1782-1784)]

[AUC Livro de Receita e Despesa n.6 (1785)]

[AUC Universidade de Coimbra, Administração e Contabilidade, Obras, Observatório Astronómico, Despesas com Obras, Livro I, II, III]

[BA 52-XIV-35 (42)] Catálogo alfabético […] da Biblioteca do Conselheiro Doutor José Monteiro da Rocha

[BA 54-VI-12 (155)] Cartas de Luís Santos Marrocos para seu pai

[BCM 2R737-04] «Relação das memórias, e trabalhos apresentados à Sociedade Real Marítima em o ano de 1802; Lisboa MDCCCIII, Na Regia Officina Typografica, com licença de Sua Alteza Real»

[Bernardo Leal 1798] Leal, Bernardo; Bibliotheca Mathematica e Filosófica, na qual por ordem Alfabética se indicam as Matérias, e se apontam os Livros que delas tratam nestas Sciencias, que tem a Bibliotheca Publica da Universidade de Coimbra até ao anno de 1798 e se especificam as obras, tomos, e paginas em que as mesmas Matérias se acham escritas. Por Bernardo Alexandre Leal, Bacharel Formado em Cânones e subalterno da Bibliotheca da mesma Universidade, 2vols. [de A-I, v.1; de L-Z, v.2], BGUG Secção de Reservados e Manuscritos

[Bernardo Leal] [BGUC Ms. 64 e Ms. 65] "Catalog Auctor Sciencias Naturaes", 2vols. [v.1 A-L, v.2 L-Y]

[BGUC Ms. 2530 (36)] Papéis relativos à Instrução Pública destes Reinos – (36): "Representação dos estudantes do 4º ano matemático pedindo a transferência da aula de Astronomia Teórica"

[BGUC Ms. 3152] "Figuras de Mechanica" [113 fls., 485×378mm]

[BGUC Ms.3153] “Figuras de Hydrodynamica” [107 fls., 482×370mm]

[BGUC Ms. 3154] Figuras da Optiqua [Figuras para o estudo da Física] [manuscrito 1 g., 1 f, 2-123, 1 g.; 478x385 mm.]

[BGUC Ms. 3377 (41)] «Planta do Castelo e Casas a ele contíguas em a Universidade de Coimbra» [Elsden 1773]

[BGUC RB-32-17 (23)] “Projecto da Reforma da Faculdade de Mathematica da Universidade de Coimbra”. Coimbra: Imprensa da Universidade, 1887

[BL Procês-Verbaux] Procês-Verbaux du Bureau des Longitudes

[BL] Recueils des minutes de procès-verbaux du Bureau des longitudes

[BNP 691 PBA] Diário do que se passou na cidade de Coimbra, desde 22 de Setembro de 1772 a 24 de Outubro de 1772 em que o Ilustrissimo e Excelentissimo Senhor Marquês de Pombal entrou, até o dia 24 d’Outobro, em que partio da dita cidade

[BNP Ms. PBA 691] “Diário do que se passou na cidade de Coimbra desde 22 de Setembro de 1772 a 24 de Outubro de 1772”

[BNP Ms. 1570]“Relação das memórias apresentadas à Sociedade Real Marítima desde a sua instalação, O secretário Francisco de Paula Travassos, na Oficina da Casa litteraria do Arco do Cego, 1799. De Ordem de S.A.R.”; “Continuação da relação das Memórias Apresentadas à Sociedade Real Marítima por membros da mesma Sociedade”

[BNP Ms. 511] Monteiro da Rocha, José; Methodo // De achar a Longitude Geografica // no mar e na terra // Pelas observaçoens e calculos da Lua // Para o uso da navegação Portugueza // pelo // P. Jozé Monteiro da Rochano Mar e na Terra [s.d., s.l], 223fls.

[BNRJ Cofre v.24 Inv.1.093.803AA] “Album: Elsden, Guilherme; «Planta do Colégio que foi dos poscritos…” [Planta VI: «planta do castelo destinado ao Observatório Astronómico»; Planta VII: «secção vertical do dito»; Planta VIII: «secção do dito Castelo sobre as linhas AA, BB»; Planta IX: «desenho para o observatório novo em cima da torre nova do mesmo castelo»; Planta X: «risco do quadrante mural copiado do que se acha no real observatório da vila de Greenwich com a descrição da construção, uso dele em observações astronómicas»]

[BNRJ Ms. 19-01-026] Escritos sobre matemática, [de] José Monteiro da Rocha

[BNRJ Ms. I-32.29.053 (Colecção Portugal)] Carta de José Monteiro da Rocha sobre as Academias da Marinha e o Colégio das Artes, Lisboa, 5 de Fevereiro de 1798, 3 pp.

[BPE COD. CXXVII/1-8 (1561)] Cartas de Frei Manuel do Cenáculo.

[BPE Fundo Manizola no 5060] Rocha, José Monteiro da; “Sistema Physico Mathematico dos Cometas” [Baía, s.d.]

[Guilherme Elsden 1773] Elsden, Guilherme; 'Jornal de Guilherme Elsden', in [ANTT Mç.513 Ministério do Reino]

[MNMC Inv. 2945/DA 23] Alçado do Observatório Astronómico da Universidade, «Por Ordem do Ill.mo e Ex.mo Senhor Marques de Pombal, Ministro e Secretario de Estado Visitador da Universidade de Coimbra, Plenipotenciário, e Lugar Tenente de Sua Majestade na nova fundação da Universidade de Coimbra Projecto Principal do Observatório Astronómico da mesma Universidade [Elsden, c.1773]

[OAUC Arquivo D-003] “Planta do Observatório Astronómico, 1788 [s.n.]”

[OAUC Arquivo D-008] “Prospecto ou vista do milhoramento do Observatorio da Universidade de dentro do seu pátio”

[OAUC Arquivo G-006] “Observatorium Conimbricense Academian Moderante Ex.mo ac Rmo D. D. Francisco Raphaele de Castro Ex Comitibus Resendiensibus, A Regiis Consiliis, S. E. P. Lisbon principali, Anno M.DCC.XCII exstructum [1792]”

[OAUC Inventário 1810] “Catálogo i enventario no obseruatorio da universidade” [1810]

[OAUC Inventário 1824] “Inventario dos instrument. livros e moveis do Observator. R. da Universidade de Coimbra em 1824”, 1824

[OAUC R-F-9] Figuras de Astronomia [s.d, s.n] [482×370mm]

FONTES IMPRESSAS:

[A. Balbi 1822] Balbi, Adrien. Essai Statistique sur le Royaume de Portugal et d'Algarve, 2 vols. Paris, 1822

[A. Chapman 1976] Chapman, Allan; "Astronomia practica: The principal instruments and their uses at the Royal Observatory", Vistas in Astronomy 20:1 (1976), pp.141-156

[A. Chapman 1983] Chapman, Allan; "The accuracy of angular measuring in astronomy 1500-1850"; JHA, xiv (1983), pp.133-137

[A. Chapman 1993] Chapman, Allan; "The Victorian Amateur Astronomer: William Lassell, John Leach, and their worlds"; 1994 Yearbook of Astronomy (Patrick Moore, ed.), pp.159-177. London, 1993

[A. Chapman 1998] Chapman, Allan;"Transit Instrument", Instruments of Science, an Historical Encyclopaedia (Robert Bud e Deborah J. Warner, ed.), pp.630-632. London: Garland Publishing Inc., 1998

[A. Charles 1874-78] Rayet, Georges; Charles, André; L'astronomie pratique et les observatoires en Europe et en Amérique, depuis le milieu du XVIIe siècle jusqu'à nos jours, 5 vols. [première partie: l'Angleterre (1874); deuxième partie: Ecosse, Irlande et colonies Anglaises (1874); troisième partie : Etats Unis d'Amérique (1877); quatrième partie: observatoires de l'Amérique du Sud. Etablissements météorologiques des Etats-Unis (1881); cinquième partie: observatoires d'Italie (1878)], Paris, Gauthier Villars, 1874-78

[A. Correia 2011] Correia, Arlindo;"O Reino da Estupidez", 18-3-2011 [http://www.arlindo-correia.com/180311.html]

[A. Costa 1986] Costa, A.M. Amorim da;"Thomé Rodrigues Sobral (1759-1829) - A Química ao serviço da Comunidade", História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal. Publicações II Centenário da Academia de Ciências de Lisboa, v.1, pp.373-401, Lisboa: ACL, 1986

[A. Costa 2000] Costa, A.M. Amorim da;"As ciências naturais da reforma pombalina da universidade 'estudo de rapazes, não ostentação de príncipes", in [Cristina Araújo 2000, pp.165-192]

[A. Cournot 1844] Cournot, A. A.; "D'Alembert"; Dictionnaire des sciences philosophiques de Adolphe Franck, tome I, pp. 55-57. Paris: Hachette, 1844

[A. Felkel 1776] Felkel, A.; Tabula omnium factorum simplicum numerorum per 2, 3, 5 non divisibilium, ab 1 usque 10 000 000

[A. Fontaine 1764] des Bertin, Alexis Fontaine; "Nouvelle Méthode d'approximation pour la solution dès Problèmes qui se réduisent aux Quadratures", Mémoires donnés à l'Académie Royale dès Sciences, non imprime dans leur tempes par M. Fontaine, de cette Académie, pp.370-387. Paris, 1764

[A. Fontaine 1770] des Bertin, Alexis Fontaine; Traité de calcul différentiel et intégral, par M. Fontaine, de l'Académie Royale des Sciences. Pour servir de suite aux Mémoires de la même Académie. Paris, 1770

[A. Guillemin 1866] Guillemin, Amédée; The Heavens: An Illustrated Handbook of Popular Astronomy, London: Richard Bentley, 1866

[A. Harden 2010] Harden, Alessandra Ramos de Oliveira; "Manoel Jacinto Nogueira da Gama: Ciência e Tradução no final do século XVIII", Tradução em Revista 1 (2010), pp.1-19

[A. Kriloff 1925] Kriloff, A. N.; "On Sir Isaac Newton method of determining the parabolic orbit of a comet"; Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 85 (1925), pp.640-656.

[A. Lois 2005] Lois, Ann Swanick; An analysis of navigational instruments in the Age of Exploration: 15th century to mid-17th century. Master's thesis, Texas A&M University, 2005 [versão on-line http : / /hdl.handle .net /1969 .1 /3235]

[A. Mallama 1996] Mallama; A.; "Schroeter's Effect and the twilight model for Venus"; Journal of the British Astronomical Association, 106 n.1 (1996), p.16-18

[A. Meskens 1994] Meskens, Ad; "Wine gauging in late 16th- and early 17th-Century Antwerp"; Historia Mathematica 21:2 (1994), pp.121-147

[A. Milin 1805] Milin, A.; Magasin Enciclopedic, v.1; Paris: L' imprimiere de Delance, 1805

[A. Pannekoek 1989] Pannekoek, A.; A History of Astronomy, N.Y.: Dover, 1989

[A. Ramires 2006] Ramires, Ermelinda Antunes e Alexandre; Passado ao Espelho: máquinas e imagens das vésperas e primórdios da Photographia. Coimbra: Museu de Física da UC, 2006

[A. Rivarol 1784] Rivarol, A.; Discours sur l'universalité de la langue française, 1784

[A. Serra de Mirabeau 1872] Mirabeau, Bernardo António Serra de, Memoria Histórica e Commemorativa da Faculdade de Medicina, desde a Reforma da Universidade em 1772 até o presente, Coimbra: Imprensa da Universidade, 1872

[A. Silva 1828a] Silva, António Delgado da; Collecção da Legislação Portugueza, desde a última Compilação das Ordenações, Legislação de 1775 a 1790, Lisboa, 1828

[A. Silva 1828b] Silva, António Delgado da; Collecção da Legislação Portugueza, desde a última Compilação das Ordenações, Legislação de 1791 a 1801, Lisboa, 1828

[A. Silva 1829] Silva, António Delgado da; Collecção da Legislação Portugueza, desde a última Compilação das Ordenações, Legislação de 1763 a 1774, Lisboa, 1829

[A. Silva 1830] Silva, António Delgado da; Collecção da Legislação Portugueza, desde a última Compilação das Ordenações Legislação de 1750 a 1762, Lisboa, 1830

[A. Silva 1842] Silva, António Delgado da; Collecção da Legislação Portugueza, desde a última Compilação das Ordenações, Suplemento à Legislação de 1750 a 1762, Lisboa, 1842

[A. Silva 1844] Silva, António Delgado da; Collecção da Legislação Portugueza, desde a última Compilação das Ordenações, Suplemento à Legislação de 1763 a 1790, Lisboa, 1844

[A. Stimson 1985] Stimson, A. N.; "Some board of longitude instruments in the nineteenth century"; Nineteenth-Century Scientific Instruments and their makers: Papers presented at the Fourth Scientific Instruments Symposium (Ed. by P.R. de Clercq), Amesterdan, 1985

[A. Teixeira 1888-90] Teixeira, António José; "Cartas do Dr. José Monteiro da Rocha a D. Francisco de Lemos de Faria Pereira Coutinho"; O Instituto: jornal scientifico e litterario, vol. XXXVI (1888-1889), pp.305-310, pp.372-376, pp.449-454, pp.509-514, pp.587-593, pp.657-663, pp.732-736, pp.793-798; Vol. XXXVII (1889-1890), pp.53-57, pp.128-132, pp.197-204, pp.268-275, pp.338-340, pp.475-479, pp.560-564, pp.622-628, pp.709-714, pp.799-804, pp.881-884

[A. Teixeira 1889] Teixeira, António José; "A Livraria da Universidade", O Instituto: Jornal Scientifíco e Litterário 37:5 2ª série (1889), p. 305-312

[A. Teixeira 1889-90] Teixeira, António José; "Sciencias moraes e sociaes. Apontamentos para a biographia de José Monteiro da Rocha"; O Instituto: jornal scientifico e litterario, v.37 (1889-1890), pp. 65-98

[A. Teixeira 1890-92] Teixeira, António José; "Questão entre José Anastasio da Cunha e José Monteiro da Rocha"; O Instituto: jornal scientifico e litterario, v.38 (1890-1891), pp.20-27, pp.119-131, pp.187-202, pp.268-279, pp.350-357, pp.431-442, pp.512-521, pp.573-576, pp.653-662, pp.739-746, pp.816-820; v.39 (1891-1892), pp.490-497

[A. Turner 2002] Turner, A. J.; “The observatory and the quadrant in eighteenth-century Europe”, JHA, 33 part.4 no.113 (2002), pp.373-385

[A. van Helden 1993] van Helden, Albert; “Longitude and the satellites of Jupiter”, in [William J. H. 1996, pp.85-101]

[A. Vasconcelos 1917] Vasconcelos, António; Diário do que se passou em a cidade de Coimbra, desde o dia 22 de Setembro de 1772, em que o Illustrissimo e Excelentissimo Senhor Marquês de Pombal entrou, até o dia 24 d'Outubro, em que partio da dita cidade, Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 1917

[A. Youschkevitch 1973] Youschkevitch, A. P.; “J. A. da Cunha et les fondements de l'Analyse Infinitésimale”, Revue d'Histoire des Sciences 26 (1973), pp.3-22

[A. Youschkevitch 1978] Youschkevitch, A. P.; “C. F. Gauss et J. A. da Cunha”, Revue d'Histoire des Sciences 31 (1978), pp.327-332

[Abel Rodrigues 2006] Rodrigues, Abel; “O Arquivo do Conde da Barca: mnemósine de um ilustrado”, in [Elfrida Ralha 2006, pp. 63-99]

[Académie Royale Prusse 1780] Dissertations sur la Théorie des Comètes qui ont concouru au prix proposé par l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres de Prusse, Utrecht, 1780

[ACD 1984] Rodrigues, Manuel Augusto; Actas dos Conselhos de Decanos (1778-1784). Índices de Alice Correia Godinho Rodrigues, Coimbra: AUC, 1984

[ACFM 1982-83] Actas das Congregações da Faculdade de Matemática (1772-1820) [v.1 (1982), v.2 (1983)], Coimbra: AUC, 1982-83

[ACL 1780] Plano de Estatutos em que convierão os primeiros Sócios da Academia das Sciencias de Lisboa, com o beneplácito de S. M., Lisboa: ACL, 1780

[ACL 1815] Taboas perpétuas Astronómicas para uso da navegação Portuguesa. Mandadas compilar pela Academia Real das Sciencias de Lisboa, Lisboa: ACL, 1815

[Acta Eruditorum 1709] Acta Eruditorum anno MDCCIX Publicata

[Alberto Prata 1989] Prata, Manuel Alberto Carvalho; Ciência e Sociedade, a Faculdade de Filosofia no período pombalino e pós-pombalino (1772-1820) [Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade de Coimbra], Guarda, 1989

[Alberto Prata 2000] Prata, Manuel Alberto Carvalho; “A Universidade e a Sociedade Portuguesa na 2ª metade do século XVIII”, in [Cristina Araújo 2000, pp.291-315]

[Ana Rosendo 1998a] Rosendo, Ana Isabel; Inácio Monteiro e o ensino da matemática em Portugal no século XVIII, Coimbra: DMUC/CMUC, 1998

[Ana Rosendo 1998b] Rosendo, Ana Isabel; "O Compêndio dos Elementos de Matemática do P. Inácio Monteiro", Revista Portuguesa de Filosofia 54 (1998), pp.319-353.

[Anastácio da Cunha 1790] Cunha, José Anastácio da; Principios Mathematicos para instrucção dos alumnos do Collegio de São Lucas, da Real Casa Pia do Castello de São Jorge […], Lisboa: António Rodrigues Galhardo, 1790

[Anastácio da Cunha 1839] Composições Poéticas do Doctor Joseph Anastasio da Cunha, Natural de Lisboa, Lente de mathematica na Universidade de Coimbra, fallecido no anno de 1787. Agora colligidas pela primeira vez (org. Inocêncio da Silva), Lisboa: Typographia Carvalhense, 1839

[Anastácio da Cunha 1854-56] "Ensaio sobre principios de mechanica, por J. Anastacio da Cunha", O Instituto: Jornal Scientifíco e Litterário, v.4 (1854-1856), pp.212-214, 222-223, 236-238

[Anastácio da Cunha 1987] Cunha, José Anastácio da; Principios Mathematicos, reprodução fac-simile da edição publicada em Lisboa em 1790, Coimbra: DMFCTUC, 1987

[Ângela Domingues 1991] Domingues, Ângela; Viagens de exploração geográfica na Amazónia em finais do século XVIII: política, ciência e aventura, Lisboa: Centro de Estudos de História do Atlântico, 1991

[António Abreu 2004] Abreu, António Graça; D. Frei Alexandre de Gouveia, Bispo de Pequim (1751-1808), Contribuição para o estudo das relações entre Portugal e a China, Lisboa: CEPCEP, 2004

[António Barbosa 1927] Barbosa, António; "Instrumentos náuticos da época dos descobrimentos marítimos: sua importância histórica", O Instituto: Jornal Scientifíco e Litterário, v.74 (1927), pp.470, 481, 485, 491, 495, 501-534

[António Canas 2008] António Costa Canas, "O método das distâncias lunares e o Almanaque náutico", comunicação proferida no 21º Encontro do SNHM, Porto, 14-15 Março de 2008

[António Canas 2009] António Costa Canas, "The introduction of the Nautical Almanac in Portugal", comunicação proferida no History of Astronomy in Portugal: Theories, Institutions and Practices (international conference). Lisboa: Museu de Ciência da Universidade de Lisboa, 24-26 September 2009

[António Leite 1982] Leite, António; "Pombal e o ensino secundário", Revista Brotéria 114:5 (1982), pp.590-606

[António Pimentel 2000] Pimentel, António Filipe; "A cidade do Saber/Cidade do Poder. A Arquitectura da Reforma", in [Cristina Araújo 2000, pp.265-288]

[António Pimentel 2005] Pimentel, António Filipe; A Morada da Sabedoria. O Paço Real de Coimbra: das Origens ao estabelecimento da Universidade, Coimbra, 2005

[António Trojano 1927] Trojano, António; Arithmetica Progressiva, curso completo theorico e pratico de Arithmetica superior preparado para a mocidade brazileira, Rio de Janeiro, 1927

[António Vasconcelos 1988] Vasconcelos, António; Escritos vários relativos à Universidade Dionisiana, (reed. Manuel Augusto Rodrigues [1.ª ed.1938-1941]), 2vols., Coimbra: 1987-1988

[APA 2008] A Barra e os Portos da Ria de Aveiro 1808-1932. Catálogo da Exposição, 3 de Abril a 3 de Maio de 2008 CMA|Galeria da Capitania (Coord. Inês Amorim e João Carlos Garcia), Aveiro: APA – Administração do Porto de Aveiro, Comissão das Comemorações do Bicentenário da Abertura da Barra de Aveiro, 2008

[Aquilino Ribeiro 1932] Ribeiro, Aquilino; Anastácio da Cunha o lente penitenciado (vida e obra). Lisboa: Bertand, 1932

[Arago 1854] Arago, François; Oeuvres de François Arago, Paris: Gide et J. Baudry, Editeurs, 1854

[Araújo de Azevedo 1801] "XVII. Ueber die neuesten Fortfchritte der Portugiesen in der Erd - und Himmels - Kunde; uber die Sternwarte zu Coimbra; uber Pedro Nunnez Schriften, und uber eine seltsame Portugiesische, auf der Hamburger Biblothek aufgefundene geographische Handschrist. Mitgeheit von d'Araújo d'Azevedo, Commandeur des heil. Christ. Ordens, ehemahligem konigl. Gesandten bey der Franzosischen Republik" [Nachrichten aus Portugal], Monatliche Correspondenz, n.XI (fev.) (1801), pp.180-207

[Augusto Leal 1874] Leal, Soares d'Azevedo Barbosa de Pinho; Portugal Antigo e Moderno, Diccionario geographico, Estatistico, Chorographico, Heraldico, Archeologico, Historico, Biographico e Etymologico […], 12vols., Lisboa, 1874

[B. Corbin 2002] Corbin, Brenda; "The Evolution and Role of the Astronomical Library and Librarian", Information Handling in Astronomy - Historical Vistas (André Heck, ed.), v.285, pp.139-157, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003

[B. Lovell 1994] Lovell, Bernard; "The Royal Society, the Royal Greenwich Observatory and the Astronomer Royal", Notes and Records of the Royal Society of London 48:2 (1994), pp.283-297

[B. Marsden 1995] Marsden, Brian G.; “Eighteenth- and nineteenth- century developments in the theory and practice of orbit determination”, The General History of Astronomy, Planetary astronomy from Renaissance to the rise of astrophysics. Part B: The Eighteenth and Nineteenth centuries. 2B, pp.181-190, Cambridge, 1995

[B. Morando 1986] Morando, Bruno; "Détermination de l'orbite d'une comète parabolique", Observations et Travaux 6 (1986), pp.21-31

[B. Morando 1989] Morando, Bruno ; "Détermination d'une orbite parabolique à partir de trois observations", Observations et Travaux 20 (1989), pp.3-11

[B. Morando 1995] Morando, Bruno; “Three centuries of lunar and planetary ephemeris and tables”, The General History of Astronomy, Planetary astronomy from Renaissance to the rise of astrophysics, Part B: the eighteenth and nineteenth centuries. 2B, pp.251-259, Cambridge, 1995

[Baculin et al. 1988] Baculin, Pavel et. al.; Curso de Astronomia, Moscovo: Editora Mir, 1988

[Banha Andrade 1966] Andrade, António Alberto Banha de; Vernei e a Cultura do Seu Tempo, Coimbra, 1966

[Banha Andrade 1981] Andrade, António Alberto Banha de; A Reforma Pombalina dos Estudos secundários (1759-1771), contribuição para a história da pedagogia em Portugal, 2vols., Coimbra: Imprensa da Universidade, 1981

[Barreto Feyo 1857] Feyo, Florêncio Mago Barreto; Memória histórica e descriptiva ácêrca da Bibliotheca da Universidade de Coimbra e mais estabelecimentos annexos […], Coimbra: Imprensa da Universidade, 1857

[BEA 2007] The Biographical Encyclopedia of Astronomers, Editor-in-chief: Hockey, Thomas Trimble, V.; Williams, Th.; Bracher, K.; Jarrell, R.; Marché, J.D.; Ragep, F.J. (Eds.). New York: Springer, 2007

[Belchior Vieira 1990] Vieira, Belchior; "O ensino científico-militar em Portugal no século XVIII – Anastácio da Cunha, discípulo da Aula de Artilharia na Praça de Valença do Minho", Anastácio da Cunha 1744/1787. O Matemático e o Poeta (M. L. Ferraz, J. F. Rodrigues e L. Saraiva, eds.), pp.7-17, Lisboa: Imprensa Nacional Casa da Moeda, 1990

[Benito Bails 1804] Bails, Benito; Tabla de Logaritmos de todos los numeros naturales desde 1 hasta 20000; y de los logaritmos de los senos, tangentes de todos los grados y minutos del quadrante de circulo, Madrid, 1804

[Bernardo Mota 2008] Mota, Bernardo Machado; O estatuto da Matemática em Portugal nos séculos XVI e XVII [Tese de doutoramento em Estudos Clássicos (especialidade: Cultura Clássica), FLUL], Lisboa, 2008

[Bezout 1764] Bezout, Étienne; Recherches sur le degré des équations résultantes de l'évanouissement des inconnues et sur les moyens qu'on doit employer pour trouver ces équations, Mémoires de l'Académie Royal des Sciences, pp.288-338, Paris, 1764

[Bezout 1764-69] Bezout, Étienne; Cours de Mathématiques à l'usage des Gardes du Pavillon et de la Marine, 6vols. [v.1, Eléments d'Arithmétique (1764); v.2, Élémens de Géométrie, la Trigonométrie rectiligne, & la Trigonométrie sphérique (1765); v.3, Algèbre & l'application de cette Science à l'Arithmétique & à la Géométrie (1766); v.4, Les Principes généraux de la Mécanique, précèdes des Principes de Calcul qui servent d'introductions aux Sciences Physico-mathématiques (1767); v.5, Contenant l'application des Principes généraux de la Mécanique, à différents cas de Mouvement & d'Equilibre (1767); v.6, Le Traite de Navigation (1769)], Paris, 1764-1769

[Bezout 1770-72] Bezout, Étienne; Cours de Mathématiques à l'usage du Corps Royal de l'Artillerie, 4vols [v.1, Arithmétique, Géométrie et Trigonométrie rectiligne (1770); v.2, Algèbre et applications de l'Algèbre à la Géométrie (1770); v.3, Principes généraux de la Mécanique et de l'Hydrostatique précédés des principes de calcul qui servent d'introduction aux Sciences Physico-Mathématiques (1772); v.4, Application des principes généraux de la Mécanique à différents cas de Mouvement et d'Équilibre (1772)], Paris, 1770-72

[Bezout 1770a] Bezout, Étienne; Arithmétique, Géométrie et Trigonométrie rectiligne, Cours de mathématiques à l'usage du Corps royal d'Artillerie (v.1), Paris, 1770

[Bezout 1770b] Bezout, Étienne; Algèbre et applications de l'Algèbre à la Géométrie, Cours de mathématiques à l'usage du Corps royal d'Artillerie (v.2), Paris, 1770

[Bezout 1770c] Bezout, Étienne; Les Principes généraux de la Mécanique, précèdes des Principes de Calcul qui servent d'introductions aux Sciences Physico-mathématiques, Cours de mathématiques à l'usage des gardes du Pavillon et de la Marine (v.4, 2ªed.), Paris, 1770

[Bezout 1770d] Bezout, Étienne; Contenant l'application des Principes généraux de la Mécanique, à différents cas de Mouvement & d'Equilibre, Cours de mathématiques à l'usage des gardes du Pavillon et de la Marine (v.5, 2ªed.), Paris, 1770

[Biot 1801] Biot, Jean-Baptiste; Analyse du Traité de Mécanique Céleste de P. S. Laplace, Paris, 1801

[Biot 1805] Biot, Jean-Baptiste; Traité élémentaire d'Astronomie Physique, par J.B. Biot, Paris, 1805

[Biot 1810-11] Biot, Jean-Baptiste; Traité Elémentaire de Astronomie Physique, 3vols., Paris, 1810-11

[BL 1795] Bureau des Longitudes ; "Loi relative à la formation d'un Bureau des Longitudes" [em linha http://www.bureau-des-longitudes.fr/textes-references/loi-an3-formation.htm], [consultado em 14-12-2009]

[Boscovich 1774] Boscovich, Roger Joseph; De orbitus cometarum determinandis ope trium observationem parum a se invicem remotarum, Paris, 1774

[Bossut 1771] Bossut, Charles; Traité Élémentaire D'Hydrodynamique: ouvrage dans lequel la Théorie et l'Expérience s'éclairent ou se suppléent mutuellement; avec des notes sur plusieurs endroits qui ont paru mériter d'être approfondis. Par M. l'Abbé Bossut, de l'Académie Royale des Sciences, Examinateur des Ingénieurs, etc..., 2vols., Paris, 1771

[Bossut 1802] Bossut, Charles; Essai sur l'histoire dès mathématiques, 2vols., Paris, 1802

[Bossut et al. 1777] Bossut, Charles; D'Alembert et Condorcet ; Nouvelles expériences sur la résistance dès fluides, Paris, 1777

[Brack-Bernsen & Steele 2005] Brack-Bernsen, Lis; Steele, John M.; "Eclipse Prediction and the Length of the Saros in Babylonian Astronomy", Centaurus 47:3 (2005), pp.181-206

[Brandão & Almeida 1937] Brandão, Mário; Almeida, M. Lodes de; A Universidade de Coimbra, esboço da sua história, Coimbra, 1937

[Brummelen & Butler 1997] Brummelen, Glen Van; Butler, Kenneth; "Determining the interdependence of historical astronomical tables", Journal of the American Statistical Association 92:437 (1997), pp.41-48

[Bulletin Astronomique 1899] Revue des Publications Astronomiques. Bibliographie relative au calcul des orbites, Bulletin Astronomique 16:I (1899), pp.427-445

[Bulmer-Thomas 1991] Bulmer-Thomas, Ivor; "Euclid", Biographical dictionary of mathematicians: reference biographies from the Dictionary of scientific biography, 4vol. [v.1, Neils Abel-René Descartes; v.2, Leonard Dickson-Al-Khwarizimi; v.3, Thomas Kirkman-Isaac Newton; v.4, Jerzy Neyman-Niccolo Zucchi. Listing of mathematicians by branch chronology index], pp.689-711, New York: Scribner, 1991

[Burckhardt 1812] Bureau des Longitudes; Tables Astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes dè France. Tables de la Lune, par M. Burckhardt, Paris: Courcier, 1812

[Burrowes & Farina 2005] Burrowes, M.; Farina, C.; "Sobre o pêndulo isócrono de Christiaan Huygens", Revista Brasileira de Ensino de Física 27:2 (2005), pp.175-179

[Busquets de Aguilar 1935] Busquets de Aguilar, Manuel; O Real Colégio de Nobres (1671-1837), Lisboa: Tipografia da Cadeia Penitenciária de Lisboa, 1935

[C. Boyer 1949] Boyer, Carl B.; The History of the Calculus and Its Conceptual Development, New York, 1949

[C. Calazans 1995] Calazans, José Carlos; A "Revolução Astronómica" e o Real Colégio de Mafra, Lisboa, 1995

[C. Cotter 1975] Cotter, Charles H.; A History of Nautical Astronomical Tables, [PhD. Thesis, University of London], London, 1975

[C. Edwards 1979] Edwards Jr., C. H.; The historical development of the calculus, New York: Springer-Verlag, 1979

[C. Gillispie 2000] Gillispie, Charles Coulston; Pierre-Simon Laplace, 1749-1827 – A Life in Exact Science, Princeton: University press, 2000

[C. Hallaschka 1816] Hallaschka, Cassian; Elementa eclipsium, Praga, 1816

[C. Le Lay 2002] Le Lay, Colette; Les Livres de vulgarisation de l'Astronomie (1686-1880) [Thèse de Doctorat Université de Nantes, Faculté des Sciences et des Techniques], Nantes, 2002

[C. Waff 1995] Waff, Craig B.; "Predicting the mid-eighteenth-century return of Halley's Comet", in [Taton & Wilson 1995, pp.69-87]

[C. Waff 2007] Waff, Craig B.; "The Library of Alexis-Claude Clairaut: A Preliminary Tabulation and Analysis" [comunicação privada em 19 de Julho de 2007], 2007

[C. Wilson 1980] Wilson, Curtis; "Perturbations and solar tables from Lacaille to Delambre: the rapprochement of observation and theory", Archive for History of Exact Sciences 22:1-2 (1980), pp.53-188, 189-304

[C. Wilson 1985] Wilson, Curtis; "The great inequality of Jupiter and Saturn: from Kepler to Laplace", Archive for History of Exact Sciences 33:1-3 (1985), pp.15-290

[C. Wilson 2007] Wilson, Curtis; "Euler and applications of analytical mathematics to astronomy", in Leonhard Euler: Life, Work and Legacy (Editor: Sandifer, Robert E. Bradley and C. Edward), Studies in the History and Philosophy of Mathematics, v.5, pp.121-145, Amesterdam: Elsevier, 2007

[C. Wolf 1902] Wolf, Charles; Histoire de l'Observatoire de Paris de sa fondation à 1793, Paris, 1902

[C.R. 4-12-1799] Regulamento do Real Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, Carta Régia de 4 de Dezembro de 1799, in [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.iv-xxii]

[Camargo & Moraes 1993] Camargo, Ana Maria de Almeida; Moraes, Rubens Borba de; Bibliografia da Impressão Régia do Rio de Janeiro, 1808-1822, S. Paulo: USP, 1993

[Camenietzki & Pedrosa 2001] Camenietzki, Carlos Ziller; Pedrosa, Fábio Mendonça; "A observação cometária de José Monteiro da Rocha no Brasil Seiscentista", Anais do VII Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia; VII Reunião da Rede de Intercâmbios para a História e a epistemologia das Ciências Químicas e Biológicas, José Luiz Goldfarb & Márcia Helena Mendes Ferraz (orgs.), pp.103-106, São Paulo: UNESP, 2001

[CAPOCUC 1951] Publicações oficiais da CAPOCUC, "CIDADE Universitária de Coimbra. Edifícios do Observatório Astronómico". 22 de Novembro de 1951, s. l., 1951.

[Caramalho Domingues 1999] Domingues, João Caramalho; A Questão dos Principios do Cálculo em Portugal (1786-1806) [Tese de mestrado, FCUP], Porto, 1999

[Caramalho Domingues 2004] Domingues, João Caramalho; "Variables, limits, and infinitesimals in Portugal in the late 18th century", Historia Mathematica 31 (2004), pp.15-33

[Caramalho Domingues 2007] Domingues, João Caramalho; "Uma polémica sobre as quantidades negativas em 1785", V Encontro Luso-Brasileiro de História da Matemática Castelo Branco, Outubro de 2007, pp.1-9 (no prelo)

[Caramalho Domingues 2008] Domingues, João Caramalho; "A recepção dos trabalhos de Euler em Portugal", Boletim da SPM, número especial – Euler (2008), pp.87-111

[Carl Boyer 1949] Boyer; Carl D.; The History of the calculus and its conceptual development, N.Y., 1949

[Carlos Ferreira 1991] Ferreira, Carlos Antero; A reforma setecentista da Universidade e o ensino da arquitectura em Portugal no século XVIII, Lisboa, 1991

[Carlos Moura 2008] Moura, Carlos Francisco; Astronomia na Amazônia no século XVIII (Tratado de Madrid): os astrônomos Szentmártonyi e Brunelli – Instrumentos astronómicos e livros científicos, Rio de Janeiro: Real Gabinete Português, 2008

[Carneiro et al. 1999] Carneiro, Ana; Simões, Ana; Diogo, Paula; "Constructing Knowledge: 18 century Portugal and the new sciences", The Sciences in the European Periphery during the Enlightenment, Archimedes 2 (1999), pp.1-40

[Carvalho, Oliveira e Queiró 1989] Em Homenagem a José Anastácio da Cunha, Eds. J. A. F. Carvalho, M. P. Oliveira, e J. F. Queiró, Departamento de Matemática, Universidade de Coimbra. Coimbra: DMUC, 1989

[Casa do Douro 1936] Tabela Prática para a cubicação aproximada de barris, Pipas, Bombos, Tonéis ou Cubas, Porto: Imprensa do Douro, 1936

[Cassini II 1740] Cassini, Jacques (Cassini II); Elemens d'Astronomie, Par M. Cassini, Paris: Imprimerie Royale, 1740

[Castro Freire 1872] Freire, Francisco de Castro; Memoria Histórica da Faculdade de Mathematica nos cem annos decoridos desde a Reforma da Universidade em 1772 até o presente, Coimbra: Imprensa da Universidade, 1872

[CDT (1808) 1806] [Delambre] "Livres Nouveaux. Éphémérides", Connaissance des Temps pour 1808, pp.454-457. Paris, 1806.

[CDT (1809) 1807] [Delambre] "Ephemerides de Coimbra, tome IV, 1807; Methode de Monteiro pour les Eclipses", Connaissance des Temps pour 1809, pp.459-483. Paris, 1807

[CDT (1810) 1808] [Delambre] "Mémoires sur l'Astronomie-pratique, traduits du Portugais; Paris, 1808, chez Courcier. Par M. Monteiro-da-Rocha.", Connaissance des Temps pour 1810, pp.471-475. Paris, 1808

[CDT (para o ano) ano da publicação] Connaissance des Temps pour l'année [para o ano], Paris [ano de publicação]

[Cecília Costa 2003] Costa, Cecília; et al.; "Manuel dos Reis e a Mudança do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, do paço das Escolas para o Alto de Santa Clara. Uma primeira notícia"; (versão menos um) (2003) pp.1-27

[Cenáculo 1982] Excertos do "Diário" de Fr. Manuel do Cenáculo Vilas Boas, Separata da Revista da Biblioteca Nacional, Lisboa: BNP, 1982

[Chapront-Touzé 2007] Chapront-Touzé, Michelle; "d'Alembert [Dalembert], Jean-Le-Rond", in [BEA 2007, pp.270-272]

[Christopher Baltus 2004] Baltus, Christopher; "D'Alembert's proof of the fundamental theorem of algebra", Historia Mathematica 31, Issue 4 (2004), pp. 414-428

[Ciera & VilasBoas 1804] Ciera, Francisco António; Villas-Boas, Custodio Gomes; Atlas Celeste, arranjado por Flamsteed, publicado por J. Fortin, correcto, e aumentado por Lalande, e Mechain [...] Primeira edição portugueza revista, e correcta pelo Doutor Francisco Antonio Ciera, e pelo Coronel Custodio Gomes Villas-Boas, Lisboa: ACL, 1804

[Cíntia Morales 2003] Morales, Cíntia; et al; Uma história da educação matemática no Brasil através dos livros didácticos de matemática dos anos finais do ensino fundamental, São Paulo, 2003

[Cláudio DeNipoti 2008] DeNipoti, Cláudio; "Comércio e circulação de livros entre França e Portugal na virada do século XVIII para o século XIX ou Quando os ingleses atiraram livros ao mar", Revista Brasilena Historia 28:56 (2008), pp.431-448

[Clóvis Pereira 1998] Silva, Clóvis Pereira da; A Matemática no Brasil, Uma História de seu Desenvolvimento (2ª edição), Curitiba, 1998

[Coelho da Maia 1797] Maia, Manoel Joaquim Coelho da; "Solução do problema proposto pela Academia Real das Sciencias de Lisboa sobre o methodo de approximação de M. Fontaine por Manoel Joaquim Coelho da Maia", in [MACL 1797, v.1 pp.503-525]

[Condorcet 1774] Condorcet, Marie Jean Antoine Nicolas de Caritat, marquis de; "Eloge de M. Fontaine", Histoire de l'Académie royale des sciences 1771 (1774), pp.105-116 [reproduzido aqui: http://dalembert.obspm.fr/Fontaine.php#I6]

[Condorcet 1780] Condorcet, Marie Jean Antoine Nicolas de Caritat, marquis de; "Essai sur la théorie des comètes", Dissertations sur la Théorie des Comètes qui ont concouru au prix proposé par l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres de Prusse, pp.1-72, Utrecht, 1780

[Condorcet 1847] Condorcet, Marie Jean Antoine Nicolas de Caritat, marquis de; "Extrait des Œuvres de Condorcet", t. II, pp. 51-110, Paris: Firmin-Didot, 1847

[Connor & Robertson 1998] O'Connor, J. J.; Robertson, E. F.; "Alexis-Claude Clairaut (1713-1765)", MacTutor History of Mathematics, [em linha] October 1998, http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Clairaut.html

[Constan 1923-24] Constan, P.; Cours élémentaire d'astronomie et de navigation / par P. Constan, 2 vols. [1e partie: Astronomie; 2e partie: Navigation], Paris: Gauthier-Villars, 1903-1904

[Costa & Marcos 2000] Costa, Mário Júlio de Almeida; Marcos, Rui de Figueiredo; "A Reforma Pombalina dos Estudos Jurídicos", in [Cristina Araújo 2000, pp.97-125]

[Costa Almeida 1851] Almeida, António Lopes da Costa; Piloto Instruído ou Compêndio Theorico-Pratico de Pilotagem, Lisboa, 1851

[Costa e Almeida 1892-93] Almeida, Luís da Costa; "A Faculdade de Mathematica da Universidade de Coimbra (1872 a 1892), O Instituto: jornal scientifico e litterario, v.40 (1892-1893), pp.118-124.

[Craig Waff 2007] Waff, Craig; "The Library of Alexis-Claude Clairaut: A Preliminary Tabulation and Analysis (19 July 2007 version)" [comunicação pessoal], 2007

[Cristina Araújo 2000] Araújo, Ana Cristina; “As ciências sagradas na cidadela da razão”, in [Cristina Araújo 2000, pp.71-93]

[Cristina Araújo 2000] O marquês de Pombal e a universidade, Coord. Ana Cristina Araújo. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2000

[Cristóvão Aires 1927] Aires, Cristóvão; Para a História da Academia das Sciências de Lisboa, Coimbra: Imprensa da Universidade, 1927

[D. Beckers 2000] Beckers, Danny J.; “Positive thinking conceptions of negative quantities in the Netherlands and the reception of Lacroix's algebra textbook”, Revue d'histoire des mathématiques 6 (2000), pp.95-126

[D. Bressoud 2007] Bressoud, David M.; A radical approach to real analysis, Mathematical Association of America, 2007

[D. House 1993] House, Derek; “The Lunar-Distance Method of Measuring Longitude”, in [W. Andrewes 1993]

[D. Martins 2000] Martins, Décio Ruivo; “As ciências físico-químicas em Portugal e a reforma pombalina”, in [Cristina Araújo 2000, pp.193-264]

[D. Milne 1828] Milne, David; Essay on Comets, Edinburgh, 1828

[D. Roche 1988] Roche, Daniel; Les Républicains des Lettres, gens de culture et Lumière au XVIII siècle, Paris: Fayard, 1988

[D. Sellers 2001] Sellers, David; The transit of Venus, the quest to find the true distance of the Sun, Leeds, 2001

[D. Sobel 2000] Sobel, Dava; Longitude, Lisboa: Temas e Debates, 2000

[D. Vallado 2004] Vallado, David A.; Fundamentals of Astrodynamics and Applications (2ª ed.), Kluwer Academic Press, 2004

[D. Yeomans 1991] Yeomans, D.; Comets: a chronological history of observation, science, myth, and folklore, New York, 1991

[D’Auteroche 1754] D'Auteroche, Chappe ; Tables Astronomiques de M. Hallei. Premiere partie, qui contient aussi les observations de la Lune, avec les préceptes pour calculer les lieux du Soleil & da la Lune, & découvrir les erreurs des tables lunaires pendant une période de 223 lunaisons; Ouvrage destiné principalement à l'usage des Navigateurs & au progrès de la Phisique [...], par M. l'Abbé de Chappe D'Auteroche, Paris, 1754

[D'Alembert 1746] D'Alembert, Jean Le Rond; "Recherches sur le calcul integral", Histoire Academie Sciences de Berlin 2 (1746), pp.182-224

[D'Alembert 1751] D'Alembert, Jean Le Rond; Discourse Preliminaire, in [Encyclopédie 1751-1772, pp.i-xlvj]

[D'Alembert 1758] D'Alembert, Jean Le Rond; Traité de Dynamique, Paris, 1758

[D'Alembert 1759] D'Alembert, Jean Le Rond; Essai sur les Éléments de Philosophie, Paris, 1759

[D'Alembert 1796] D'Alembert, Jean Le Rond; Traité de Dynamique (3ª ed.), Paris, 1796

[Damoiseau 1824] Damoiseau, Marie-Charles-Theodore de; Tables de la lune, formées par la seule théorie de l'attraction, et suivant la division de la circonférence en 400 degrés, par M. le Baron de Damoiseau, Paris: Bachelier (successeur de Courcier), 1824

[Dantas Pereira 1825] Pereira, José Maria Dantas; "Discurso da sessão da ACL", in [MACL 1825, v.9 p.iii-ix]

[Dantas Pereira 1832] Pereira, José Maria Dantas; Memória para a história do grande Marquez de Pombal no concernente à Marinha: sendo a de guerra o principal objecto considerado, Lisboa: ACL, 1832

[Darquier 1777] Pellepoix, Antoine Darquier de; Observations astronomiques faites á Toulouse, Avignon, 1777

[Darquier 1786] Pellepoix, Antoine Darquier de; Lettres sur l'Astronomie Pratique, Paris, 1786

[Débarbat & Lerner 2002] Débarbat, Suzanne; Lerner, Michel-Pierre ; "Mériden, Méridienne, de l'origine à nos jours", Le calcul des longitudes, pp.19-36. Rennes, 2002

[Delambre & Burg 1806] Bureau des Longitudes; Tables Astronomiques publiées par le Bureau des Longitudes de France. Tables du Soleil, par M. Delambre, Tables de la Lune, par M. Burg, Paris: Courcier, 1806

[Delambre 1813] Delambre, Jean-Baptiste-Joseph; Abrége d'Astronomie ou Leçons Elémentaires d'Astronomie, Paris: Courcier, 1813

[Delambre 1814] Delambre, Jean-Baptiste-Joseph; Astronomie Theorique et Pratique, 3 vols., Paris : Courcier, 1814

[Delambre 1827] Delambre, Jean-Baptiste-Joseph; Histoire de l'Astronomie au dix-huitième siècle, par M. Delambre, Paris: Bachelier, 1827

[della Francesca 1970] Francesca, Piero della; Trattato d'abaco (ed. Arrighi), Roma, 1970

[Dias, Ferreira & Pereira 1994] Dias, J. M. Alveirinho; Ferreira, Ó. M. F. Cerveira; Pereira, A. P. R. Ramos; Estudo Sintético de Diagnóstico da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos Troços Costeiros entre Espinho e Nazaré, Lisboa: ESAMIN, 1994

[Dicionário Porto Editora 2005] Dicionário da Língua Portuguesa, Porto: Porto Editora, 2005

[Dissertations sur la Théorie des Comètes 1780] Dissertations sur la Théorie des Comètes qui ont concouru au prix proposé par l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres de Prusse. Utrecht, 1780

[Dobrzycki & Kremer 1996] Dobrzycki, Jerzy Richard; Kremer, Richard L.; "Peurbach and Maragha Astronomy? The Ephemerides of Johannes Angelus and Their Implications"; Journal for the History of Astronomy xvii (1996), pp.187-237

[DR 2009] Diário da República, "Regulamento n.º 487/2009 da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra", 2.ª série N.º 238 de 10 de Dezembro de 2009 (2009), pp.49899-49900

[Dreyer & Turner 1923] Dreyer, J.L.; Turner, H.; History of the Royal Astronomical Society 1820-1920, Londres, 1923

[DRP 1937-1979] Documentos da Reforma pombalina, publicados por M. Lopes d'Almeida [v.1 (1771-1782), Coimbra, 1937; v.2 (1783-1792), Coimbra, 1979], Coimbra: Universidade de Coimbra, 1937-1979

[Du Séjour 1764-78] Du Séjour, Achille Pierre Dionis; "Nouvelles Méthodes analytiques pour calculer les Eclipses de Soleil", Histoire de l'Académie Royale des Sciences, avec les Mémoires de Mathématique & de Physique da Académie Royal des Sciences, [num total de cerca de 1500 páginas], Paris, 1764-78

[Du Séjour 1775] Du Séjour, Achille Pierre Dionis; Essai sur les Comètes en général, et particulièrement sur celles qui peuvent approcher de l'orbite de la Terre, Paris, 1775

[Du Séjour 1782] Du Séjour, Achille Pierre Dionis; "Détermination des Orbites des Comètes", HARS, Mémoires de Mathématique & de Physique, année 1779, pp.51-168. Paris, 1782

[Du Séjour 1786-89] Du Séjour, Traité Analytique des Mouvemens Apparens des Corps Célestes, 2vols., Paris, 1786-89

[Duarte Leite 1915] Leite, Duarte; "Pour l'Histoire de la Détermination des Orbites Cométaires", Anais da Academia Politécnica do Porto X:2 (1915), pp.65-73

[Dubois 1865] Dubois, Edmond; Cours d'Astronomie, ouvrage destiné aux Officiers de la marine Impériale [...] (2ªed.), Paris, 1865

[Dulague 1787] Dulague ; Principes de Navigation, ou Abrégé de la théorie et de la pratique du pilotage, Paris, 1787

[E. Aiton 1995] Aiton, Eric J.; "The vortex theory in competition wit Newtonian celestial mechanics", in [Taton & Wilson 1995, pp.3-21]

[E. Forbes 1967] Forbes, Eric Gray; "The Life and Work of Tobias Mayer (1723-62)", Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society 8 (1967), pp.227-251.

[E. Forbes 1967b] Forbes, Eric Gray; "The Bicentenary of the "Nautical Almanac" (1767)", The British Journal for the History of Science 3:4 (1967), pp.393-394

[E. Meijering 2002] Meijering, Erik; "A Chronology of Interpolation, from Ancient Astronomy to Modern Signal and Image Processing", Proceedings of the IEEE 90:3 (2002), pp.319-342

[E. Pezenas 1750] Pézenas, Esprit ; "Solution d'un problème proposé par Kepler, Sur les proportions des Segmens d'un Tonneau coupé parallèlement à son axe", Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris, t.1, p.55-72. Paris, 1750

[E. Poulle 1987] Poulle, Emmanuel ; "Les tables alphonsines et Alphonse X de Castille", Comptes-rendus des séances de l'Académie des inscriptions et belles-lettres 131 :1 (1987), pp.82-102

[E. Robson 2003] Robson, Eleanor; "Tables and tabular formatting in Sumer, Babylonia, and Assyria, 2500 BCE – 50 CE", The History of Mathematical Tables (Martin Campbell-Kelly, Mary Croarken, Raymond Flood, Eleanor Robson, eds.) pp.19-47. Cambridge, 2003

[E. Whittaker 1924] Whittaker, E.T.; Robson, G., The Calculus of Observations, London, 1924

[EAOAUC (1804) 1803] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1804. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1803

[EAOAUC (1805) 1804] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1805. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1804

[EAOAUC (1806) 1805] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1806. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1805

[EAOAUC (1807) 1806] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1807. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1806

[EAOAUC (1808-09) 1807] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para os anos de 1808 e 1809. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1807

[EAOAUC (1810) 1808] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1810. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1808

[EAOAUC (1811) 1810] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1811. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1810

[EAOAUC (1812) 1811] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1812. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1811

[EAOAUC (1813) 1812] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1813. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1812.

[EAOAUC (1814) 1813] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1814. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1813.

[EAOAUC (1815-16) 1814] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para os anos de 1815 e 1816. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1814.

[EAOAUC (1817-18) 1815] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para os anos de 1817 e 1818. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1815.

[EAOAUC (1819-20) 1816] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para os anos de 1819 e 1820. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1816.

[EAOAUC (1821-22) 1818] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para os anos de 1821 e 1822. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1818.

[EAOAUC (1823-24) 1821] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para os anos de 1823 e 1824. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1821

[EAOAUC (1824) 1824] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1825. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1824

[EAOAUC (1826) 1825] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1826. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1825

[EAOAUC (1827) 1826] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1827. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1826

[EAOAUC (1828) 1827] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1828. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1827

[EAOAUC (1841) 1840] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o anno de 1841. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1840

[EAOAUC (1842) 1841] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o anno de 1842. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1841

[EAOAUC (1843) 1842] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1843. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1842

[EAOAUC (1844) 1843] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o anno de 1844. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1843

[EAOAUC (1845) 1843] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o ano de 1845. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1843

[EAOAUC (1847) 1845] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o anno de 1847. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1845

[EAOAUC (1848) 1845] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o anno de 1848. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1845

[EAOAUC (1849) 1846] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o anno de 1849. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1846

[EAOAUC (1850) 1847] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o anno de 1850. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1847

[EAOAUC (1852) 1850] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o anno de 1852. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1850

[EAOAUC (1858) 1857] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o anno de 1858. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra. 1857

[EAOAUC (1863) 1862] Ephemerides Astronomicas calculadas para o Meridiano do Observatorio da Universidade de Coimbra para o anno de 1863. Imprensa da Universidade de Coimbra. 1862

[Eduardo Caxaria 2007] Caxaria, Eduardo; O Real Archivo Militar. Cronologia Histórica e Documental, 1802-1821, Lisboa, 2007

[Elementos de Analisi 1774] Elementos de Analisi Mathematica por M. Bezout da Academia Real das Sciencias de Paris etc. etc. traduzidos do francez. Coimbra: na Real Officina da Universidade, Anno de MDCCLXXIV. Por Ordem de Sua Magestade. Com Privilegio Real, 2 vols., Coimbra 1774

[Elementos de Analyse 1793-94] Elementos de Analyse por Mr. Bezout traduzidos do francez. Segunda edição correcta e accomodada para uso das Escolas de Mathematica da Universidade. Coimbra na Real Imprensa da Universidade. MDCCLXXXXIII. Com licença da Real Mesa da Comissão Geral sobre o Exame e Censura dos Livros, e Privilégio Real, 2 vols. [V.1 (1793), V.2 (1794), Coimbra, 1793-94

[Elementos de Trigonometria 1774] Elementos de Trigonometria Plana por M. Bézout da Academia Real das Sciencias de Paris etc. traduzidos do francez. Coimbra: na Real Officina da Universidade. Anno MDCCLXXIV. Por Ordem de Sua Magestade, e com Privilegio, Coimbra, 1774

[Elfrida Ralha 2006] José Anastácio da Cunha: O Tempo, as Ideias, a Obra e os Inéditos, Orgs. Ralha, E., Estrada, M.F., Rodrigues, A., Silva, M.C.; Braga: ADB/CMAT/CMUP. Braga 2006; pp. 63-99.

[ENACL (1789) 1788] Ephemerides náuticas, Ou Diário Astronómico para o ano de 1789, Lisboa: ACL, 1788

[ENACL (1792) 1791] Ephemerides náuticas, Ou Diário Astronómico para o ano de 1792, Lisboa: ACL, 1791

[ENACL (1793) 1793] Ephemerides náuticas, Ou Diário Astronómico para o ano de 1793, Lisboa: ACL, 1793

[ENACL (1800) 1799] Ephemerides náuticas, Ou Diário Astronómico para o ano de 1800, Lisboa: ACL, 1799

[Encke 1847] Encke, Johann Franz; Abhandlung über die leichteste und bequemste Methode die Bahn eines Cometen zu berechnen von Dr. Wilhelm Olbers, Weimar, 1847

[Encyclopédie 1751-1772] Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, par une société de gens de lettres, mis en ordre par M. Diderot de l'Académie des Sciences et Belles-Lettres de Prusse, et quant à la partie mathématique, par M. d'Alembert de l'Académie royale des Sciences de Paris, de celle de Prusse et de la Société royale de Londres [17 volumes de texto e 11 de gravuras]. Paris, 1751-72

[Encyclopédie Méthodique (mat.) 1784-89] Encyclopédie Méthodique Mathématiques, par D'Alembert, Bossut, Lalande, Condorcet, et al. (3 vols.). Paris, 1784-89

[Ermelinda Pataca 2006] Pataca, Ermelinda Moutinho; Terra, Água e Ar nas viagens científicas Portuguesas (1755-1808) [tese de doutoramento], São Paulo: UNICAMP, 2006

[Espenak & Meeus 2006] Espenak F.; Meeus, J.; Five millennium canon of Solar Eclipses: -1999 to +3000, Greenbelt, 2006

[Estácio dos Reis 1998] Reis, António Estácio dos; Métodos de Navegação nos séculos XV-XVIII, Lisboa, 1998

[Estácio dos Reis 2009] Reis, António Estácio dos; Observatório Real da Marinha (1798-1874), Lisboa: CTT Correios de Portugal, 2009

[Estatutos 1772] Estatutos da Universidade de Coimbra compilados debaixo da immediata e suprema inspecção de El Rei D. José I pela Junta de Providencia Litteraria [...] ultimamente roborados por sua magestade na sua Lei de 28 de Agosto deste presente anno. MDCCLXXII, 3 vols., Coimbra: UC, 1972 [Obra fac-similada da edição de 1772]

[Estatutos de 1559] Estatutos da Universidade de Coimbra (1559) / Universidade de Coimbra, Coimbra: UC, 1963 [edição fac-similada com introdução e notas históricas e críticas de Serafim Leite]

[Esteves Correia 2005] Correia, José Esteves, O pensamento político em Portugal no século XVIII – António Ribeiro da Santos, Lisboa: INCM, 2005

[Eugénio dos Santos 2010] Santos, Eugénio dos; "A formação de D. Pedro (IV e I do Brasil) até ao regresso da família Real", Rio de Janeiro – Capital do Império Português (1808-1821), pp.198-206. Lisboa: Tribuna de História, 2010

[Euler 1744] Euler, Leonhard; Theoria motuum planetarum et cometarum, continens methodum facilem EX aliquot observationibus orbitas cum planetarum tum cometarum determinandi, Berlim, 1744

[Euler 1748] Euler, Leonhard; Introductio in Analysin Infinitorum, 2 vols., Lausanne, 1748

[Euler 1750] Euler, Leonhard; "Démonstration sur le nombre des points où deux lignes des ordres quelconques peuvent se couper", Histoire de l'Académie des Sciences et Belles-Lettres 1748, pp.234-248. Berlin, 1750

[Euler 1759] Euler, Leonhard; "Recherches sur la déclinaison de l'aiguille aimantée", Histoire de l'Academie de Berlin, 1757, pp.2510-251. Berlim, 1759

[Euler 1988] Euler, Leonhard; Introduction to Analysis of the infinite, 2 vols., Ney York: Springer, 1988

[Eusébio da Veiga 1757] Veiga, Eusébio da; Planetário Lusitano explicado com problemas, e exemplos práticos para melhor intelligencia do uso das Efemerides, que para os annos futuros se publicam no Planetario Calculado; e com as regras necessarias para se poder usar delle não só em Lisboa mas em qualquer meridiano. Dedicado ao Illustrissimo, e Excelentissimo Senhor D. João por seu author o P. Eusebio da Veiga da Companhia de Jesus [com efemérides para os anos de 1758, 1759 e 1760], Lisboa: Miguel Manescal da Costa, 1758

[F. Bastos 1858] Bastos, Francisco A. Martins; "O Dr. José Monteiro da Rocha", O Instituto: jornal scientifico e litterario 6 (1858), pp.261-62

[F. Bellec 2002] Bellec, François ; "Les hypothèses de João de Lisboa, déviation magnétique et fausses pistes", Le calcul des longitudes, un enjeu pour les mathématiques, l'astronomie, la mesure du temps et la navigation (dir. Vincent Jullien), pp.37-60. Rennes: Presses Universitaires, 2002

[F. Carvalho 2008] Carvalho, Flávio Rey de; Um Iluminismo Português? A reforma da Universidade de Coimbra (1772), São Paulo: Annablume, 2008

[F. Chica 1996] Chica, F. Javier Gil; Teoría de eclipses, Ocultaciones y Tránsitos, Alicante, 1996

[F. Figueiredo 2005] Figueiredo, Fernando B.; A contribuição de José Monteiro da Rocha para o cálculo da órbita de cometas (Tese de Mestrado em História e Filosofia da Ciência, FCTUNL), Lisboa, 2005

[F. Jongmans 2010] Jongmans, François; “Le jaugeage des tonneaux : un jardin secret en mathematiques pures et appliquês”, Quadrature 75 (2010), pp.23-34

[F. Kokomoor 1928] Kokomoor, F. W.; “The Teaching of Elementary Geometry in the Seventeenth Century”, Isis 11 nº1 (1928), pp. 85-110

[F. Medvedev 1991] Medvedev, Fyodor A.; Scenes from the history of real functions, Basel: Birkhäuser Verlag, 1991

[F. Stephenson 1997] Stephenson, F. Richard; Historical Eclipses and Earth's Rotation, Cambridge, 1997

[Fátima Costa 2009] Costa, Maria de Fátima; “Miguel Ciera: um demarcador de limites no interior sul-americano (1750-1760)”, Anais do Museu Paulista 17 n.2. (2009), pp.189-214

[Fátima Nunes 1990] Nunes, Maria de Fátima; “A Sociedade Real, Marítima e Geográfica (1798-1808), notas para o estudio da sociabilidades científica en Portugal”, Actas do Colóquio Internacional Carlos III y su siglo. Madrid: Universidad Complutense, 1990

[Fernanda Estrada 2006a] Estrada, Maria Fernanda; “José Anastácio da Cunha: vida e obra”, in [Elfrida Ralha 2006, pp. 99-129]

[Fernanda Estrada 2006b] Estrada, Fernanda; Ralha, Elfrida; Carvalho e Silva, Jaime; “José Anastácio da Cunha: O Militar - "Académico" (notas a respeito de uma lista de exercícios pedida pela Academia das Ciências de Lisboa)”, in [Elfrida Ralha 2006, pp.297-318]

[Ferraz, Rodrigues e Saraiva 1990] Anastácio da Cunha 1744/1787. O Matemático e o Poeta, eds. M. L. Ferraz, J. F. Rodrigues e L. Saraiva, Editores Estudos Gerais. Série Universitária, Lisboa: INCM, 1990

[Ferreira da Costa 1825] Costa, Rodrigo de Ferreira da; Resumo das Doutrinas contidas nos Elementos de Analyse de Bezout, compreendendo as matérias da Álgebra, e do Cálculo Infinitesimal, Lisboa, 1825

[Ferreira Gomes 1972] Gomes, Joaquim Ferreira; “A reforma pombalina da Universidade (Nótula comemorativa)”, Revista Portuguesa de Pedagogia Coimbra, Instituto de Estudos Psicológicos e Pedagógicos, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Ano 6 (1972), pp. 25-63

[Figueiredo & Fernandes 2006] Figueiredo, F. B.; Fernandes, João; “Comparison between Monteiro da Rocha and Wilhelm Olbers' Methods for the determination of the orbits of comets”, 2005: Past Meets Present in Astronomy and Astrophysics. Proceedings of the 15th Portuguese National Meeting, pp.85-89, Singapura: World Scientific Publishing Co., 2006

[Filipe Folque 1832] Folque, Filipe de Sousa; Ephemerides das distancias do centro do Sol, e planetas Vénus, Marte, Júpiter e Saturno, ao centro da Lua, e dos lugares heliocêntricos, e geocêntricos destes astros para 1833 […] / por Filipe Folque; colab. Izidoro Gomes da Guerra, Lisboa: Impressão Régia, 1832

[Francis Bacon 1605] Bacon, Francis; The Advancement of Learning, London: Printed for Henrie Tomes, 1605

[Francisco de Lemos 1777] Pereira Coutinho, D. Francisco de Lemos de Faria), Relação Geral do Estado da Universidade (1777) [edição fac-similada], Coimbra: UC, 1980

[Francisco Rodrigues 1917] Rodrigues, Francisco; A Formação Intelectual do Jesuíta, Porto, 1917

[Francisco Trigoso 1933] Morato, Francisco Manuel Trigoso de Aragão; Memórias de Francisco Manuel Trigoso de Aragão Morato começadas a escrever por ele mesmo em princípios de Janeiro de 1824 e terminadas em 15 de Julho de 1835, revistas e coordenadas por Ernesto de Campos de Andrada, Coimbra: Imprensa da Universidade, 1933

[Franco Oliveira 1988] Franco de Oliveira; A. J.; "Anastácio da Cunha and the Concept of Convergent Series", Archive for History of Exact Sciences 39 (1988), pp.1-12

[Franco Oliveira 1990] Franco de Oliveira; A. J.; “Anastácio da Cunha e a Metafísica do Cálculo”, Actas Colóquio Anastácio da Cunha, O Matemático e o Poeta, pp.107-124, Lisboa: INCM, 1990

[Francoeur 1830] Francoeur, L.-B.; Astronomie Pratique. Usage et composition de la Connaissance des tems. Ouvrage destiné aux Astronomes, aux marins et aux Ingénieurs, Paris: Bachelier, 1830

[Freitas Mourão 2002] Freitas Mourão, Ronaldo Rogério de; “Os Observatórios e as efemérides astronómicas em Portugal no século XVIII”, R IHGB a.163 n.416, jul./set. (2002), pp.205-229

[G. Boistel 2001] Boistel, Guy ; L’Astronomie Nautique au XVIIIème siècle en France: tables de la Lune et Longitudes en Mer [Thèse de doctorat, Université de Nantes, Faculté des Sciences et des Techniques - Centre François Viète], 3 vols., Nantes, 2001

[G. Brown 1991] Brown, Gary I.; “The Evolution of the Term "Mixed Mathematics”, Journal of the History of Ideas 52 :1 (1991), pp. 81-102

[G. Chambers 1899] Chambers, George; The Story of Eclipses, London, 1899

[G. Ferraro 2002] Ferraro, Giovanni; “Convergence and Formal Manipulation of Series from the Origins of Calculus to About 1730”, Annals of Science 59:2 (2002), pp.179-199

[G. Ferraro 2007] Ferraro, Giovanni; “Convergence and formal manipulation in the theory of series from 1730 to 1815”, Historia Mathematica 34 (2007), pp.62-88

[G. Fraser 2005] Fraser, Craig G.; “Joseph Louis Lagrange, Théorie des Fonctions Analytiques, First Edition (1797)”, Landmark Writings in Western Mathematics 1640-1940, Grattan-Guinness (Editor), pp.258-275, Amsterdam: Elsevier, 2005

[G. Friedlein 1967] Friedlein, G.; Procli Diadochi In Primum Euclidis Elementorum Librum Comentarii ex recognitione Godofredi Friedlein, Georg Olms Verlagsbuchhandlung [reimpressão da 1ª edição: Lipsiae, in aedibus B.G. Teubner, 1873], Hildesheim, 1967

[G. Morrow 1992] Morrow, Glenn; Proclus A Commentary on the First Book of Euclid's Elements; Tanslated with Introduction and Notes by Glenn R. Morrow, Princeton University Press, 1992

[G. Schubring 1997] Schubring, Gert; Analysis of Historical textbooks in Mathematicas, Rio de Janeiro: PUC, 1997

[G. Schubring 2005] Schubring, Gert; Conflites between generalization, rigor, and intuition, number concepts underlying the development of analysis in 17-19th century France and Germany, Sources and Studies in the history of Mathematics and Physical Sciences (Jed Buchwald, ed.), NY: Springer, 2005

[G. Stockler 1797] Stockler, Francisco Garção; "Elogio Histórico de João Le Rond D'Alembert", in [MACL 1797, v.1 pp.531-577]

[G. Turner 1998] Turner, Gerard L'E; Scientific Instruments 1500-1900, An Introduction, Londres, 1998

[Gauss 1809] Gauss, Carl F.; Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium, Hamburgo: Frid. Perthes et H. Besser, 1809

[Gingerich & Welther 1983] Gingerich, Owen; Welther, Barbara; Planetary, lunar, and solar positions: new and full moons, A.D. 1650-1805, Philadelphia: The American Philosophical Society, 1983

[Gomes & Calafate 1990] Calafate, Pedro; Gomes, F. Soares; “Iluminismo”, Logos: Enciclopédia Luso-Brasileira de Filosofia, v.2 (1990), pp.1301-1316

[Gomes de Carvalho 1814] Carvalho, Luis Gomes de; "Memória Descriptiva, ou notícia circunstanciada do Plano e processo dos effectivos trabalhos Hydarulicos empregados na Abertura da barra de Aveiro segundo as Ordens de S.A.R. o Príncipe Regente Nosso Senhor", in Jornal de Coimbra 6:28 p.I (1814), pp.201-223

[Gomes e Grácio 1988] História da Educação em Portugal, Coord. Joaquim Ferreira Gomes, Rogério Fernandes e Rui Grácio, Lisboa: Livros Horizonte, 1988

[Gomes Teixeira 1905] Teixeira, Francisco Gomes; "Sobre uma questão entre Monteiro da Rocha e Anastácio da Cunha", Annaes Scientificos da Academia Politechnica do Porto 1 (1905), pp.7-15

[Gomes Teixeira 1925] Teixeira, Francisco Gomes; Panegíricos e Conferências (Academia das Sciencias de Lisboa), Coimbra: Imprensa da Universidade, 1925

[Gomes Teixeira 1934] Teixeira, Francisco Gomes; História das Matemáticas em Portugal, Lisboa: ACL, 1934

[Gomes Teixeira 1934b] Teixeira, Francisco Gomes; "Doutor Monteiro da Rocha", Revista da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra 4 (1934), pp.192-202.

[Gonçalo Monteiro 1993] Monteiro, Nuno Gonçalo; "Poder senhorial, estatuto nobiliárquico e aristocracia", História de Portugal, O Antigo Regime, Dir. José Mattoso, pp.333-379. Lisboa: Estampa, 1993

[Gonçalves Barreto 1969] Barreto, Júlio Gonçalves; Problemas de educação e ensino nas Cortes de 1812 a 1823, Coimbra, 1969

[Gonçalves Rodrigues 1992] Rodrigues, Gonçalves; A tradução em Portugal tentativa de resenha cronológica das traduções impressas em língua portuguesa, excluindo o Brasil, de 1495-1950 [v.1, anos 1495-1834], Lisboa: INCM, 1992

[Guépratte 1839] Guépratte; Problèmes D'Astronomie Nautique et de Navigation (3ªed.), Brest, 1839

[H. Brown 1993] Brown, R. H.; "Modern Science: Institutionalization of Knowledge and Rationalization of Power", Sociological Quarterly 34:1 (1993), pp.153-168

[H. Dias 2003] Dias, Maria Helena; "As explorações geográficas dos finais de Setecentos e a grande aventura da carta Geral do Reino de Portugal", Geografia, Revista da Faculdade de Letras, I série XIX (2003), pp.383-396

[H. Flaugergues 1813-14] Flaugergues, H.; "Astronomie pratique. Mémoire sur l'usage du réticule rhombe, pour les observations des taches du soleil et de la lune", Annales de Gergonne 4 (1813-1814), p.321-331

[H. Goldstine 1977] Goldstine, Herman H.; A history of numerical analysis from the 16th through the 19th century, Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences, v.2, New York: Springer, 1977

[H. Goldstine 1977] Goldstine, Herman H.; A History of Numerical Analysis from the 16th through 19th Century; Studies in the History of Mathematics and Physical Sciences 2, New York: Springer-Verlag, 1977

[H. Goldstine 1980] Goldstine, Herman H.; A history of the calculus of variations from the 17th through the 19th century, New York: Springer, 1980

[H. Henriques 2004] Henriques, Helena Castanheira; "Os livros de Matemática durante a monarquia: um breve roteiro", Historia do Ensino da Matemática em Portugal, pp.181-198. Beja: SPCE – secção de "educação e matemática", 2004

[H. Jones 1924] Jones, H. Sepencer; General Astronomy, London, 1924

[H. King 2003] King, Henry C.; The History of the Telescope, New York: Dover, 2003

[H. Koch 1991] Koch, Helmut; Introduction to Classical Mathematics I: From the quadratic reciprocity law to the uniformization theorem, Kluwer Academic Publishers, 1991

[H. Link 1808] Link, Heinrich Friedrich; Voyage en Portugal, fait depuis 1797 jusqu'en 1799, contenant une foule de détails neufs et intéressans sur la situation actuelle de ce royaume, sur l'histoire naturelle et civile, la géographie, le gouvernement, les habitans, les moeurs, usages, productions, commerce et colonies du Portugal, spécialement le Brésil / par M. Link et le Comte de Hoffmansegg [...] traduit de l'Allemand, 3 vols., Paris: Dentu Imprimeur-Libraire, 1808

[H. Mendes 1965] Mendes, Humberto Gabriel; Francisco António de Ciera, renovador da cartografia portuguesa, Separata da Revista da Sociedade de Geografia de Lisboa Geographica n.3, Lisboa, 1965

[H. Mendes 1972-74] Mendes, Humberto Gabriel, "Cartografia e Engenharia Pombalinas da Ria e Barra de Aveiro", Boletim do Arquivo Histórico Militar, vols.42 e 43 (1972-1974), pp.9-80 e pp.9-143

[H. Mendes 1974] Mendes, Humberto Gabriel; "Cartografia e Engenharia da Ria e Barra de Aveiro no último quartel do século XVIII", Arquivo do Distrito de Aveiro 40 (1974), pp.184-220, 241-270

[H. Naimova 2009] Naimova, Halima; Biblioteca do Observatório Astronómico de Lisboa [em linha www.oal.ul.pt/download/BOAL.pdf], 2009

[H. Renan 1912] Renan, H.; "Sur la théorie du nivellement de l'axe de rotation d'une lunette méridienne", Bulletin Astronomique s.I v.29 (1912), pp.265-287

[Halley 1731] Halley, Edmund; “A Proposal of a Method for Finding the Longitude at Sea within a Degree, or Twenty Leagues. By Dr. Edmund Halley, Astr. Reg. Vice-President of the Royal Society. With an Account of the Progress He Hath Made Therein, by a Continued Series of Accurate Observations of the Moon, Taken by Himself at the Royal Observatory at Greenwich”, Philosophical Transactions of Royal Society 37 (1731), pp.185-195

[Han Qi 2003] Han Qi, “Antoine Thomas, SJ, and his mathematical Activities in China: A Preliminary Research through Chinese Sources”, The history of the relations between the Low Countries and China in the Qing Era (1644-1911), (ed. Willy F. Vande Walle, co-editor Noël Golvers), pp.105-114. Leuven: University Press, 2003

[Helder Monteiro 2007] Monteiro, Helder Filipe de Almeida; “Róis de Livros adquiridos pela biblioteca académica”, trabalho para a cadeira de História das Ideias, do Livro e da leitura no século XVIII, da Professora Ana Cristina Araújo, Coimbra: FLUC, 2007

[Hennert 1780a] Hennert, Johann Friedrich; “Dissertation sur le problème où il s'agit de déterminer l'orbite parabolique d'une comète”, Dissertations sur la Théorie des Comètes qui ont concouru au prix proposé par l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres de Prusse, pp.105-180. Utrecht, 1780

[Hennert 1780b] Hennert, Johann Friedrich; "Mémoire sur la théorie des comètes", in Dissertations sur la Théorie des Comètes qui ont concouru au prix proposé par l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres de Prusse, pp.181-239. Utrecht, 1780

[Hoeffer 1873] Hoeffer, Ferdinand; Histoire de la Astronomie depuis ses origines jusqu'à os jours, Paris, 1873

[Holl & Vargha 2003] Holl, András; Vargha, Magda; “Observatory Publications-Quo Vadis?”, Library and Information Services in Astronomy IV (LISA IV), Emerging and Preserving: Providing Astronomical Information in the Digital Age. Proceedings of a conference held at Charles University, Prague, Czech Republic, 2-5 July 2002. Edited by Brenda G. Corbin, Elizabeth P. Bryson, and Marek Wolf, pp.109-116. Washington DC: U.S. Naval Observatory, 2003

[Howard Fehr 1963] Fehr, Howard F.; “Reform of Instruction in Geometry”, The American Mathematical Monthly 70:3 (1963), pp.323-327

[I. Brown 1991] Brown, Gary I.; “The Evolution of the Term "Mixed Mathematics”, Isis 52:1 (1991), pp.81-102

[I. Kleiner 2001] Kleiner, Israel; “History of the Infinitely Small and the Infinitely Large in Calculus”, Educational Studies in Mathematics 48:2-3 (2001), pp.137-174

[I. Mueller 1981] Mueller, Ian; Philosophy of Mathematics and Deductive Structure in Euclid's Elements, Cambridge: MIT press, 1981

[I. Newton 1947] Cajori, Florian; Newton's Principia, Motte´s translation revised, Berkeley, 1947

[I. Newton 2004] Newton, Isaac; O método das fluxões e das séries infinitas [tradução de Emídio Queiroz Lopes], Lisboa: Editorial Prometeu, 2004

[I. Newton 2010] Newton, Isaac; "Princípios Matemáticos de Filosofia Natural", Aos Ombros de Gigantes, as grandes obras da física e astronomia, coligido e comentado por Stephen Hawking, coordenação científica e prefácio de Carlos Fiolhais, pp.747-1178, Lisboa: Texto Editora, 2010

[IAU 1996 n.172] Dynamics, Ephemerides and Astrometry of the Solar System, ed. by S. Ferraz-mello, B. Morando and J.-E. Arlot, Internacional Astronomical Union, Symposium, nº.172. Paris: IAU, 1996

[Inácio Guerreiro 1964] Guerreiro, Inácio; "A Sociedade Real marítima e o exame das cartas hidrográficas e censura da Carta de Cabo Verde de Francisco António Cabral (1790)"; Separata do Boletim da Biblioteca da Universidade de Coimbra, v.39 (1964), pp.91-142

[Inácio Monteiro 1754-56] Inácio Monteiro; Compendio dos Elementos de Mathematica: necessarios para o estudo das sciencias naturaes, e bellas letras; composto para o uso dos estudantes Portuguezes, e para servir de introducção no estudo das mathematicas aos curiosos destas sciencias, 2 vols., Coimbra, 1754-56

[Inês Amorim 2008] Amorim, Inês; "Recursos e infra-estruturas portuárias – gestão e funcionalidade de um porto: Aveiro (1756-1857)", História, Revista da Faculdade de Letras, 3ª série v.9 (2008), pp.141-167

[Inocêncio da Silva 1858-1923] Silva, Inocêncio da; Diccionário bibliographico portuguez: estudos de Innocêncio Francisco da Silva applicáveis a Portugal e ao Brasil. Continuados e ampliados por P. V. Brito Aranha. Revistos por Gomes de brito e Álvaro Neves, 23 vols., Lisboa: Imprensa Nacional, 1858-1923

[Isabel Gouveia 2000] Gouveia, Isabel de Barros Amaral Marques; Fantasia, ciência e espectáculo em Portugal no século XVIII [Tese de Doutoramento, FLUC], Coimbra, 2000

[Isabel Malaquias 1994] Malaquias, Isabel; A Obra de João Jacinto de Magalhães no Contexto da Ciência do Século XVIII [Tese de Doutoramento, UA], Aveiro, 1994

[J North 1995] North, John; The Norton History of Astronomy and Cosmology, N.Y: Norton, 1995

[J. Azevedo 1843] Azevedo, João Alberto Pereira de, A Universidade de Coimbra em 1843 [BGUC RB-32-16 (12)]

[J. Bennett 1992] Bennett, Jim A.; "The English Quadrant in Europe: Instruments and the growth of consensus in practical astronomy", Journal for History of Astronomy 23 n.1 (1992), pp.1-14

[J. Betts 1993] Betts, Jonathan; "Arnold and Earnshaw: the Praticable Solution", in [W. Andrewes 1993], pp.311-330

[J. Betts 2006] Betts, Jonathan; Time Restored: The Story of the Harrison Timekeepers and R.T. Gould, The Man who Knew (almost) Everything, Oxford: University Press, 2006

[J. Blankett 1777] Blankett, John; Letters from Portugal, on the late and present state of that Kingdom / [John Blankett], London: printed for J. Almon, opposite Burlington House, in Piccadilly, [1777]

[J. Brito 2006] Brito, João Manuel Lagarto de; Os gestos que nós perdemos (Estudo histórico-etnográfico de cinco mesteres medievais) [Tese de Mestrado apresentado ao Curso Integrado de Estudos Pós-Graduados em História Medieval e do Renascimento, FLUP], Porto, 2006

[J. Buchwald 2006] Buchwald, Jed Z.; "Discrepant Measurements and Experimental Knowledge in the Early Modern Era", Archive History of Exact Science 60:6 (2006), pp.565-649

[J. Calero 2007] Calero, Julian Simon; The genesis of fluid mechanics, 1640-1780, Dordrecht: Springer, 2007

[J. Chabert 1999] Chabert, Jean Luc; et. al.; A History of Algorithms, from the Pebble to the Microchip, Springer-Verlag, 1999

[J. Dhombres 1984] Dhombres, Jean, "French textbooks in the sciences 1750-1850", History of Education 13:2 (1984), pp.153-161

[J. Dhombres 1985] Dhombres, J.; "French mathematical textbooks from Bézout to Cauchy", Historia Scientiarum 28 (1985), pp.91-137

[J. Espenak 2006] Fred Espenak, Jean; Five millennium canon of Solar Eclipses: -1999 to +3000, Greenbelt (US-MD), 2006

[J. Ferreira Gomes 1982] Gomes, Joaquim Ferreira; "Pombal e a reforma da Universidade", Brotéria, Cultura e Informação 114:5-6 (1982), pp.536-552

[J. Ferreira Gomes 1982] Gomes, Joaquim Ferreira; O marquês de Pombal e as reformas do ensino, Coimbra: Livraria Almedina, 1982

[J. Ferro 1987] Ferro, João Pedro; O Processo de José Anastácio da Cunha na Inquisição de Coimbra 1778, Lisboa: Palas, 1987

[J. Ferro 1988] Ferro, João Pedro; "A biblioteca de José Anastácio da Cunha", Actas do Colóquio Bicentenário da morte de Anastácio da Cunha – matemático e poeta, pp.105-227. Évora, 1988

[J. Feurtet 2005] Feurtet, Jean-Marie; Le Bureau des longitudes (1795-1854), de Lalande à Le Verrier [Thèse pour le Diplôme d'archiviste paléographe, Ecole Nationale des Chartes], Paris, 2005

[J. Grabiner 1981] Grabiner, Judith V.; The Origins of Cauchy's Rigorous Calculus, Cambridge: MIT Press, 1981

[J. Grabiner 1996] Grabiner, Judith V.; "A mathematician among the molasses barrels: Maclaurin's unpublished memoir on volumes – introduction: Maclaurin's memoir and its place in eighteenth-century Scotland", Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society 39 (series II) part 2 (1996), pp.193-240

[J. Grabiner 1998] Grabiner, Judith V.; "Some Disputes of Consequence: Maclaurin among the Molasses Barrels", Social Studies of Science 28:1 (1998), pp.139-68

[J. Greenberg 1982] Greenberg, John L.; "Alexis Fontaine's integration of ordinary differential equations and the origins of the calculus of several variables", Annals of Science 39 1 (1982), pp.1-36

[J. Jeans 1925] Jeans, J. H.; Meeting of the Royal Astronomical Society, Wednesday, 1925 April 8, The Observatory, A Monthly Review of Astronomy, v.48 (1925), pp.125-137

[J. Jesus 2004] "Abade Correia da Serra, História da Academia Real das Sciencias de Lisboa desde o seu estabelecimento em 1780 até 1788 [s.d.]", ANTT, Arquivos Particulares, Abade Correia da Serra, Caixa 3B, A 58 (transcrição de J. C. S. Jesus), Lisboa: CHCUL, 2004

[J. Lamy 2007] Lamy, Jérôme ; L'Observatoire de Toulouse aux XVIIIe et XIXe siècles, archéologie d'un espace savant, Rennes: PUR, 2007

[J. Lévy 2007] Levy, Jacques; "Damoiseau, Marie-Charles-Theodore de", in [BEA 2007, pp.274-75]

[J. Lopes 1997] Lopes s.j., José Manuel Martins; Projecto educativo dos colégios da Companhia de Jesus, fundamento e finalidade: AMDG – a maior glória de Deus, Braga: Editorial A. O., 1997

[J. Luminet 2007] Luminet, Jean-Pierre; "Clairaut, Alexis-Claude", in [BEA 2007, pp.236-237]

[J. Mascart 2000] Mascart, Jean ; La vie et les travaux du chevalier Jean-Charles de Borda, 1733-1799: épisodes de la vie scientifique au XVIIIe siècle, Paris: Presses de l'Université de Paris-Sorbonne, 2000

[J. McClellan 1981] McClellan, James E.; "The Academie Royale des Sciences, 1699-1793: a statistical portrait", Isis 72 :4 (1981), pp.541-67

[J. McCuster 1991] McCusker, John J.; et. al.; "The Economy of British America, 1607-1789, North Carolina: University Press, 1991

[J. Pereira Gomes 1974] Gomes s.j., J. Pereira; "José Monteiro da Rocha", Enciclopédia Luso-Brasileira de Cultura, v.16, pp.702-704. Lisboa: Verbo, 1974

[J. Pita 2000] Pita, João Rui; "Medicina, Cirurgia e Arte Farmacêutica na Reforma Pombalina da Universidade de Coimbra", in [Cristina Araújo 2000, pp.129-162

[J. Ruffner 1971] Ruffner, J. A.; "The Curved and the Straight: Cometary theory from Kepler to Hevelius", Journal for History of Astronomy 2 (1971), pp.178-194

[J. Ruffner 2000] Ruffner, J. A.; "Newton's Propositions on Comets: Steps in Transition, 1681-84", Archive for History of Exact Sciences 54:4 (2000), pp.259-277

[J. Shackelford 1993] Shackelford, Jole; "Tycho Brahe, Laboratory design and the aim of science. Reading plans in context", Isis 83:2 (1993), p.211-230

[J. Sousa Pinto 1892-93] Pinto, José Freire de Sousa; "Algumas observações sobre o Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra desde 1872", O Instituto: jornal scientifico e litterario v.40 (1892-1893), pp.125-134

[J. Vicente Gonçalves 1940] Gonçalves, José Vicente; "Análise do Livro VIII dos Principios Mathematicos de José Anastácio da Cunha", Congresso do Mundo Português v.12, pp. 123-140. Lisboa: Comissão Executiva dos Centenários, 1940

[J. Vicente Gonçalves 1976-77] Gonçalves, José Vicente; "Relações entre Anastácio da Cunha e Monteiro da Rocha, 1773-1786", MACL, cl. Ciências, v.21 (1976-77), pp.37-60

[J. Watson 1868] Watson, James C.; Theoretical astronomy relating to the motions of the heavenly bodies, New York, 1964

[J.C. Pecker 1985] Pecker, Jean-Claude; "L'Oeuvre scientifique de Joseph-Jérôme Lefrançois de Lalande (1732-1807)", Les Nouvelles Annales de L'Ain (1985), pp.1-31

[J.P. Tignol 2004] Tignol, Jean-Pierre; Galois' theory of algebraic equations, Word Scientific Publishing, 2004

[JC 1812-20] Jornal de Coimbra / José Feliciano de Castilho… [et al.] [v.1 n.1 (Jan. 1812), v.16 (1820)], Lisboa: Impressão Régia, 1812-1820

[JC 1815, v.8] "Art. IX – Ephemerides da Universidade de Coimbra", Jornal Coimbra 1815, v.8 n.XLI (1815), pp.236-240

[Jesus & Silva 2004] Jesus, Elisabete de; Silva Hugo Ribeiro da; "Viana e o Acesso ao Mar nos Finais do Antigo Regime", in Jornadas do Mar 2004 – "O Mar: um Oceano de oportunidades", pp.228-235

[João Queiró 1988] Queiró, João Filipe; "José Anastácio da Cunha: A Forgotten Forerunner", The Mathematical Intelligencer 10 (1988), pp.38-43

[João.Queiró 2000] Queiró, João Filipe; "A Matemática em Portugal", in Estrada, M. Fernanda; Sá, Carlos Correia de; Queiró, J.F., et al., História da Matemática, Lisboa: Universidade Aberta 2000

[João Queiró 2000b] Queiró, João Filipe; "Duas ou três histórias da História da Matemática", Gazeta de Matemática, 138 (2000), pp.13-24

[João Ribeiro 1807] Ribeiro, João; Indice Chronologico Remissivo da Legislação Portugueza Posterior à Publicação do Codigo Filippino com hum Appendice – Parte IV. Continuação de Additamentos desde o Reinado da Senhora D. Maria I até o Anno de 1807, Lisboa: ACL, 1807

[Joaquim Pereira 1990] Pereira, Joaquim Tomaz Miguel; "A livraria do Jardim Botânico de Coimbra, breve percurso da fundação de uma biblioteca universitária", Anuário da Sociedade Broteriana, 56:Ano LI (1990) pp.1-18

[Joaquim Sousa 1827] e Sousa, Joaquim José Caetano Pereira; Esboço de hum diccionario juridico, theoretico, e practico, remessivo às leis compiladas, e extravagantes, v.2 [F-Q], Lisboa: Typographia Rollandiana, 1827

[Joel Serrão 1985] Serrão, Joel; Dicionário da História de Portugal, 6 vols., (dir. Joel Serrão), Porto: Livraria Figueirinhas, 1985

[John Greenberg 1986] Greenberg, John L.; "Mathematical Physics in Eighteenth-Century France", Isis 77:1 (1986), pp.59-78

[John Murdoch 1991] Murdoch, John; "Euclid: transmission of the Elements", in Biographical Dictionary of Mathematicians: reference biographies from the Dictionary of scientific biography, pp.711-734, New York: Scribner, 1991

[José Antunes 1982] Antunes, José; "Notas sobre o sentido ideológico da Reforma Pombalina. A propósito de alguns documentos da Imprensa da Universidade de Coimbra", Revista de História das Ideias FLUC 2:4 (1982), pp.143-197

[José Correia 1999] Correia, José Manuel Teixeira; A Evolução do Conceito de Função na Segunda Metade do Século XVIII [Tese de mestrado, Departamento de Matemática Pura, FCUP], Porto, 1999

[José Eduardo Franco 2006] Franco, José Eduardo; O mito dos Jesuítas em Portugal, no Brasil e no Oriente (séculos XVI a XX), v.1 das Origens ao Marquês de Pombal, Lisboa: Gradiva, 2006

[José Eduardo Franco 2008] Franco, José Eduardo; Compêndio Histórico da Universidade de Coimbra, Marquês de Pombal / Junta de Providência Literária, introdução e coordenação de José Eduardo Franco e Sara Marques Pereira, Porto: Campo das Letras, 2008

[José Maria de Abreu 1851] Abreu, José Maria de; Legislação académica desde os estatutos de 1772 até ao fim do anno de 1850 / colligida e coordenada por ordem do Conselheiro Reitor da Universidade de Coimbra, Coimbra: Imprensa da Universidade, 1851

[José Maria de Abreu 1854] Abreu, José Maria de; Legislação académica desde o anno de 1851 inclusivamente até ao presente, colligida e coordenada por José Maria de Abreu. Coimbra: Imprensa da Universidade, 1854

[José Maria de Abreu 1863] Abreu, José Maria de; Legislação académica: 1855-1863 e supplemento, Coimbra: Imprensa da Universidade, 1863

[José Neto 1790] Neto, Jozé Diogo Mascarenhas, Methodo para Construir as Estradas em Portugal, dedicado ao Senhor Dom Joao Principe do Brazil, 1790, Lisboa [Edição fac-similada, introdução de Neves Galhoz, Junta Autónoma de Estradas, 1985]

[José Serrão 1993] Serrão, José Vicente; "O quadro económico – configurações estruturais e tendências de evolução", in . In José Mattoso, editor, História de Portugal – o Antigo Regime (1620-1807), coordenação: A.M. Hespanha, v. 4, pp.71-117. Editorial Estampa, Lisboa, 1993.

[José Veiga 1954] Veiga, José Caldas Nobre da; Tanoaria e Vasilhame, Lisboa: Livraria Sá da Costa, 1954

[K. Maxwell 2001] Maxwell, Kenneth; O Marquês de Pombal, Lisboa: Editorial Presença, 2001

[Kepler 1619] Kepler, J.; De Cometis Libelli Três, Augustae: Vindelicorum, 1619

[L. Marrocos 2008] Marrocos, Luis dos Santos, Cartas do Rio de Janeiro 1811-1821 Luís Joaquim dos Santos Marrocos (coordenação Elisabet Carceller Guillamet; pesquisa e revisão Maria Conceição Geada; transcrição e índices Cristina Pinto Basto, Elisabet Carceller Guillamet), Lisboa: BNP, 2008

[L. Richardson 1910] Richardson, L. F.; "The approximate arithmetical solution by finite differences of physical problems including differential equations, with an application to the stresses in a masonry dam", Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 210 Series A (1910), pp.307-357

[L. Richardson 1927] Richardson, L. F.; "The deferred approach to the limit", Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 226 Series A (1927), pp.299-349

[L. Tirapicos 2010] Tirapicos, Luis; O telescópio em Portugal no Século XVIII [Tese de Mestrado, CIHCT], Lisboa, 2010

[Laboratório do Mundo 2004] Laboratório do Mundo. Ideias e Saberes do Século XVIII, Catálogo de Exposição. S. Paulo, 2004

[Lacaille & Marie 1770] Leçons élémentaires de mathématiques ou Éléments d'Algèbre et de Géométrie / Nicolas Louis de La Caille; nouvelle édition augmentée par l'abbé Marie, Paris, 1770

[Lacaille & Marie 1784] Leçons élémentaires de mathématiques ou Éléments d'Algèbre et de Géométrie / Nicolas Louis de La Caille; nouvelle édition augmentée par l'abbé Marie, Paris, 1784

[Lacaille 1746] Lacaille, Nicholas Louis de; Leçons Elémentaires d'Astronomie Géométrique et Physique, Paris, 1746

[Lacaille 1750] Lacaille, Nicholas Louis de; Leçons Elémentaires d'Optique, Paris, 1750

[Lacaille 1756] Lacaille, Nicholas Louis de; Leçons Elémentaires D'Optique. Par M. l'Abbé de La Caille de l'Académie Royale des Sciences, de celles de Prusse, de Suède, & de l'Institut de Bologne; Professeur de Mathématiques au Collège Mazarin. Nouvelle Edition, revue, corrigée & augmentée, Paris, 1756

[Lacaille 1756] Lacaille, Nicholas Louis de; Leçons Élémentaires de Mathématiques, Paris, 1756

[Lacaille 1759] Lacaille, Nicholas Louis de; Mémoire sur l'observation des longitudes en mer par le moyen de la Lune, Histoire de l'Académie Royale des Sciences, pp.63-98. Paris, 1759

[Lagrange 1853] Lagrange, Mécanique Analytique ; 3e édition, revue, corrigée et annotée par M. J. Bertrand, 2 vols., 1853

[Lalande 1759] Lalande, Jérôme; Tables Astronomiques de M. Halley pour les planètes et les comètes, réduites au nouveau style & au Méridien de Paris. Augmentées de plusieurs Tables nouvelles de différents Auteurs, pour les satellites de Jupiter & les Etoiles fixes, avec des explications détaillées, par M. de Lalande, Paris, 1759

[Lalande 1762] Lalande, Jérôme; Exposition du Calcul Astronomique, par M. de La Lande, Paris, 1762

[Lalande 1764] Lalande, Jérôme; Astronomie, par M. de La Lande, 2 vols., Paris, 1764

[Lalande 1771-81] Lalande, Jérôme; Astronomie, par M. de La Lande, 4 vols. [3 vols. em 1771 e o 4º vol. em 1781], Paris, 1771-81

[Lalande 1774] Lalande, Jérôme; Abregé d'Astronomie, Paris, 1774

[Lalande 1792a] Lalande, Jérôme; Astronomie, par Jérôme le Français La Lande, 3 vols., Paris, 1792

[Lalande 1792b] Lalande, Jérôme; Tables Astronomiques calcules sur les observations les plus nouvelles, pour servir à la troisieme Édition de l'Astronomie, Paris: Desaint, 1792

[Lalande 1801] Lalande, Jérôme; Histoire céleste française, contenant les observations faites par plusieurs astronomes, Paris: Imprimerie de la République, 1801

[Lalande 1803] Lalande, Jérôme; Bibliographie Astronomique, avec l'Histoire de l'Astronomie depuis 1781 jusqu'à 1802: Par Jérôme De La Lande, Paris: L'Imprimerie de la Republique, An XI [1803]

[Laplace 1780] Laplace, Pierre Simon; "Mémoire sur la Détermination des Orbites des Comètes", Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris, pp.13-72. Paris, 1780

[Laplace 1799-1825] Laplace, Pierre Simon; Traité de mécanique céleste [vols.1 e 2 (1799); v.3 (1802); v.4 (1805); v.5 (1823-1825)]. Paris, 1799-1825

[Laplace 1829-39] Laplace, Pierre Simon; Mécanique Céleste by the Marquis de La Place, translated, with a commentary [by Nathaniel Bowditch], Boston, 1829-39

[Laplace 1835] Laplace, Pierre Simon; Exposition du système du Monde, Paris, 1835

[Laplace 1837] Laplace, Pierre Simon; Traité de Mécanique Céleste, par S. P. La Place, Coimbre: Imprimerie de l'Université, 1837

[Laplace 1878-82] Laplace, Pierre Simon; Mécanique Céleste, in Oeuvres complétes de Lapalace, publiées sous les auspices de L'Académie des Sciences. Paris: Gautiher-Villars, Imprimeur-libraire, 1878-1882

[Leal Duarte 2006] Duarte, António Leal; et. al.; "Um estudo sobre o manuscrito "Princípios de geometria tirados dos de Euclides prologo" de José Anastácio da Cunha", in [E. Ralha 2006, pp.219-254]

[Leal, Silva e Queiró 2000] Duarte, António Leal; Silva, Jaime Carvalho e; Queiró, João Filipe; "Some Notes on the History of Mathematics in Portugal", Using history to teach mathematics: an international perspective, Victor Katz (editor), pp.231-243, USA: Mathematical Association of América, 2000

[Leda Talavera 2008] Talavera, Leda Maria Bastoni; Parábola e Catenária: história e aplicações [Tese de Mestrado, USP], S. Paulo, 2008

[Leuschner 1914a] Leuschner; "A short method of determining orbits from three observations", Publication of the Lick Observatory 7:1 (1914), pp.3-20

[Leuschner 1914b] Short methods of determining orbits. Second paper, Publication of the Lick Observatory 7 (1914), pp.217-376

[Liais 1867] Liais ; Traité d'astronomie appliquée a la Géographie et a la Navigation, Paris, 1867

[Liliane Alfonsi 2005] Alfonsi, Liliane; Étienne Bézout (1730-1783): mathématicien, académicien et professeur au siècle des Lumières [Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie], Paris, 2005

[Liliane Alfonsi 2008] Alfonsi, Liliane; "Étienne Bézout: Analyse algébrique au siècle des Lumières", Revue de Histoire de Mathématiques 14 (2008), pp.1-76

[Lima dos Santos 1985] Santos, Maria de Lurdes Costa Lima dos; Intelectuais Portugueses na 1ª metade de Oitocentos, Lisboa: Presença, 1985

[Lindenau 1811] von Lindenau , Bernhard August; Tabulae Martis novae et correctae ex Theoria Gravitatis clarissimi de Laplace et ex observationibus recentissimis erutae, Eisenberg: Libraria Schoeniana, 1811

[Luís Albuquerque 1972] Albuquerque, Luís de; "A 'Aula da Esfera' do Colégio de Santo Antão no século XVII", Anais da Academia Portuguesa de História, 21:2ª série (1972), pp.337-91

[Luis de Albuquerque 1975] Albuquerque, Luis; O Reino da Estupidez e a Reforma da Universidade, Coimbra, 1975

[Luis de Albuquerque 1983] Albuquerque, Luís de; Ciência e Experiência nos Descobrimentos Portugueses, Lisboa: Biblioteca Breve, 1983

[Luis Saraiva 1997] Saraiva, Luis; "Historiography of Mathematics in the Works of Rodolfo Guimarães", Historia Mathematica, 24:1 (1997), pp.86-97

[Luis Saraiva 2004] Saraiva, Luis; "Garção Stockler e o 'Projecto sobre estabelecimento e organização da instrução pública no Brasil'", História do ensino da matemática em Portugal; SPCE - secção de "educação e matemática", pp.79-100. Beja, 2004

[Luis Saraiva 2006] Saraiva, Luis; “Uma carta de José Anastácio da Cunha”, in [E. Ralha, pp.343-348]

[Luis Saraiva 2007] Saraiva, Luis; “The Beginnings of the Royal Military Academy of Rio de Janeiro”, Revista Brasileira de História da Matemática 7:13 (2007), pp.19-41

[Luis Saraiva 2008] Saraiva, Luis; “Mathematics in the Memoirs of the Lisbon Academy of Sciences in the 19th century”, Historia Mathematica, 35: 4 (2008), pp.302-326

[Luis Saraiva 2010] Saraiva, Luis; “The beginnings of the royal military academy of Rio de Janeiro and the teachings of mathematics during the colonial period (1810-1822)”, Research seminar on History and Epistemology of mathematics, proceedings (editors: Assis Azevedo, M. Elfrida Ralha, Lisa Santos), pp.141-156. Braga: CMUM, 2010

[Lurdes Craveiro 1990] Craveiro, Lurdes; Manuel Alves Macomboa, arquitecto da Reforma Pombalina da Universidade de Coimbra, Instituto de História da Arte da FLUC, Série - Subsídios para a História da Arte Portuguesa, XXXI. Coimbra: Imprensa de Coimbra, 1990

[Lurdes Craveiro 2004] Craveiro, Lurdes; “A Arquitectura da Ciência”, pp.49-101, Laboratório do Mundo. Ideias e Saberes do Século XVIII”, Catálogo de Exposição, S. Paulo, 2004

[M. Almeida 1966] Almeida, Manuel Lopes de; Subsídios para a História da Universidade de Coimbra e do seu corpo académico, Coimbra, 1966

[M. Baron 1969] Baron, Margaret E.; The Origins of the Infinitesimal Calculus, New York: Pergamon Press, 1969

[M. Baxandall 1988] Baxandall, Michael; Painting and Experience in Fifteenth Century Italy: A Primer in the Social History of Pictorial Style, Oxford, 1988

[M. Brandão 1938] Brandão, Mário; Um documento acêrca dos prejuízos causados à Universidade de Coimbra pela terceira invasão francesa, Publicações do Arquivo e Museu de Arte da Universidade de Coimbra, Coimbra, 1938

[M. Burgess 1993] Burgess, Martin; “The Scandalous Neglect of Harrison’s Regular Science”, in [W. Andrewes 1993, pp.255-280]

[M. Campbell 2003] Campbell, M.; “Introduction”, pp.1-16, The History of Mathematical tables, from Sumer to spreadsheets, Oxford, 2003

[M. Chapront-Touzé 1998] Chapront-Touzé, Michelle; "Inventaire des Archives Manuscrites du Bureau des Longitudes, Contribution au projet Alidade” [on-line http://alidade.obspm.fr/sdx/alidade/], Paris, 1998

[M. Cotte 2010] Cotte, Michel; et al.; Astronomy from the Renaissance to the mid-twentieth century [cap.12], in Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention - A Thematic Study, 2010

[M. Croarken 2003] Croarken, Mary; "Tabulating the Heavens: Computing the Nautical Almanac in 18th-Century England", IEEE Annals of the History of Computing 25:3 (2003), pp.48-61

[M. Croarken 2003] Croarken, Mary; “Astronomical labourers: Maskelyne's assistants at the Royal Observatory, Greenwich, 1765-1811”, Notes Records Royal Society of London 57:3 (2003), pp.285-298

[M. Daumas 1972] Daumas, Maurice; Scientific Instruments of the 17th & 18th Centuries and their Makers, Londres, 1972

[M. Hettche 2008] Hettche, Matt; "Christian Wolff", The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Ed. Edward N. Zalta [on-line: http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/wolff-christian/], Fall 2008 Edition, 2008

[M. Hoskin 1997] Hoskin, Michael; The Cambridge Illustrated History of Astronomy (ed. Michael Hoskin), Cambridge: University Press, 1997

[M. Marques 1964] Marques, Maria Adelaide Salvador; “A Real Mesa Censória e a Cultura Nacional: aspectos da geografia cultural portuguesa no século XVIII”, Boletim da BGUC XXVI, pp.1-207. Coimbra, 1964

[M. Marques 1982] Marques, Maria Adelaide Salvador; “Pombalismo e Cultura média: meios para um diagnóstico através da real Mesa Censória”, Brotéria 115:2-3-4 (1982), pp.181-208

[M. Nunes 1988] Nunes, M. Castro; “Frei Manuel do Cenáculo e José Anastácio da Cunha”, pp.259-269, in Colóquio Bicentenário da morte de Anastácio da Cunha, Matemático e Poeta. Évora, 1988

[M. Rodrigues 1998] Rodrigues, Manuel Augusto; Chronologia Historiae Universitatis Conimbrigensis, Coimbra: Imprensa da Universidade, 1998

[M. Terrall 2004] Terrall, Mary; “Vis Viva revisited”, History of Science 42 (2004), pp.189-209

[MACL 1797] Memórias da Academia das Ciências de Lisboa, tomo I, Lisboa: ACL, 1797

[MACL 1799] Memórias da Academia das Ciências de Lisboa, tomo 2, Lisboa: ACL, 1799

[Mafalda Pedroso 2004] Pedroso, Mafalda Sofia das Neves; O pensamento científico de Monteiro da Rocha (1734-1819) [Tese de Mestrado, FCSH-UNL], Lisboa, 2004

[Mafalda Pedroso, 2004b] Pedroso, Mafalda Sofia das Neves; "José Monteiro da Rocha (1734-1819): um cientista ex-jesuíta colaborador de Pombal", Brotéria 162:Abril (2006), pp.371-392

[MAIF 1862] Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France, v.26, Paris, 1862

[Malhão Pereira 1994] Pereira, José Manuel Malhão; "Experiências com Instrumentos de Navegação da Época dos Descobrimentos", Mare Liberum 7 (1994), pp.65-192

[Malhão Pereira 2000] Pereira, José Manuel Malhão; Experiências com instrumentos e métodos antigos de navegação, Lisboa: Academia da Marinha, 2000

[Malhão Pereira 2008] Pereira, José Manuel Malhão; "Um manuscrito de cerca de 1767, do P. José Monteiro da Rocha, S.J. com uma solução matemática para a obtenção da longitude pelas distâncias lunares", Cuadernos de Estudios Borjanos L-LI (2007-2008), pp.339-394

[Manoel Baptista 1789] Baptista, Manoel Dias; "Ensaio de descripçaõ, fizica, e Economica de Coimbra, e seus arredores" ["esta Memoria foi premiada pela Academia, na assembleia pública de Julho de 1783", p.254], Memorias economicas da Academia Real das Sciencias de Lisboa, para o adiantamento da agricultura, das artes, e da indústria em Portugal, e suas conquistas. Tomo I. Lisboa: Na Officina da Academia Real das Sciencias, pp.254-298. Lisboa, 1789.

[Mansuy Silva 1993] Silva, Andrée Mansuy; D. Rodrigo de Souza Coutinho. Textos políticos, económicos e financeiros (1783-1811). Direcção da edição e introdução de Andrée Mansuy Diniz Silva, 2 vols., Lisboa, 1993

[Mansuy Silva 2002-06] Silva, Andrée Mansuy; Portrait d'un homme d'État: D. Rodrigo de Souza Coutinho, Comte de Linhares: 1755-1812, 2 vols., Paris: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002-2006

[Manuel Barros 1960] Barros, Manuel de; A teoria do Instrumento de Passagens, Lisboa, 1960

[Manuel de Campos 1735] Campos, Manuel; Elementos de geometria plana e solida segundo a ordem de Euclides […] para uso da Real Aula da Esfera do Collegio de santo Antão da Companhia de Jesus de Lisboa Occidental, Lisboa, 1735

[Manuel Hespanha 1993] Hespanha, António Manuel; "O poder eclesiástico. Aspectos institucionais", in História de Portugal, O Antigo Regime (dir. José Mattoso) pp.287-301. Lisboa: 1993

[Manuel Reis 1964] Reis, Manuel dos; "Para a história do Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra", Revista da Faculdade de Ciências 34 (1964), pp.XXI-XXXI

[Mariano & Pinheiro 1991] Mariano, Emília Henriques Gouveia; Pinheiro, Manuel Augusto Moreirinhas, “O Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra”, Universidade(s). História. Memória, Perspectivas, Actas do congresso «História da Universidade (no 7º centenário da sua fundação), 5 a 9 de Março de 1990, 2 vols., v.2 pp.21-53. Coimbra: Comissão organizadora do Congresso, 1991

[Marie 1768] Marie, Joseph François; Tables de logarithmes pour les sinus & tangentes de toutes les minutes du quart de cercle, & pour tous les nombres naturels depuis I jusqu'à 20000. Avec une exposition abrégée de l'usage de ces tables, Nouvelle Edditions. Paris, Chez Desaint, 1768

[Marie 1774] Marie, Joseph François; Traité de Méchanique par M. l’Abbé Marie de la Maison & Societe de Sorbonne; Censeur Royal, Professeur de Mathematiques au Collège Mazarin, Paris: Desaint, 1774

[Mário Brandão 1938] Brandão, Mário; Um documento acerca dos prejuízos causados à Universidade pela Terceira Invasão Francesa, Coimbra, 1938

[Marquês de Pombal 1982] Marquês de Pombal catálogo bibliográfico e iconográfico, Lisboa: BNP, 1982

[Marquês do Funchal 1908] Funchal, Marquês do; O Conde de Linhares: D. Rodrigo Domingos António de Sousa Coutinho, Lisboa, 1908

[Martin Solc 2007] Solc, Martin; "Olbers, Heinrich Wilhelm Matthias", in [BEA 2007, pp.848-849]

[Martins & Figueiredo 2008] Martins, Carlos; Figueiredo, Fernando B.; “O Observatório Astronómico da Universidade de Coimbra, 1772-1799”, Rua Larga 21 (2008), pp.57-61

[Maskelyne 1781] Maskelyne, Nevil; Tables requisite to be used with the Nautical Ephemeris for finding the latitude and longitude at sea. Published by order of the Commissioners of Longitude [2ª ed.], Londres: William Richardson, 1781

[Matilde Sousa Franco 1983] Sousa Franco, Matilde; Riscos das obras da Universidade de Coimbra: o valioso álbum da Reforma Pombalina / Organizado por Matilde Pessoa de Figueiredo Sousa Franco, Coimbra: Museu Nacional de Machado de Castro, 1983

[Mauguer 1936] Mauguer, Histoire de Navigation aux XV et XIX siècles, Paris, 1936

[Maximino Correia 1964] Correia, Maximino; A Reforma Pombalina da Universidade de Coimbra e os Italianos, Separata de Estudos Italianos em Portugal, v.13 (1964), pp.3-25

[MEACL] Memórias Económicas da Academia Real das Sciencias de Lisboa, para o adiantamento da Agricultura, das Artes, e da Industria em Portugal, e suas conquistas. Lisboa: ACL

[Melo Franco 1818] Franco, Francisco de Melo; O Reino da Estupidez, Poema, Paris: Bobée, 1818

[Mendonza e Rios 1810] Mendonza e Rios, Josef; Tables for facilitating the calculations of Nautical Astronomy, useful in Astronomy and Navigation, Londres, 1801

[Mendoza e Rios 1797] Mendonza e Rios, Josef; "Recherches Sur Les Principaux Problèmes de l'Astronomie Nautique. Par Don Josef de Mendoza y Rios, F. R. S. Communicated by Sir Joseph Banks, Bart. K. B. P. R. S.", Philosophical Transactions of the Royal Society of London 87 (1797), pp.43-122

[Mendoza e Rios 1801] Mendonza e Rios, Josef; Tables for facillating the calculations of Nautical Astronomy, London, 1801

[Miguel Faria 2001] Faria, Miguel Figueira de; A imagem útil. José Joaquim Freire (1760-1847) desenhador topográfico e de história natural: arte, ciência e razão de estado no final do antigo regime, Lisboa: Universidade Autónoma de Lisboa, 2001

[Miguel Monteiro 2004] Monteiro, Miguel; Inácio Monteiro (1724-1812), um jesuíta português na dispersão, Lisboa: CHUL, 2004

[Miguel Pereira 1990] Pereira, Joaquim Tomaz Miguel; 'A livraria do Jardim Botânico de Coimbra, breve percurso da fundação de uma biblioteca universitária', Anuário da Sociedade Broteriana 56:Ano LI (1990), pp.1-18

[Monnier 1746] Monnier; Institutions Astronomiques, ou Leçons Elémentaires d'Astronomie, pour servir d'introduction à la Physique Céleste, & à la Science des Longitudes, avec de nouvelle Tables d'Équation corrigées; et particulièrement les Tables du Soleil, de la Lune & des Satellites; précèdes d'un Essai sur l'histoire de l'Astronomie Moderne, Paris: Guerin, 1746

[Monteiro da Rocha 1776] Rocha, José Monteiro; Oratio in laudem Illustrissimi ac Excellentissimi Domini Sebastiani Josephi Carvalii Melii Marchionis Pombaliensis..., Josepho Monteiro da Rocha, Conimbricae: Ex Typographia Academico Regia, 1776

[Monteiro da Rocha 1797a] Rocha, José Monteiro; Solução Geral do problema de Kepler sobre a medição das Pipas e Tonéis, in [MACL 1797, v.1 pp.1-36].

[Monteiro da Rocha 1797b] Rocha, José Monteiro; Additamentos à regra de M. Fontaine para resolver por approximação os Problemas que se reduzem às Quadraturas, in [MACL 1797, v.1 pp.402-479]

[Monteiro da Rocha 1799] Rocha, José Monteiro; Determinação das órbitas dos Cometas, in [MACL 1799, v.2 pp.402-479]

[Monteiro da Rocha 1799b] Rocha, José Monteiro; "Taboada Nautica para o calculo das Longitudes; da Universidade de Coimbra em 14 de Março de 1799, José Monteiro da Rocha, Na Typographia Chalcografica, e Litteraria do Arco do Cego. Por Ordem de sua Alteza Real", Lisboa [1801]

[Monteiro da Rocha 1803-04] Rocha, José Monteiro; "Táboas Auxiliares", in [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.121-170], [EAOAUC (1805) 1804, v.2, pp.121-165]

[Monteiro da Rocha 1803a] Rocha, José Monteiro; "Cálculo das Longitudes", in [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.213-230]

[Monteiro da Rocha 1803b] Rocha, José Monteiro; "Cálculo dos Eclipses", in [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.230-240]

[Monteiro da Rocha 1803c] Rocha, José Monteiro; Tábuas de Marte para o meridiano do Observatório Real da Universidade de Coimbra, in [EAOAUC (1804) 1803, v.1 pp.i-xv]

[Monteiro da Rocha 1805a] Rocha, José Monteiro; "Uso do retículo Rhomboidal", in [EAOAUC (1806) 1805, v.3 pp.243-254]

[Monteiro da Rocha 1805b] Rocha, José Monteiro; "Uso do Instrumento de Passagens", in [EAOAUC (1806) 1805, v.3 pp.255-264]

[Monteiro da Rocha 1806] Rocha, José Monteiro; "Demonstração e Ampliação do cálculo dos ecclipses proposto no 1º volume destas Ephemerides", in [EAOAUC (1807) 1806, v.4 pp.i- lxxvii]

[Monteiro da Rocha 1807] Rocha, José Monteiro; "Exposição dos methodos particulares de que se faz uso no calculo destas Ephemerides", in [EAOAUC (1808-09) 1807, v.5 pp.i-xxxviii]

[Monteiro da Rocha 1807] Rocha, José Monteiro; Exposição dos Methodos Particulares de que se faz uso no cálculo das Ephemerides de Coimbra. Coimbra: Real Imprensa da Universidade, 1807

[Monteiro da Rocha 1808] Rocha, José Monteiro; Mémoires sur l'Astronomie Pratique par M. J. Monteiro da Rocha [tradução de Manuel Pedro de Melo], Paris: Courcier, 1808

[Monteiro da Rocha 1811] Rocha, José Monteiro; "Additamento ao calculo dos ecclipses proposto no 1o volume, e demonstrado, e ampliado no IV volume destas Ephemerides", in [EAOAUC (1812) 1811, v.8 pp.i-viii]

[Monteiro da Rocha 1812] Rocha, José Monteiro; “Aviso aos Astrónomos sobre o uso da aberração do Sol no cálculo dos planetas”, in [EAOAUC (1813) 1812, v.9 pp.i-viii]

[Monteiro da Rocha 1813] Rocha, José Monteiro; Taboas Astronomicas ordenadas a facilitar o cálculo das Ephemerides da Universidade de Coimbra. Coimbra: Imprensa da Universidade, 1813

[Monteiro da Rocha 2000] Rocha, José Monteiro; Sistema físico-matemático dos cometas José Monteiro da Rocha; edição atualizada, introdução e apêndice por Carlos Ziller Camenietzki e Fábio Mendonça Pedrosa; prefácio e notas de Oscar Toshiaki Matsuura; posfácio de Sergio Nobre, Rio de Janeiro: Masp, 2000

[Montucla 1758] Montucla; Histoire des Mathématiques, 2 vols., Paris, 1758

[Montucla 1799-1802] Histoire des Mathématiques, nouvelle édition, considérablement augmentée et prolongée jusque vers l’époque actuele [2ª ed.], 4 vols. [v.1 e v.2 (1799); v.3 e v.4 (1802)], Paris, 1799-1802

[Morais Silva 1994] Silva, António de Morais; Novo Dicionário Compacto da Língua portuguesa, 5 vols., Mem Martins: Editora Confluência, 1994

[Moritz Schwarcz 2007] Schwarcz, Lilia Moritz; A longa viagem da Biblioteca dos Reis, Lisboa: Assírio & Alvim, 2007

[Morrison & Stephenson 2001] Morrison, L. V.; Stephenson, F. R.; “Historical eclipses and the variability of the Earth's rotation”, Journal of Geodynamics 32 (2001), pp.247-265

[Mota Veiga 1872] Veiga, Manuel Eduardo da Mota; Esboço histórico-literário da Faculdade de Teologia e da Universidade de Coimbra em comemoração do centenário da reforma... 1772, Coimbra, 1872

[Mountaine & Dodson 1757] Mountaine, William; Dodson, James; “A Letter to the Right Honourable the Earl of Macclesfield, President, the Council, and Fellows, of the Royal Society, concerning the Variation of the Magnetic Needle; With a Sett of Tables Annexed, Which Exhibit the Result of Upwards of Fifty Thousand Observations, in Six Periodic Reviews, from the Year 1700 to the Year 1756, Both Inclusive; And are Adapted to Every Five Degrees of Latitude and Longitude in the More Frequented Oceans”, Philosophical Transactions of the Royal Society (1757), pp.329-349

[Moura Martins 2009] Martins, Carlos Moura; Os projectos pata o porto de São Martinho e campos de Alfeizarão, 1774-1800. As opções dos técnicos e dos políticos [Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, DAFCTUC]. Coimbra, 2009

[NA (1734) 1733] Nautical Almanac Office: TheNautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1834. London, 1833

[NA (1767) 1768] Nautical Almanac Office: The Nautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1767. London, 1766

[NA (1768) 1767] Nautical Almanac Office: TheNautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1768. London, 1768

[NA (1771) 1769] Nautical Almanac Office: TheNautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1771. London, 1769

[NA (1792) 1786] Nautical Almanac Office: TheNautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1792. London, 1786

[NA (1797) 1792] Nautical Almanac Office: TheNautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1797. London, 1792

[NA (1800) 1793] Nautical Almanac Office: TheNautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1800

[NA (1803) 1796] Nautical Almanac Office: TheNautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1803. London, 1796

[NA (1824) 1821] Nautical Almanac Office: TheNautical Almanac and Astronomical Ephemeris for the year 1824. London, 1821

[Newhall 1997] Newhall, X.; "Ephemeris", Encyclopaedia of Planetary Sciences, ed. James H. Shirley and Rhodes Whitmore Fairbridge, pp.238-240. London: Chapman & Hall, 1997

[Newton 2010] Isaac Newton, Princípios Matemáticos de Filosofia Natural, in Ao Ombro de Gigantes (Coord. Carlos Fiolhais), pp. 747-1178. Lisboa: Texto Editora, 2010

[NMASB 1782] Nouveaux Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres, 1780. Berlin, 1782.

[Nuno Crato 1999] Crato, Nuno; et al.; Eclipses, Lisboa: Gradiva, 1999

[Nuno Crato 2004] Crato, Nuno; et al.; Trânsitos de Vénus, à procura da escala exacta do sistema solar, Lisboa: Gradiva, 2004

[Nuno Rosmaninho 2006] Rosmaninho, Nuno; O Poder da Arte. O Estado Novo e a Cidade Universitária de Coimbra. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2006

[Nuno Rosmaninho 2006] Rosmaninho, Nuno; O poder da arte: o estado novo e a cidade Universitária de Coimbra, Coimbra: Imprensa da Universidade, 2006

[O. Gingerich 1985] Gingerich, Owen; The accuracy of ephemerides, 1500-1800, Vistas in Astronomy 28:1 (1985) pp.339-342

[O. Gingerich 1993] Gingerich, Owen; “Cranks and Opportunists: "Nutty" Solutions to the Longitude Problem”, in [J. Andrewes 1993, pp.133-148]

[O. Sheynin 1973] Sheynin, O. B.; “Mathematical treatment of astronomical observations (a historical essay)”, Archive for History of Exact Sciences 11:2 (1973), pp.97126

[O’Malley 1999] The Jesuits, cultures, sciences, and the arts, 1540-1773, ed. J. W. O’Malley s.j., Gauvin Alexander Bailey, Steven J. Harris, and T. Frank Kennedy s.j., University of Toronto Press, 1999

[OAUC Inventario 2000] Universidade de Coimbra. Observatório Astronómico: Inventário da Colecção Astronómica do Observatório da Universidade de Coimbra – Ano 2000 [www.astro.mat.uc.pt/novo/observatorio/site/museu/Acesso.htm].

[Ofélia Monteiro 1982] Monteir, Ofélia P.; “Sobre uma versão desconhecida de O Reino da Estupidez”, Revista de História das Ideias 4:2 (1982), pp.199-253

[Olbers 1797] Olbers, W., Abhandlung über die leichteste und bequemste Methode die Bahn eines Cometen aus einigen Beobachtungen zu berechnen von Wilhelm Olbers, Weimar, 1799

[Oliveira Ramos 2000] Ramos, Luís A. de Oliveira; “Soldados, Fidalgos e Estudantes Voltairianos”, Diacrítica 15 (2000), pp.189-211

[Oliveira Ramos 2001] Ramos, Luís A. de Oliveira; “Sobre os ilustrados da academia de Coimbra”, Estudos em homenagem a João Francisco Marques, (Coord. Luís A. de Oliveira Ramos, Jorge Martins Ribeiro e Amélia Polónia), 2vols, pp.313-326, Porto: FLUP. 2001

[Omnibus 2004] APEL – “Estudo de hábitos de leitura e compra de livros” [www.apel.pt/gest_cnt_upload/editor/File/apel/estudos_estatisticas/Habitos%20de%20Leitura%202004.pdf]

[P. Almeida 1988] Almeida, Paulo; “O Ensaio sobre os Princípios da Mechanica de J. Anastácio da Cunha”, in Colóquio Bicentenário da Morte de Anastácio da Cunha, matemático e poeta, pp.229-256, Évora, 1988

[P. Broughton 1985] Broughton, Peter; “The first predicted return of comet Halley”, Journal for the History of Astronomy XVI (1985), pp.123-133

[P. Brunet 1951-53] Brunet, Pierre; "La vie et l’oeuvre de Clairaut.", Revue d’histoire des sciences et de leurs applications 4 (1951), pp.13-40, 109-153; 5 (1952), pp.334-349; 6 (1953), pp.1-17

[P. Crépel 2006] Crépel, Pierre; «La 'physique' dans l'Encyclopédie", Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie 40-41 (2006), pp.251-283

[P. Mancosu 1989] Mancosu, Paolo; "The metaphysics of the calculus: A foundational debate in the Paris Academy of Sciences, 1700-1706", Historia Mathematica 16:3 (1989), pp.224-248

[P. Rudra 2006] Rudra, P.; "A short history of Hindu astronomy & ephemeris", arXiv:0903.1778v1 [physics.hist-ph], Physics Teacher 48:4 (2006)

[Pacheco de Amorim 1955] Amorim, Diogo Pacheco de; "Elogio Hist´orico dos doutores Francisco de Miranda da Costa Lobo e Gumersindo Sarmento da Costa Lobo", O Instituto: Jornal Scientifíco e Litterário, 117 (1955), pp.1-29.

[Panorama 1842] [?]; "Observatório de Coimbra", O Panorama - Jornal Litterario e Instructivo, 1:2ªsérie (1842), pp.2-4

[Paolo Mancou 1989] Mancou, Paolo; "The metaphysics of the calculus: A foundational debate in the Paris Academy of Sciences, 1700-1706", Historia Mathematica 16 (1989), pp.224-248

[Pasachoff & al. 2004] Pasachoff, Jay M.; Schneider, Glenn; Golub, Leon; The black-drop effect explained. Proceedings of the International Astronomical Union (2004), pp.242-253

[Paula Pestana 2003] Pestana, Paula Cristina Vaz; As origens do integral de Riemann [tese de mestrado, DMFCUP], Porto, 2003

[Paula Travassos 1801] Travassos, Francisco de Paula; Explicação da Taboada Nautica para o cálculo das longitudes, offerecida à Sociedade Real Marítima, Militar, e Geográfica, por seu sócio José Monteiro da Rocha, Vice-Reitor […]; e indagação das fórmulas, que serviram para a sua construção, Lisboa: Typographia Chalcographica, Typoplastica, e Litteraria do Arco do Cego, 1801

[Paula Travassos 1803] Travassos, Francisco de Paula; Taboas para o calculo da longitude geográfica segundo o methodo de José Monteiro da Rocha, do Conselho de S.A.R., Commendador da Ordem de Christo, Vice-Reitor, Decano da Faculdade de Mathematica da Universidade de Coimbra, etc., etc. Publicadas com aprovação da Sociedade Real Maritima por Francisco de Paula Travassos, Professor de Mathematica na Academia Real da Marinha, e Secretário da mesma Sociedade, Lisboa: Regia Officina Typofrafica, 1803

[Paula Travassos 1805] Travassos, Francisco de Paula; Methodo de Reducção das distâncias observadas no cálculo das Longitudes, precedido do exame analytico sobre os methodos de determinar a distancia pelas alturas, e o de reducção de Mr. De Borda, Coimbra: Real Imprensa da Universidade, 1805

[Paulo Mourão 2009] Mourão, Paulo Reis; “As exportações portuguesas entre 1714 e 1770: os efeitos do pombalismo através de uma discussão econométrica”, Econ. Apl. [online] 13:2 (2009), pp.279-298.

[Pedro Calafate 1990] Calafate, Pedro; “Iluminismo em Portugal”, Logos: Enciclopédia Luso-Brasileira de Filosofia 2 (1990), pp.1316-1326

[Pedro Calafate 1994] Calafate, Pedro; A ideia de natureza no século XVIII em Portugal (1740-1800), Lisboa, 1994

[Pedro Calafate 1998-2000a] Calafate, Pedro; “António Nunes Ribeiro Sanches”, Instituto Camões [on-line: http://cvc.instituto-camoes.pt/filosofia/ilu10.html], 1998-2000

[Pedro Calafate 1998-2000b] Calafate, Pedro; “Martinho de Mendonça de Pina e Proença”, Instituto Camões [on-line: http://cvc.instituto-camoes.pt/filosofia/ilu2.html], 1998-2000

[Pedro Calafate 1998-2000c] Calafate, Pedro; “Frei Manuel do Cenáculo”, Instituto Camões [on-line: http://cvc.instituto-camoes.pt/filosofia/ilu6.html] 1998-2000

[Pedro Calafate 2001] Calafate, Pedro; "A filosofia da história", História do Pensamento filosófico português: as Luzes, vol. 3, pp. 23-44. Lisboa, 2001

[Pereira Osório 1985] Osório, J. Pereira; Sobre a história e desenvolvimento da Astronomia em Portugal, História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal, publicação do 2° Centenário da Academia das Ciências de Lisboa, pp.111-141, Lisboa, 1985

[Pereira Osório 1985] Osório, J. Pereira; Sobre a História e desenvolvimento da Astronomia em Portugal, [separata] pp.111-141, Lisboa, 1985

[Pingré 1755, p.181] Pingré, Alexandre Guy; "De la détermination des longitudes sur mer par le moyen des angles horaires de la lune", Etat du Ciel pour l’an de grâce 1757 calculé sur les principes de M. Newton rapporté à l’usage de la Marine, pp.180-204, Paris, 1755

[Pingré 1783-84] Pingré, Alexandre Guy; Cometógraphie au Traité Historique et théorique dès Comètes, Paris, 1783-84

[Pinheiro Ferreira 1856-57a] Ferreira, Silvestre Pinheiro; “Notas ao Ensaio sobre os Princípios de Mecânica, obra posthuma de José Anastácio da Cunha”, O Instituto: Jornal Scientifíco e Litterário, v.5 (1856-1857), pp.21-23, 33-35, 57-58, 71-72, 82-84

[Pinheiro Ferreira 1856-57b] Ferreira, Silvestre Pinheiro; “Principios de mechanica por Silvestre Pinheiro Ferreira”, O Instituto: Jornal Scientifíco e Litterário, v.5 (1856-1857), pp.93-95, 107-108

[Pinkerton 1827] Pinkerton, John; Abrégé de Geographie Moderne ou description historique, politique, civile et naturelle des Empires, Royaumes, États et leurs Colonies, avec celle des mers et des Iles de toutes les parties du Monde, Paris: Dentu, 1827

[R IHGB 2002] [?]; “Memórias Astronómicas: Observatório da Marinha, 1978-1803”, Revista do Instituto Historio Geográfico Brasileiro a.163 n.416 (2002), pp.231-268

[R. Adamson 2007] Adamson, Robin; The defence of French: a language in crisis?, Ontario, 2007

[R. Brooks 1991] Brooks, Randall C.; “The Development of Micrometers in the Seventeenth, Eighteenth and Nineteenth centuries”, Journal for the History of Astronomy 22:68 (1991), pp.127-173

[R. Churchhouse 1981] Churchhouse, Robert F. (ed.), Ledermann Handbook of Applicable Mathematics, v.3 (numerical methods), pp.45-49; 253-255. New York, 1981

[R. Hahn 1964] Hahn, R.; L’Enseignement scientifique aux Écoles Militaires et d’Artillerie, in [R. Taton 1964, pp.514-557]

[R. Hahn 1964b] Hahn, Roger; Les Observatoires en France au XVIIIe siècle, in [R. Taton 1964, pp.653-658]

[R. Hutchins 1999] Hutchins, Roger; British University Observatories c.1820-1939: Ideals and Resources [PhD thesis, Faculty of Modern History, University of Oxford]. Oxford, 1999

[R. Learner 1981] Learner, Richard; Astronomy through the Telescope, New York: van Nostrand Reinhold Company, 1981

[R. Ponczek 2000] Ponczek, Roberto Leon; “A Polêmica entre Leibniz e os Cartesianos: MV ou MV^2?”, Caderno Catarinense de Ensino da Física 17:3 (2000), pp.336-347

[R. Taton 1964] Taton, René; Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIIIe siècle, ed. René Taton. Paris: Hermann, 1964

[R. Taton 2008] Taton, René; "Fontaine (Fontaine Des Bertins), Alexis", Complete Dictionary of Scientific Biography, v.5, p. 54-55. Detroit: Charles Scribner's Sons, 2008.

[Ramos Bandeira 1937-42] Bandeira, José Ramos; “Universidade de Coimbra (Paços das Escolas e Casa dos Mellos): a Biblioteca da Universidade de Coimbra”, O Instituto: Jornal Scientifíco e Litterário, v.92:2ªparte (1942), pp.587-700.

[Ramos Bandeira 1943-1947] Bandeira, José Ramos; Universidade de Coimbra, 2 vols., Coimbra: Gráfica de Coimbra, 1943-1947

[Reis Torgal 1990] Torgal, Reis; "Universidade, Conservadorismo e Dinâmica de mudança nos primórdios do Liberalismo em Portugal", Revista de História das Ideias 12 (1990), pp.129-220

[Renato Peixoto 2008] Peixoto, Renato Amado; "Impenitentes, desinteressados ou sem escolha: os Demarcadores e as demarcações portuguêsas no norte do Brasil durante a década de 1780", ", Anais do II Encontro Internacional de História Colonial, Mneme-Revista de Humanidades 9:24 (2008)

[Ribeiro dos Santos 1777] Santos, António Ribeiro dos; "Minuta para o Regimento da Livraria da Universidade de Coimbra". Coimbra, 1777

[Rivka Felday 1999] Felday, Rivka; "The Cultural field of Jesuit Science", in [O'Malley 1999, pp.107-130]

[Rodolfo Guimarães 1900] Guimarães, Rodolfo; Les Mathématiques en Portugal au XIXe`me Siècle, Aperçu Historique et Bibliographique, Coimbra: Imprimerie de l'Université, 1900

[Rodolfo Guimarães 1909] Guimarães, Rodolfo; Les Mathématiques en Portugal, Coimbra: Imprimerie de l'Université, 1909

[Rodolfo Guimarães 1911] Guimarães, Rodolfo; Les Mathématiques en Portugal. Appendice II, Coimbra: Imprimerie de l'Université, 1911.

[Rodolfo Guimarães 1921] Guimarães, Rodolfo; "Os Professores Monteiro da Rocha e Anastácio da Cunha", Jornal de Sciências Matemáticas, Físicas e Naturais, 3:2 (1921), pp.67-87

[Rodrigo Sousa Coutinho 1993] Coutinho, D. Rodrigo de Sousa, Textos políticos, económicos e financeiros (1783-1811), Introdução e direcção de edição Andrée Mansuy Diniz Silva, Lisboa: Edição do Banco de Portugal, 1993

[Rómulo de Carvalho 1959] Carvalho, Rómulo de; História da fundação do Colégio Real dos Nobres de Lisboa, Coimbra, 1959

[Rómulo de Carvalho 1963] Carvalho, Rómulo de; Sobre os compêndios universitários exigidos pela Reforma Pombalina, Figueira de Foz, 1963

[Rómulo de Carvalho 1978] Carvalho, Rómulo de; História do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra, Coimbra, 1978

[Rómulo de Carvalho 1982] Carvalho, Rómulo de; "O recurso a pessoal estrangeiro no tempo de Pombal", Revista de História das Ideias 4:1 (1982), pp.91-117

[Rómulo de Carvalho 1982b] Carvalho, Rómulo de; A Física Experimental em Portugal no século XVIII, Lisboa, 1982

[Rómulo de Carvalho 1985] Carvalho, Rómulo de; A Astronomia em Portugal no séc. XVIII, Lisboa: Biblioteca Breve, 1985

[Rómulo de Carvalho 1985b] Carvalho, Rómulo de; “A física na Reforma Pombalina”, 1º Colóquio sobre História e Desenvolvimento da Ciência em Portugal (1985), pp.143-167

[Rómulo de Carvalho 1987] Carvalho, Rómulo de; D. João Carlos de Bragança 2º Duque de Lafões, Fundador da Academia das Ciências de Lisboa, Lisboa: ACL, 1987

[Rómulo de Carvalho 1988] Carvalho, Rómulo de; “O uso da língua latina na redacção dos textos científicos portugueses”, Separata do tomo XXIX, Memórias da Academia das Ciências de Lisboa, Lisboa (1988), pp.309-337

[Rómulo de Carvalho 2001] Carvalho, Rómulo de; História do Ensino em Portugal, 3ª edição, Lisboa: Calouste Gulbenkian, 2001

[Rosa Galvão 2002] Galvão, Rosa Maria; Os sucessores de Zacuto: o almanaque na Biblioteca Nacional do século XV ao XXI, Lisboa: BNP, 2002

[Rosalina Cunha 1967] Cunha, Rosalina Branca da Silva; “Documentos diversos sobre a Sociedade Real Marítima, Militar e Geográfica: 1798-1809”, Revista Ocidente 72 (1967), pp.57-66

[Rui Grácio 1988] Grácio, Rui; “História da História da Educação em Portugal: 1945-1978”, in [Gomes e Grácio 1988, pp.19-66]

[Rui Lobo 1999] Lobo, Rui; Os Colégios de Jesus, das Artes e de S. Jerónimo evolução e transformação no espaço urbano, Coimbra: DAUC, 1999

[Rui Pita 1996] Pita, João Rui; Farmácia, Medicina e Saúde Pública em Portugal (1772-1836), Coimbra: Minerva, 1996

[Rui Simões 2004] Simões, Rui Paulo de M. Branco; O Stabat Mater de José Maurício (1781) [Tese de Mestrado, FLUC], Coimbra, 2004

[S. Chapin 1995] Chapin, Seymour L.; “The shape of the Earth”, in [Taton & Wilson 1995, pp.22-34]

[S. Dumont 2007] Dumont, Simone; Un Astronome des Lumières : Jérôme Lalande, Paris, 2007

[S. Rommevaux 2005] Rommevaux, Sabine; Clavius une clé pour Euclide au XVIe siècle, Paris: Libraire Philosophique J. Vrin, 2005

[S. Stigler 1978] Stigler, Stephen M.; “Laplace's Early Work: Chronology and Citations”, Isis 69:2 (1978) pp.234-254

[S. Stigler 1978] Stigler, Stephen M.; "Laplace's Early Work: Chronology and Citations", Isis 69:2 (1978), pp.234-254

[Sanches de Orta 1797] Orta, Bento Sanches de; "Observações Astronómicas feitas junto ao Castelo da Cidade do Rio de Janeiro para determinar a Latitude, e Longitude da dita Cidade", in [MACL 1797, v.1 pp.325-344]

[Sandra Poiarez 2002-03] Poiarez, Sandra Rute Pires Távora; O Património cultural na formação de novas identidades: a Universidade de Coimbra e a Reforma Pombalina, Coimbra: S. Poiarez, 2002-2003

[Saraiva & Leitão 2004] The praticce of mathematics in Portugal, ed. Luis Saraiva e Henrique Leitão, Acta universitatis conimbrigensis. Coimbra: UC, 2004

[Seabra de Albuquerque 1876] Albuquerque, António Maria Seabra de; Bibliografia da Imprensa da Universidade de Coimbra [...] de 1874 a 1875, Coimbra, 1876

[Sebastião Trigoso 1815] Trigoso, Sebastião Francisco de Mendo; "Memoria Sobre os Pesos e Medidas Portuguezas, e sobre a Introducção do Systema Metro-Decimal", in [MEACL 1815, v.5 pp.336-411]

[Seidelmann 1996] Seidelmann, P. K.; "Evolution of ephemerides representation and diffusion. (Lecture), in [IAU 1996 n.172, pp.331-344]

[Sheehan & Baum 1995] Sheehan, W.; Baum, R.; "Observations and inference: Johann Hieronymous Schroeter, 1745-1816", Journal of the British Astronomical Association 105:4 (1995), pp.171-175

[Silva & Bastos Filho 1995] Silva, A. S.; Bastos Filho, J. B.; "Wich is the true force? Descartes Quantity of Motion or Leibniz vis viva?", Third International history, philosophy and science teaching conferences v.2, pp.1068-1079. Minneapolis, 1995

[Silva & Leal 1990] Silva; Jaime Carvalho e, Duarte, A. Leal; "Os «Principios Mathematicos» de José Anastácio da Silva", Actas do colóquio internacional Anastácio da Cunha 1744-1787, O matemático e o poeta, pp.81-95, Lisboa: INCM, 1990

[Silvestre Ribeiro 1871-1914] Ribeiro, José Silvestre; História dos estabelecimentos scientificos litterarios e artisticos de Portugal nos sucessivos reinados da monarchia, 19 vols., Lisboa: ACL, 1871-1914

[Simões & outros 2006] Simões, Ana; Carneiro, Ana; Diogo, Maria Paula; Cidadão do Mundo – uma biografia científica do Abade Correia da Serra, Porto: Porto Editora, 2006

[Simões Carvalho 1872] Carvalho, Joaquim Augusto Simões de, Memoria Historica da Faculdade de Philosophia, Coimbra: Imprensa da Universidade, 1872

[Simões de Castro 1867] Castro, Augusto Mendes Simões de; Guia histórico do viajante em Coimbra e arredores, Condeixa, Lorvão, Mealhada, Luso, Buçaco, Monte-Mor-o-Velho e Figueira (com gravuras), Coimbra: Imprensa da Universidade, 1867

[Soares Alves 2004] Alves, Artur S.; "O Observatório Pombalino", in [Laboratório do Mundo 2004, pp.191-197]

[Souchon 1883] Souchon, Traité d'Astronomie Pratique, comprenant l'exposition du calcul des Éphémérides Astronomiques et Nautiques, Paris, 1883

[Sousa Pinto 1849] Pinto, Rodrigo Ribeiro de Sousa; Calculo das Ephemerides Astronómicas de Coimbra, de R. R. de Sousa Pinto, Coimbra: Imprensa da Universidade, 1849

[Sousa Pinto 1857] Pinto, Rodrigo Ribeiro Sousa; "Astronomia Náutica", O Instituto: Jornal Scientifíco e Litterário, v.5 (1857), pp.10-11

[Sousa Pinto 1878] Pinto, Rodrigo Ribeiro Sousa; "Observatório Astronómico", in Visconde de Villa-Maior, Exposição succinta da Organisação actual da Universidade de Coimbra, Coimbra, 1878

[Sousa Viterbo 1988] Viterbo, Francisco Marques de Sousa; Dicionário Histórico e Documental dos Arquitectos, Engenheiros e Construtores Portugueses [prefácio de Pedro Dias], 3 vols., Lisboa: INCM, 1988.

[Stockler 1819] Stockler, Francisco Garção; Ensaio Histórico sobre a origem e progressos das Mathematicas em Portugal, Paris, 1819

[T. Hankins 1965] Hankins, Thomas L.; "Eighteenth-Century Attempts to Resolve the vis viva Controversy", Isis 56:3 (1965), pp.281-297

[T. Hankins 1999] Hankins, Thomas L.; Science and the Enlightenment, Cambridge: University Press, 1999

[T. Hankins 2004] Hankins, Thomas L.; Ciência e Iluminismo, Porto: Porto Editora, 2004

[Tacquet 1707] Tacquet, André; Opera Mathematica (2 ed. priori nitidior & emendatior), Antuérpia: Henricum & Cornelium Verdussen, 1707

[Taton & Wilson 1995] The General History of Astronomy Planetary astronomy from the Renaissance to the rise of Astrophysics. Part B: The eighteenth and nineteenth centuries, v.2B, ed. Rene Taton and Curtis Wilson. Cambridge, 1995

[Tavares & Leitão 2006] Tavares, Conceição; Leitão, Henrique; Bibliografia de História da ciência em Portugal 2000-2004, Lisboa: CHC-UL, 2006

[Taveira da Fonseca 1995] Fonseca, Fernando Taveira da; A Universidade de Coimbra (1700-1771) - estudo social e económico, Coimbra: Imprensa da Universidade, 1995

[Taveira da Fonseca 2000] Fonseca, Fernando Taveira da; "A dimensão pedagógica da Reforma de 1772. Alguns Aspectos", in [Cristina Araújo 2000, pp.43-68]

[Taveira da Fonseca 2001] Fonseca, Fernando Taveira da; Imprensa da Universidade de Coimbra: uma história dentro da história, Coimbra, 2001

[Taveira da Fonseca 2007] Fonseca, Fernando Taveira da; "The Social and Cultural Roles of the University of Coimbra (1537-1820). Some Considerations", e-JPH 5:1 (Summer 2007), pp.1-21

[Teixeira Correia 1999] Correia, José Manuel Teixeira; A Evolução do Conceito de Função na Segunda Metade do Século XVIII [tese de mestrado, FCUP], Porto, 1999

[Teixeira da Mota 1972] Mota, Teixeira da; "Acerca de recente devolução a Portugal pelo Brasil, de manuscritos da Sociedade Real Marítima, Militar e Geográfica (1798-1807)", MACL, Classe das Ciências, t.16 (1972), pp. 237-310

[Tempelhoff 1780] Tempelhoff, George Frederic; "Essai sur la solution du problème. Déterminer l'orbite de la comète par trois observations [1778]", in [Dissertations sur la Théorie des Comètes 1780, pp.73-104]

[Teodoro de Almeida 1774] Almeida, Teodoro; "Observation du passage de Vénus sur le disque du Soleil, faite à la ville de Porto en Portugal, en l'année 1761", Memóires de Mathématique et de Physique, présentés à l'Académie Royale des Sciences, par divers Savans, & lûs dans ses Assemblées 6 (1774), p.352

[Teófilo Braga 1818] Braga, Teófilo; Recapitulação da História da Literatura Portuguesa, Os Árcades, Porto: Livraria Chardron, 1818

[Teófilo Braga 1898-1902] Braga, Teófilo; História da Universidade de Coimbra (1891-1902), 4 vols. [v.3 de 1700-1800 (1898) e v.4 de 1801 a 1872 (1902)], Lisboa, 1898-1902

[Teófilo Braga 1901] Braga, Teófilo; História da Litteratura Portugueza, Filinto Elysio e os Dissidentes da Arcádia, Porto: Livraria Chardron, 1818

[Tiago de Oliveira 1989] Tiago; José Tiago de; O essencial sobre a História das Matemáticas em Portugal, Lisboa: INCM, 1989

[Torgal & Vargues 1984] Torgal, Reis; Vargues, Isabel Nobre; A revolução de 1820 e a instrução pública, Porto, 1984

[Tratado de Hydrodynamica 1775] Tratado // de // Hydrodynamica // por // M. Bossut // da Academia Real das Sciencias // de Paris, examinador dos Ingenheiros // etc. etc. // traduzido e abbreviado // do francez // [selo real] // Coimbra: // na Real Officina da Universidade // MDCCLXXV // Por Ordem de Sua Majestade, e com Privilegio Real.

[Tratado de Mechanica 1775] Tratado de Mechanica por M. Maria da Caza, e Sociedade de Sorbonna, Censor Régio, e Professor de Mathematica no Collegio Mazarino. Traduzido do Francez. Coimbra: na Real Officina da Universidade. MDCCLXXV. // Por Ordem de Sua Magestade, e com Privilegio.

[Tratado de Mechanica 1785] Tratado de Mechanica [...], 2ª edição, Coimbra: Imprensa da Universidade, 1785

[U. Eco 2005] Eco, Umberto; A Ilha do dia antes, Lisboa: Difel, 2005

[UC 2010] Serviço público da Biblioteca da Universidade de Coimbra, Causa Pública, o público e o mediático; exposição da semana cultural da Universidade de Coimbra, Março de 2010.

[Ugo Baldini 2004] Baldini, Ugo; "The teaching of mathematics in the Jesuit colleges of Portugal from 1640 to Pombal", in [Saraiva & Leitão 2004, pp.293-465]

[V. Bialas 1978] Bialas, V.; "Ephemerides of the early seventeenth century", Vistas in Astronomy 22:1 (1978), pp.21-26

[V. Thoren 1975] Thoren, V. E.; "Kepler's work on the lunar theory", Vistas in Astronomy 18 (1975), pp.613-616

[Valter Roque 2003] Roque, Hugo Morais das Neves; Inventário dos trabalhos científicos de José Monteiro da Rocha e das referências à sua vida e obra [Tese de Mestrado, FCTUC], Coimbra, 2003

[Vandelli 1791] Vandelli, Domingos, "Memória sobre o Encanamento do Mondego", in [MEACL 1791, v.3 pp.18-27]

[Vicente Gonçalves 1976] Gonçalves, José Vicente; "Relações entre Anastácio da Cunha e Monteiro da Rocha (1773-1786)", Memórias da Academia das Ciências de Lisboa (Classe de Ciências) 21 (1976-77), pp.37-60

[Vicente Gonçalves 1976-77] José Vicente Gonçalves, Relações entre Anastácio da Cunha e Monteiro da Rocha (1773-1786), in Memórias da Academia das Ciências de Lisboa (Classe de Ciências), 1976-77, vol.XXI, pp.37-60; nota 32, p.54.

[Vila Maior 1880-81] Vila Maior, Reitor da Universidade de Coimbra; "Representação da Universidade de Coimbra [29 de Julho de 1880]", O Instituto: jornal scientifico e litterario, v.28 (1880-1881), pp.94-104

[VilasBoas 1785] VilasBoas, Custódio Gomes; Continuação do Curso de Mathematicas para uso dos Guardas-Bandeira e Guardas-Marinha, que contém o tratado de navegação [de Bézout], Lisboa, 1785

[VilasBoas 1797] VilasBoas, Custódio Gomes; "Memória acerca da latitude e longitude de Lisboa e exposição das observações astronómicas por onde elas se determinaram", in [MACL 1797, v.1 pp.305-324]

[VillaMaior 1878] Maior, Visconde de Villa, Exposição sucinta da organização actual da Universidade de Coimbra, precedida de uma breve notícia deste estabelecimento, 2 vols., Coimbra, 1878

[Villarceau 1857] Villarceau, Yvon; "Détermination des orbites des Planètes et des Comètes", Annales de l'Observatoire Imperial de Paris, v.3, Paris: Mallet-Bachelier, 1857

[Virgílio Correia 1946] Correia, Virgílio, Obras..., 2 vols., Coimbra: Universidade de Coimbra, 1946-1949.

[Vítor Bonifácio 2009] Bonifácio, Vítor Hugo da Rosa; Da Astronomia à Astrofísica. A perspectiva portuguesa (1850-1940) [Tese de doutoramento, DFUA], Aveiro, 2009

[von Zach 1801] "XXXV. Memórias da Academia Real das Sciencias de Lisboa. Tomo I. desde 1780 até 1788. Lisboa. Na Typographia da Academia 1797. Com licença, de S. Magestade; 4 to 577 Seiten und 2 K"; "XXXVI. Memórias da Academia Real das Sciencias de Lisboa. Tomo II. 1799. 520 S. und 44 S. Anhang in 4.", Monatliche Correspondenz zur beförderung der. Erd- und himmels-kunde. Herausgegeben vom Freyherrn von Zach [...] [Gotha] 29 (1801), pp.351-356

[von Zach 1805] "XXXVIII. Ephemerides Astronomicas, calculadas para o meridiano o Observatório Real da Universitate de Coimbra, para uso do mesmo Observatorio e para o da navegação Portugueza. Volume I", Monatliche Correspondenz zur beförderung der. Erd- und himmels-kunde. Herausgegeben vom Freyherrn von Zach [...] [Gotha] 35 (1805), pp.446-455

[W. Andrewes 1993] The quest for longitude: the proceedings of the Longitude Symposium, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, November 4-6, 1993, William J. H. Andrewes, Harvard University. Collection of Historical Scientific Instruments, National Association of Watch and Clock Collectors Collection of Historical Scientific Instruments, Harvard University, 1996

[W. Fabritius 1883] Frabritius, W.; "Du Séjour und Olbers, ein beitrag zur geschichte des cometenproblems", Astronomische Nachrichten 106 (1883), pp.87-94

[W. Olbers 1797] Olbers, Wilhelm; Abhandlung über die leichteste und bequemste Methode die Bahn eines Cometen aus einigen Beobachtungen zu berechnen von Wilhelm Olbers [...], Weimer, 1797

[W. Olbers 1821-22] Olbers, Wilhelm; "An essay on the easiest and most convenient method of calculating the orbit of a comet from observations", The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts, 9 (1820), pp.149-162; 10 (1821), pp.416-426; 11 (1821), pp.177-182; 12 (1822), pp.137-151; 13 (1822), pp.366-385

[W. Smart 1977] Smart, W. M.; Textbook on Spherical Astronomy (6ª ed.), N.Y., 1977

[W. Valente 2004] Valente, Wagner Rodrigues; "Considerações sobre a matemática escolar numa abordagem histórica – A historical approach to school mathematics", Cadernos de História da Educação 3 (2004), pp.77-82

[W. Valente 2007] Valente, Wagner Rodrigues; Uma história da matemática escolar no Brasil, 1730-1930 (2ª ed.), S. Paulo: Annablume editora, 2007