

1 2 9 0



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

Patrícia Alexandra Bolou Alegria

**À DESCOBERTA DO INTERIOR DA TERRA E DAS  
PLANTAS**

**PRÁTICAS LETIVAS EM GEOLOGIA E BIOLOGIA DO 10.º  
ANO DE ESCOLARIDADE**

**Relatório de Estágio Pedagógico no âmbito do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário orientado pela Professora Doutora Isabel Maria de Oliveira Abrantes e pelo Professor Doutor Pedro Miguel Callapez Tonicher e apresentado aos Departamento de Ciências da Vida e Departamento de Ciências da Terra, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.**

Julho de 2023



Faculdade de Ciências e Tecnologia  
da Universidade de Coimbra

# **À DESCOBERTA DO INTERIOR DA TERRA E DAS PLANTAS**

**PRÁTICAS LETIVAS EM GEOLOGIA E BIOLOGIA DO 10.º  
ANO DE ESCOLARIDADE**

**Patrícia Alexandra Bolou Alegria**

**Relatório de Estágio Pedagógico no âmbito do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário orientado pela Professora Doutora Isabel Maria de Oliveira Abrantes e pelo Professor Doutor Pedro Miguel Callapez Tonicher e apresentado aos Departamento de Ciências da Vida e Departamento de Ciências da Terra, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.**

Julho de 2023



**UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA**

## **Agradecimentos**

Aos meus orientadores científicos, Professora Doutora Isabel Abrantes e Professor Doutor Pedro Callapez, pela paciência, apoio e exigência. Tenho a agradecer todas as sugestões e correções e pela partilha de conhecimentos.

Ao Professor cooperante, Professor Paulo Magalhães, pela orientação, apoio, paciência e pela partilha de experiências e conselhos, que sem dúvida vai ser uma mais valia para o meu futuro profissional.

À Professora Doutora Joana Torres, pela partilha de conhecimentos no decorrer das várias disciplinas do mestrado.

Aos meus pais Virgílio Alegria e Ana Bela Alegria, pelo apoio dado nesta aventura de fazer mais um mestrado, e à minha irmã Sofia Alegria, pelos conselhos dados sobre o ensino e educação.

Aos meus colegas de mestrado Ana Ribeiro, Beatriz Furtado, Carolina Nunes e Renato Silva, pela colaboração nos muitos trabalhos que realizamos juntos e pela partilha de experiências e conselhos.

A todos os alunos e colegas que, de alguma forma, contribuíram para encontrar a minha vocação no ensino.

## Resumo

O presente relatório foi realizado no âmbito da unidade curricular Estágio Pedagógico e Relatório, do 2.º ano do Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, da Universidade de Coimbra. Tem por objetivo descrever as atividades desenvolvidas durante o meu estágio pedagógico que decorreu na Escola Secundária D. Duarte, em Coimbra, no ano letivo 2022/2023. Através dessas atividades, das competências com elas adquiridas e da experiência sobre o papel do professor na escola e enquanto educador, foi possível fortalecer conhecimentos sobre métodos e técnicas pedagógicas, proceder a abordagens conceituais baseadas na revisão da literatura sobre os conteúdos de Geologia e Biologia lecionados, desenvolver métodos e estratégias a serem utilizados nas atividades práticas letivas, analisar criticamente esses métodos e estratégias, refletir sobre a progressão da prática letiva na formação de professores e avaliar a aprendizagem dos estudantes, propondo sugestões de melhoria. Os temas lecionados, que pertencem ao programa de Biologia e Geologia do 10.º ano de escolaridade e se reveem nas suas Aprendizagens Essenciais, foram a “Estrutura interna da Terra” e o “Transporte nas plantas”, tendo sido elaborados vários instrumentos para o ensino destes temas. Os resultados do estudo sobre as aprendizagens dos estudantes, foram obtidos através da realização de um pré-teste e de um pós-teste, em ambos os temas, para além da aplicação de um relatório “V de Gowin”. Os dados obtidos revelam os estudantes tiveram maior dificuldade na construção do conhecimento em Geologia do que em Biologia, onde obtiveram uma melhoria nos resultados do pós-teste em relação ao pré-teste, que se pode dever à dificuldade do tema em Geologia e a vários destes alunos terem feito parte do seu percurso escolar com outro currículo. Por estes motivos, as estratégias e técnicas usadas necessitam de uma revisão.

**Palavras chave:** 10.º ano de escolaridade, ensino de Biologia e Geologia, estrutura interna da Terra, formação de professores, transporte nas plantas.

## Abstract

This report was carried out within the scope of the Pedagogical Internship and Report curricular unit, of the 2nd year of the *Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário*, at the University of Coimbra. It aims to describe the activities developed during my pedagogical internship that took place at *Escola Secundária D. Duarte*, in Coimbra, in the academic year 2022/2023. Through these activities, the skills acquired with them and the experience of the teacher's role at school and as an educator, it was possible to strengthen knowledge about pedagogical methods and techniques and proceed with conceptual approaches based on the literature review on the contents of Geology and Biology taught. It was also possible to develop methods and strategies to be used in practical teaching activities, critically analyse these methods and strategies, reflect on the progression of teaching practice in teacher training and evaluate student learning, proposing suggestions for improvement. The subjects taught, which belong to the 10th grade Biology and Geology program and are included in their Essential Learning, were “Earth’s internal structure” and “Transport in plants”, with various instruments having been developed for the teaching these topics. The results of the study on student learning were obtained by carrying out a pre-test and a post-test on both subjects, in addition to applying a “V de Gowin” report. The data obtained reveal that students had greater difficulty in building knowledge in Geology than in Biology, where they obtained an improvement in the results of the post-test in relation to the pre-test. These results may be due to the difficulty of the subject in Geology and to the fact that several of these students have completed part of their school career with another curriculum. For these reasons, the strategies and techniques used are in need of revision.

**Keywords:** 10th grade, teaching Biology and Geology, internal structure of the Earth, pedagogical training, transport in plants.

## Índice

1. Introdução.....	12
1.1. Objetivos .....	13
1.2. Estrutura do relatório.....	14
2. Enquadramento teórico.....	15
2.1. Pedagogia.....	15
2.1.1. Perspetivas de ensino .....	15
2.1.2. Educação em Ciências .....	17
2.1.3. Natureza da Ciência e história da Ciência.....	19
2.1.4. Atividades práticas.....	20
2.1.5. Modelos e analogias.....	25
2.1.6. Questionamento .....	28
2.1.7. Mapas de conceitos e aprendizagem significativa.....	30
2.1.8. Do quadro negro às apresentações em diapositivos .....	32
2.1.9. Uso do manual escolar .....	33
2.1.10. Avaliação .....	35
2.2. Geologia.....	37
2.2.1. Formação do Sistema Solar e da Terra.....	37
2.2.2. Métodos para o estudo do interior da Terra.....	40
2.2.2.1. Métodos diretos .....	41
2.2.2.2. Métodos indiretos .....	43
2.2.3. Estrutura interna da Terra.....	48
2.2.3.1. Modelo geoquímico .....	48
2.2.3.2. Modelo geofísico .....	53
2.2.4. A isostasia .....	54
2.3. Biologia .....	57
2.3.1. Diversidade de plantas .....	57
2.3.2. Os tecidos vasculares.....	59
2.3.2.1. Tecidos vasculares nos órgãos das plantas.....	62
2.3.3. Absorção de água pelas raízes .....	63
2.3.4. Transporte da seiva xilémica .....	66
2.3.4.1. Modelo da pressão radicular .....	67
2.3.4.2. Modelo da coesão-tensão .....	67
2.3.5. Transporte da seiva floémica.....	70

3. Metodologia .....	72
3.1. Caracterização da escola.....	72
3.2. Caracterização da turma.....	73
3.3. Seleção de temas .....	73
3.4. Planificações .....	75
3.5. Método de investigação .....	79
3.6. Estratégias e recursos usados no ensino.....	87
3.6.1. Apresentação de diapositivos.....	87
3.6.2. Atividades práticas de Lápis e Papel.....	90
3.6.2.1. Geologia.....	90
3.6.2.2. Biologia.....	91
3.6.3. Atividades práticas laboratoriais .....	101
3.6.3.1. Geologia.....	101
3.6.3.2. Biologia.....	102
3.6.4. Atividades do manual escolar.....	118
3.6.4.1. Geologia.....	118
3.6.4.2. Biologia.....	118
4. Resultados e Conclusões .....	121
4.1. Pré-teste e Pós-teste de Geologia .....	121
4.2. Pré-teste e Pós-teste de Biologia.....	127
4.3. Relatório “V de Gowin” .....	130
4.4. Aula de Promoção do Sucesso Escolar (PSE).....	131
4.5. Aula da segurança no laboratório .....	131
4.6. Palestras e visita de estudo .....	132
4.7. “Nem tudo o que vem à rede é peixe” .....	133
4.8. Presença em reuniões .....	133
4.9. Apresentação da disciplina aos estudantes do 9.º ano .....	133
4.10. Atividade prática de campo.....	134
4.11. Atividade prática de campo em Tamajón, Espanha.....	134
5. Considerações finais.....	136
Referências bibliográficas .....	137



## Índice de figuras

Figura 1 – Laboratório da Escola Secundária D. Duarte, em Coimbra, onde decorreram as aulas lecionadas no âmbito do estágio pedagógico. Fotografia de Patrícia Alegria .....	22
Figura 2 - Modelo do Relatório "V de Gowin". Imagem de Patrícia Alegria .....	24
Figura 3 - Taxonomia de Bloom original (A) e modificada (B). Imagem de Patrícia Alegria .....	29
Figura 4 - Quadro interativo do laboratório da Escola Secundária D. Duarte, em Coimbra, usado nas aulas. Fotografia de Patrícia Alegria .....	32
Figura 5 - Manual escolar BioGeo do 10º ano de escolaridade adotado na Escola Secundária D. Duarte, em Coimbra, onde foi realizado o estágio pedagógico. Fotografia de Patrícia Alegria .....	34
Figura 6 - Exemplo de Caos de Blocos. Fotografia de Patrícia Alegria.....	42
Figura 7 - Tarolo, obtido através de sondagens. Fotografia de Patrícia Alegria.....	43
Figura 8 - Representação esquemática da propagação das ondas P e das ondas S. Retirado de: Tarbuck & Lutgens, 2013.....	45
Figura 9 - Representação esquemática do modelo geofísico e do modelo geoquímico da estrutura interna da Terra. Retirado de Dias et al., 2013. ....	48
Figura 10 – Peridotito. Fotografia de Patrícia Alegria.....	50
Figura 11 – Esquema que representa a Camada D, a sua origem e a formação de plumas. Adaptado de: Tarbuck & Lutgens, 2013.....	51
Figura 12 - Esquema da hipótese de Pratt. Retirado de: Dias et al., 2014.....	55
Figura 13 - Esquema da hipótese de Airy. Retirado de: Dias et al., 2014 .....	56
Figura 14 - Esquema que demonstra as três vias de movimento da água na raiz. Retirado de: Taiz et al., 2017.....	65
Figura 15 - Trajetória da água pela folha. Retirado de: Taiz et al., 2017.....	69
Figura 16 - Escola Secundária D. Duarte. Fotografia de Patrícia Alegria.....	72
Figura 17 - Sugestão de planificação a longo prazo para a disciplina de Biologia e Geologia do 10.º ano de escolaridade.....	76
Figura 18 - Exemplo de planificação de uma aula de Geologia do tema “Estrutura Interna da Terra”, do 10º ano de escolaridade. ....	77
Figura 19 - Exemplo de planificação de uma aula de Biologia do tema “Transporte nas plantas”, do 10º ano de escolaridade. ....	78

Figura 20 - Pré-teste/Pós teste de Geologia realizado pelos estudantes do 10 <sup>o</sup> ano de escolaridade. ....	80
Figura 21 - Pré-teste/Pós teste de Biologia realizado pelos estudantes do 10. <sup>o</sup> ano de escolaridade. ....	84
Figura 22 - Exemplos de diapositivos das aulas de Geologia sobre a “Estrutura interna da Terra.....	88
Figura 23 - Exemplos de diapositivos usados nas aulas de Biologia sobre “Transporte nas plantas”. ....	89
Figura 24 - Atividade prática de Lápis e Papel: “Cientistas japoneses querem perfurar a Terra até atingir o manto terrestre”, do tema de Geologia .....	92
Figura 25 - Atividade prática de Lápis e Papel: "A história das descontinuidades", do tema de Geologia .....	94
Figura 26 - Atividade prática de Lápis e Papel: “O xilema e o floema”, do tema de Biologia.....	97
Figura 27 - Atividade prática de Lápis e Papel: “Um “detalhe” na evolução salvou as plantas da escassez de água”, do tema de Biologia .....	99
Figura 28 - Atividade prática laboratorial “Geomagnetismo” do tema de Geologia.....	103
Figura 29 - Atividade prática laboratorial “Construção de modelos da estrutura interna da Terra” do tema de Geologia. ....	106
Figura 30 – Construção de modelos, pelos estudantes, na atividade prática laboratorial “Construção de modelos da estrutura interna da Terra” do tema de Geologia. Fotografia de Patrícia Alegria.....	108
Figura 31 - Atividade prática laboratorial “Isostasia” do tema de Geologia. ...	109
Figura 32 - Atividade prática laboratorial – “Observação de tecidos vasculares da raiz, caule e folha” do tema de Biologia. ....	112
Figura 33 - Atividade prática laboratorial "O transporte no xilema" do tema de Biologia. ....	114
Figura 34 - Caule de aipo usado na atividade prática laboratorial "O transporte no xilema” do tema de Biologia. Fotografias de Paulo Magalhães.....	117
Figura 35 - Exercício do Manual BioGeo de 10. <sup>o</sup> ano, do tema de Geologia lecionado (p. 181).- Fonte: Manual BioGeo Parte 1. ....	119
Figura 36 - Exercício do Manual BioGeo de 10. <sup>o</sup> ano, do tema de Biologia lecionado (p. 158).- Fonte: Manual BioGeo Parte 2. ....	120

Figura 37 - Respostas às questões do grupo 1, no pré-teste relativo ao tema de Geologia.....	122
Figura 38 - Respostas às questões do grupo 1, no pós-teste relativo ao tema de Geologia.....	122
Figura 39 - Respostas ao grupo 2, no pré-teste relativo ao tema de Geologia. .....	123
Figura 40 - Respostas ao grupo 2, no pós-teste relativo ao tema de Geologia .....	123
Figura 41 - Respostas ao grupo 3 do pré-teste do tema de Geologia.....	124
Figura 42 – Respostas grupo 3 do pós-teste do tema de Geologia .....	125
Figura 43 - Respostas às questões do grupo 4 no pré-teste do tema de Geologia.....	126
Figura 44 - Respostas às questões do grupo 4 no pós-teste do tema de Geologia.....	126
Figura 45 - Respostas às questões do grupo 1 no pré-teste do tema de Biologia. ....	127
Figura 46 – Resposta às questões do grupo 1 no pós-teste do tema de Biologia .....	128
Figura 47 – Respostas às questões do grupo 2 no pré-teste do tema de Biologia. ....	129
Figura 48 – Respostas às questões do grupo 2 no pós-teste do tema de Biologia .....	129
Figura 49 - Resultados da avaliação qualitativa, obtidos pelos estudantes, no relatório de V de Gowin ” realizado na atividade prática laboratorial “Isostasia” do tema de Geologia. ....	130
Figura 50 - Exemplo de um relatório “V de Gowin”, realizado na atividade prática laboratorial “Isostasia” do tema de Geologia, corrigido.....	131
Figura 51 – Palestra “À procura de Tsunamis no fundo do mar” realizada na Escola Secundária D. Duarte. Fotografia de Patrícia Alegria .....	132
Figura 52 – Exposição “Água – uma exposição sem filtro” no Exploratório – Centro de Ciência Viva. Fotografia de Patrícia Alegria .....	132
Figura 53 - Coleção científica “Nem tudo o que vem à rede é peixe”. Fotografia de Patrícia Alegria .....	133

Figura 54 - Modelo aquífero, usado na demonstração de modelos de Biologia e Geologia. Fotografia de Patrícia Alegria.....	133
Figura 55 – Fóssil recolhido em Tamajón, Espanha. Fotografia de Patrícia Alegria .....	134
Figura 56 – CIPAT. Fotografia de Patrícia Alegria .....	135

# 1. Introdução

O presente relatório enquadra-se na unidade curricular “Estágio Pedagógico e Relatório”, do segundo ano do “Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º ciclo de Ensino Básico e no Ensino Secundário” da Universidade de Coimbra, tendo como objetivo a obter da habilitação profissional para a docência, no grupo de recrutamento de Biologia e Geologia.

Segundo Cañal (2011), a formação de professores de Biologia e Geologia deve incorporar/integrar conhecimentos científicos sobre estas matérias e específicos da didática das mesmas. Desta forma, os futuros professores de Biologia e Geologia devem ter conhecimentos prévios destas duas áreas fundamentais das Ciências Naturais, que são um pré-requisito na candidatura ao mestrado. No primeiro ano deste ciclo de estudos foram estudadas didáticas destas duas áreas, permitindo, assim, a aquisição do conhecimento de como lecionar esta disciplina.

A formação inicial de professores desempenha, desta forma, um papel decisivo no seu desempenho profissional, e como tal, na qualidade da educação. O trabalho dos docentes, tanto a nível individual como a nível coletivo, deve enquadrar-se no funcionamento das organizações, assim, contribuindo para a qualidade das aprendizagens dos estudantes (Santos & Rodrigues, 2022)

A formação de professores, em Portugal, tem sofrido várias alterações ao longo dos anos, das quais uma das mais notórias ocorreu em 2007, com o “Processo de Bolonha”, que procurou uniformizar e regular de forma mais acentuada a formação a nível nacional. Este processo efetivo resultou na alteração substancial da duração, organização e funcionamento dos cursos de graduação e de pós-graduação. Através desta alteração, a formação inicial de professores passou a pertencer ao grau de Mestrado (Pintassilgo & Oliveira, 2013; Dias-Trindade & Ribeiro, 2022).

Foram, também, introduzidas mudanças na formação de professores em 2014, quando a formação inicial de professores aumentou os créditos consagrados para as áreas de docência e didática específica, reduzindo o peso da formação educacional geral e eliminando as metodologias da investigação em educação como uma área a privilegiar na formação. O estágio pedagógico e

a produção do relatório final mantiveram-se no 2.º ano dos mestrados em ensino (Dias-Trindade & Ribeiro, 2022).

Segundo Pintassilgo & Oliveira (2013) o estágio pedagógico é uma forma de o futuro professor contactar diretamente com a escola. Pretende-se que possa, de forma gradual, analisar, refletir, questionar e intervir em situações escolares, sob orientação dos docentes cooperantes e da instituição formadora.

Neste âmbito, o presente relatório descreve o estágio pedagógico que foi realizado na Escola Secundária D. Duarte, em Coimbra, no âmbito da disciplina de Biologia e Geologia, numa turma do 10.º ano de escolaridade, no ano letivo 2022/2023. As atividades práticas letivas descritas neste relatório foram ministradas com a supervisão do professor cooperante Paulo Magalhães e dos orientadores científicos, professora Isabel Abrantes e o professor Pedro Callapez.

No estágio pedagógico foram abordados dois temas da disciplina Biologia e Geologia. O tema de Geologia foi a “Estrutura interna da Terra”, que pertence ao domínio “Estrutura e dinâmica da geosfera” e o tema de Biologia foi a “Distribuição de matéria nas plantas”, que pertence ao domínio “Distribuição de matéria”.

## **1.1. Objetivos**

Os objetivos do estágio pedagógico realizado, consagrados neste relatório, são:

- Fortalecer conhecimentos sobre métodos e técnicas pedagógicos;
- Desenvolver pesquisas bibliográficas aprofundadas sobre os conteúdos de Biologia e Geologia lecionados;
- Desenvolver os métodos e estratégias a serem utilizados nas atividades práticas letivas;
- Analisar e refletir sobre os métodos e estratégias utilizados;
- Refletir sobre a progressão da prática letiva na formação de professores;
- Avaliar a aprendizagem dos estudantes, propondo sugestões de melhoria.

## **1.2. Estrutura do relatório**

Este relatório é constituído por 5 partes: enquadramento teórico; metodologia; resultados e conclusões; considerações finais. Na primeira é apresentada uma contextualização teórica sobre a Pedagogia, onde são destacadas as técnicas e os métodos didáticos usados nas aulas, bem como os enquadramentos teóricos aprofundados dos temas de Geologia e de Biologia. Na metodologia são caracterizadas a escola e a turma, descreve-se os temas selecionados, encontram-se as planificações, as estratégias e os recursos usados nas aulas. Nos resultados e conclusões encontram-se os resultados dos métodos de avaliação aplicados, nomeadamente os pré-testes e pós-testes, tanto do tema de Geologia como do tema de Biologia, e os resultados do relatório “V de Gowin”; são, também, descritas outras atividades realizadas durante o Estágio Pedagógico. Por fim, são referidas algumas considerações finais.

## **2. Enquadramento teórico**

### **2.1. Pedagogia**

O conhecimento de Pedagogia permite que o professor escolha as técnicas e os métodos de ensino que melhor se enquadrem nos conteúdos que leciona. Além disso, como não há turmas nem estudantes iguais, cada aula deve ser planeada e lecionada considerando as suas especificidades.

Neste capítulo são referidas as perspetivas de ensino, a importância da educação em Ciências, a natureza da Ciência e história da Ciência, as estratégias usadas nas aulas a que se refere este relatório e a avaliação.

#### **2.1.1. Perspetivas de ensino**

Segundo Vasconcelos et al. (2003) consideram-se as seguintes perspetivas de ensino: o ensino por transmissão, o ensino por descoberta, o ensino por mudança conceitual e o ensino por pesquisa.

O ensino por transmissão tem o seu ponto central nas exposições orais do professor e está associado às perspetivas *behavioristas* (Glenn et al., 2016). Nesta perspetiva, o estudante tem um papel passivo, sendo encarado com um recetáculo de informações, que mais tarde podem ser úteis na sua vida (Clark, 2018). O professor deverá usar técnicas que salientem informações novas e corretas. Além disso, o papel do professor é exercer autoridade face aos conhecimentos científicos, sobrepondo-se ao papel do estudante, controlando todo o processo e distribuindo recompensas e punição. Pretende-se, acima de tudo, que haja, por parte do professor, uma minuciosa exatidão no que pretende ensinar (Vasconcelos et al., 2003)

Por sua vez, a perspetiva de ensino por descoberta é considerada como um processo ativo (Ozdem-Yilmaz & Bilican, 2020). O estudante constrói o seu conhecimento em interação com o meio e com a intervenção de conceitos pré-existentes. Assim, segundo esta perspetiva de ensino, é necessário dar oportunidade aos estudantes para se envolverem em atividades (Baptista & Pires, 2016). Nesta perspetiva, os estudantes constroem o seu conhecimento a partir das suas próprias explorações. Este conhecimento é passível de ser usado



e fica melhor retido do que apenas memorizar factos (Vasconcelos et al., 2003). Desta forma, são promovidos o desenvolvimento das capacidades argumentativas do estudante, bem como a sua capacidade de resolver problemas. Também se incentiva a aplicação do conhecimento em novas situações, a cooperação, a autonomia e a responsabilidade (Baptista & Pires, 2016).

As perspetivas de ensino por mudança conceptual e de ensino por pesquisa são baseadas em teorias construtivistas e socio-construtivistas. Ou seja, o estudante tem um papel central nestes métodos, construindo, desta forma, uma aprendizagem significativa (Soares et al. 2020).

A perspetiva de ensino por mudança conceptual também valoriza a atividade cognitiva dos estudantes, remarcando a importância das conceções prévias, isto é, não visa apenas a construção de novos conhecimentos, mas a sua reorganização conceptual. Neste método está implícita a utilização de estratégias metacognitivas, através das quais, os estudantes são envolvidos num exercício sobre o pensar, para além de desenvolverem o espírito crítico e criativo. Nesta perspetiva, o professor é considerado um mediador entre o estudante e a sua aprendizagem. Assim, o estudante assume um papel central no seu processo de ensino e aprendizagem (Vasconcelos et al., 2003).

Por sua vez, a perspetiva de ensino por pesquisa proporciona uma mudança de atitude. Motiva os estudantes, contribuindo para que sobressaiam os seus interesses sociais e culturais. Através dela, o professor deve promover uma discussão entre os estudantes sobre os conteúdos a serem lecionados, o que proporciona um exercício de pesquisa partilhada. Assim, é valorizado o envolvimento cognitivo e afetivo desses estudantes, sem respostas prontas ou prévias. Pretendem-se soluções provisórias, com resposta a problemas reais, abordando conteúdos interdisciplinares e transdisciplinares, relevantes do ponto de vista cultural e educacional (Chaves & Pinto, 2005).

Devido ao ensino por pesquisa abordar situações-problema do quotidiano, permite construir conhecimentos sólidos e duradouros. Para além disso, através deste tipo de ensino promove-se a reflexão sobre processos de Ciência e Tecnologia, relacionando-os com a Sociedade e o Ambiente. Por estes motivos, esta perspetiva é a que mais se adequa ao ensino de Ciências. Assim, a

Educação em Ciência deve garantir aprendizagens úteis e utilizáveis no dia-a-dia (Chaves & Pinto, 2005; Soares et al., 2020).

### **2.1.2. Educação em Ciências**

Na perspectiva de Dourado & Leite (2008) a aprendizagem de todos os estudantes durante os anos de escolaridade obrigatória, deve incluir uma forte componente curricular em Ciências. Com efeito, o conhecimento adquirido ao estudarem os rudimentos dos principais domínios do conhecimento científico irá torná-los cidadãos cientificamente cultos, detentores de um grau de literacia científica, que os irá auxiliar a compreender e a relacionarem-se com o mundo que os rodeia. Além disso, irá permitir-lhes, enquanto indivíduos conscientes da sua cidadania e do seu papel na sociedade, a tomada de decisões fundamentais sobre assuntos relacionados com o conhecimento científico. Neste sentido, a escola tem tido um papel fundamental na educação em Ciência dos cidadãos. Os conhecimentos construídos em contexto escolar são relevantes para a compreensão dos processos científicos e das questões que a Ciência pretende responder, muitas delas com implicações diretas na sociedade e nas vivências quotidianas de todos nós (Martins, 2011).

A literacia científica permite que os cidadãos sejam capazes de tirar partido dos processos naturais, contribuindo para uma melhoria nas condições da vida pessoal, social e ambiental. Além disso, evita que tomem atitudes que podem ser prejudiciais à sua vida, bem como às existências de outros seres vivos, sensibilizando-os para o património natural e para a sustentabilidade ambiental (Dourado & Leite, 2008)

O desenvolvimento do raciocínio científico e do pensamento crítico pelos estudantes a partir das suas vivências e de situações problemas no contexto escolar é uma das principais metas do ensino em Ciências, como refere Mendonça (2020). Assim, para desenvolver a sua literacia científica, os estudantes, devem ter oportunidade de analisar, compreender e explicar os processos naturais (Dourado & Leite, 2008), bem como a diversidade biológica e geológica deles decorrentes, a diversas escalas, relacionando-os com a dinâmica e interações dos subsistemas terrestres.

A abordagem interdisciplinar e transversal sobre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) é uma das estratégias utilizadas frequentemente no ensino em Ciência, contribuindo para a formação de indivíduos com maior literacia científica e mais integrados no seu meio, enquanto cidadãos. A aprendizagem dos conceitos deve ser feita a partir de problemas próximos, o que torna a Ciência mais atrativa e útil, para além do seu ensino ser mais contextualizado e atual (Soares et al., 2020)

Apesar da relevância da educação em Ciências para os estudantes, o seu interesse é baixo e diminui ao longo dos níveis de escolaridade. Uma das explicações para esta falta de interesse é que a Ciência é mostrada como uma coleção de factos independentes e descontextualizados, que parecem não ter qualquer relação com a sua vida quotidiana. Por este motivo, é relevante que o ensino em Ciências se baseie em factos do mundo real, conduzindo assim, os estudantes a entenderem a importância deste conhecimento para as suas vidas (Leite et al., 2016).

O contacto com conceitos oriundos das Ciências habilita o cidadão a participar, de forma mais livre, consciente e ativa no seu próprio processo de desenvolvimento social. Além disso, o conhecimento de como a Ciência é construída é uma forma de transmitir valores, como por exemplo, o respeito pela diversidade (Veríssimo & Ribeiro, 2001).

Desta forma, a discussão das ideias das Ciências, bem como dos seus principais modelos, das suas teorias e das suas leis, torna-se relevante para o desenvolvimento conceitual dos estudantes. Estas discussões devem ocorrer a partir da apresentação dos conceitos científicos nos seus contextos de desenvolvimento, sendo destacadas as evidências que os fundamentam. Tal permite aos estudantes uma visão do mundo e da sociedade através do conhecimento científico. Assim, a aprendizagem de Ciências requer a participação dos estudantes em práticas sociais relacionadas com a produção, avaliação, comunicação e legitimação do conhecimento (Mendonça, 2020).

O ensino de Ciências deve, também, identificar as concepções erradas que os estudantes possam ter sobre Ciência e sobre as atividades desenvolvidas pelos cientistas. O professor deve identificar quão distorcida é a imagem que os estudantes têm da Ciência. Estas concepções ocorrem devido à imagem enviesada e descontextualizada associada à Ciência e ao trabalho dos

cientistas, que se encontra constantemente reforçada fora da sala de aula. Para além disso, quando o processo de ensino e aprendizagem de Ciências se apoia na mera transmissão de conceitos, reforça as concepções erradas que os estudantes têm de Ciência (Azevedo & Scarpa, 2017).

Por estes motivos, o ensino em Ciências deve despertar a curiosidade e o interesse dos estudantes para os seus conteúdos, objetivando contribuir para que construam os seus saberes compreendendo como se faz Ciência. O processo de ensino deve ser interessante, privilegiando o diálogo e evitando aulas meramente expositivas. Além disso, deve contextualizar os problemas e conceitos abordados, utilizando exemplos reais e interessantes.

### **2.1.3. Natureza da Ciência e história da Ciência**

Na atualidade, compreender a natureza da Ciência é um dos objetivos da educação em ciências. É relevante em qualquer nível de ensino e deve promover reflexões filosóficas contemporâneas (Faria et al. 2012; Peduzzi & Raicik, 2020). A natureza da Ciência descreve em que consiste a Ciência e de que modo os cientistas trabalham. Também enfatiza as realidades de como a sociedade influencia a Ciência e como esta é influenciada pelo conhecimento científico e pela sua construção epistemológica. Assim, ao estudar-se a natureza da Ciência são considerados os aspetos históricos, sociológicos, filosóficos e psicológicos de se fazer Ciência (Lederman et al. 2002; Torres & Vasconcelos, 2015, 2021).

Em concreto, a natureza da Ciência aborda as atividades dos cientistas, a sua interdisciplinaridade e o seu trabalho em grupo, e como a Ciência pode ser afetada por fatores sociais. Além disso, a natureza da Ciência foca as características da investigação científica, como os métodos, as etapas da investigação e o papel do conhecimento construído nestas investigações (Azevedo & Scarpa, 2017). A sua implementação em sala de aula melhora, também, a aprendizagem dos conteúdos de Ciência, pois permite gerar interesse por estes temas (Hodson, 2014).

Por estes motivos, o conhecimento sobre a natureza da Ciência em educação é importante para a literacia científica. Como tal, deve ser referida nas aulas de Ciências. Desta forma os estudantes podem compreender a natureza

conjetural e hipotética do conhecimento científico, bem como os seus objetivos e limites (Torres & Vasconcelos, 2015).

Por sua vez, a inclusão da história da Ciência no ensino promove uma melhor compreensão da própria natureza da Ciência, para além de promover mudanças conceituais apropriadas nos estudantes, também neutraliza o cientificismo e o dogmatismo da Ciência (Marletta, 2013). Estudar a história da Ciência também auxilia a humanizá-la, levando os estudantes a apreciar a Ciência como sendo um esforço humano (Faria et al, 2012)

Por outro lado, uma abordagem interdisciplinar entre a Ciência e a História contribui para uma imagem mais realista da descoberta científica, o que faz com que os estudantes compreendam que a Ciência é o resultado de um processo condicionado pelas circunstâncias da época e do local onde ocorreu o estudo. Ou seja, reflete a realidade política, social, económica e cultural. Assim, contribui para a compreensão de como se faz Ciência e de que o conhecimento científico é aberto, sujeito a mudanças e a reformulações (Monteiro et al., 2019)

Nesta linha de raciocínio, torna-se óbvio que as abordagens sobre natureza da Ciência e história da Ciência, aplicadas em aulas de Biologia e de Geologia, são particularmente relevantes. Tal estratégia leva os estudantes a compreenderem como se faz Ciência nestas áreas do conhecimento, e como o progresso científico é limitado por constrangimentos da sociedade onde está inserida. O desenvolvimento de temas como as grandes controvérsias biológicas e geológicas, os atores científicos a elas ligados e as roturas epistemológicas e novos paradigmas, a que os seus nomes ficaram ligados historicamente, são estratégias bastante eficazes em ambiente de sala de aula, que podem despertar o interesse da turma sobre o conhecimento científico e, como tal, auxiliar a aprendizagem sobre os temas científicos.

#### **2.1.4. Atividades práticas**

Outra estratégia relevante para o ensino em Ciências é a realização de atividades práticas. Estas correspondem a qualquer atividade em que os estudantes se envolvam ativamente na sua realização. O desenvolvimento pode ser nos domínios cognitivo, afetivo e psicomotor (Valadares, 2006; Constante & Vasconcelos, 2010).

As atividades práticas são importantes para o processo de ensino e aprendizagem em ciências. Contribuem para o desenvolvimento de competências cognitivas e técnicas dos estudantes. Também promovem a motivação e o interesse dos mesmos. Por estes motivos, é de extrema importância a inclusão de atividades práticas no ensino das Ciências (Gabriel et al., 2006; Ferreira & Morais, 2017), como, aliás, já vem sendo praticado desde longa data, desde que as reformas pombalinas introduziram práticas experimentais na aprendizagem da História Natural, e está preconizado nos programas escolares (Carvalho, 1986). Dentro das atividades práticas encontram-se a pesquisa bibliográfica com recurso a tecnologias de informação e comunicação (TIC), a realização de entrevistas e a resolução de atividades de Lápis e Papel, bem como atividades laboratoriais, de campo e de museu (Chaves & Pinto, 2005; Constante & Vasconcelos, 2010). Destas, as atividades que envolvem o manuseamento *hands-on* de amostras e de espécimes naturais, são particularmente importantes em Biologia e Geologia.

Vários autores, como por exemplo Dourado (2006), Constante & Vasconcelos (2010) e Correia & Gomes (2011), incluem as atividades laboratoriais e as atividades de campo dentro das atividades práticas, distinguindo, ainda, as atividades experimentais, onde pode ocorrer manipulação de variáveis e que podem estar incluídas nas duas anteriores.

As atividades práticas laboratoriais ocorrem no laboratório (fig. 1), ou numa sala normal, usando material de laboratório (Valadares, 2006; Constante & Vasconcelos, 2010; Correia & Gomes, 2011). Para que uma aula no laboratório seja considerada uma atividade prática, o estudante deve ser o executante. Caso seja uma demonstração, executada pelo professor, esta não pode ser considerada uma atividade prática (Constante & Vasconcelos, 2010).



Figura 1 – Laboratório da Escola Secundária D. Duarte, em Coimbra, onde decorreram as aulas lecionadas no âmbito do estágio pedagógico. Fotografia de Patrícia Alegria.

As atividades laboratoriais constituem um método que facilita a aprendizagem de Ciências (Nunes & Dourado, 2015), promovendo, também, o desenvolvimento pessoal e social dos estudantes. A este respeito, Dourado & Leite (2008) realçam que as atividades laboratoriais são um recurso didático importante para a compreensão dos conteúdos de Ciências.

Para além de contribuírem para a compreensão dos conteúdos de Ciência, as atividades laboratoriais podem promover a aprendizagem de conhecimento concetual e procedimental, podem ainda contribuir para a aprendizagem sobre métodos científicos, para além de promoverem o pensamento crítico e criativo, bem como o desenvolvimento de atitudes (Vieira & Tenreiro-Vieira, 2005). Por estes motivos, é essencial que o professor de Biologia e Geologia planeie, para as suas aulas, atividades práticas laboratoriais.

Quanto às atividades de campo, estas ocorrem, muitas vezes, como suporte para as atividades de laboratório. No decorrer destas atividades podem ser recolhidos materiais que, posteriormente são analisados em ambiente formal, de laboratório. Ou seja, as atividades de campo correspondem às aulas lecionadas fora do contexto da sala de aulas, como por exemplo, visitas a jardins, afloramentos geológicos, parques naturais e geossítios, monumentos e museus

(Correia & Gomes, 2011). Como é óbvio, estas atividades são relevantes para o ensino, pois os estudantes têm a possibilidade de entrar em contacto com as realidades dos processos que se encontram a estudar. Contribuem, como tal, para a sua compreensão dos conteúdos de Ciências, bem como para a sua educação enquanto cidadãos (Dourado, 2006).

Por sua vez, as atividades experimentais envolvem a manipulação e controlo de variáveis, podendo ser laboratoriais, de campo ou outro tipo de atividades práticas (Chaves & Pinto, 2005; Fonseca et al., 2005; Valadares, 2006; Constante & Vasconcelos, 2010; Correia & Gomes, 2011). Assim, o trabalho experimental corresponde a investigações que os estudantes desenvolvem. Estas constituem experiências significativas, que permitem a utilização de analogias e a construção de aprendizagens de conceitos próximos dos que são aceites pela comunidade científica (Fonseca et al., 2005). As atividades experimentais também podem ajudar a diminuir as dificuldades de aprendizagem, pois permitem a interpretação, discussão e confronto de ideias entre os estudantes (Chaves & Pinto, 2005).

Nas atividades práticas experimentais é relevante que os estudantes consigam compreender a sua natureza e os seus objetivos. Para tal pode usar-se o relatório “V de Gowin” (fig. 2), como um recurso didático facilitador de aprendizagens (Soares et al., 2020). O relatório V de Gowin constitui uma ferramenta de ensino que permite que os estudantes interiorizem que a construção de conhecimentos está relacionada com os atos de pensar e de fazer, ou seja, promovendo o desenvolvimento de aprendizagens significativas (Soares et al., 2017).

Este tipo de relatório esquemático foi criado em 1977, por David Bob Gowin. É um recurso didático destinado a auxiliar o entendimento do conhecimento (Soares et al., 2017). Segundo Fonseca et al. (2005), é um instrumento heurístico usado para a análise da estrutura do processo de produção do conhecimento, ou seja, é um instrumento em que o estudante é encaminhado a descobrir de forma autónoma o que se pretende ensinar.

Na sua estrutura é constituído por quatro componentes: o domínio conceptual, a questão problema, o domínio metodológico e os acontecimentos/objetivos (Soares et al., 2017, 2020). O lado esquerdo do “V de Gowin” corresponde à parte concetual da pesquisa, no qual deverão ser



explanados resumidamente os conceitos, os princípios e as teorias. O lado direito constrói-se em função da investigação realizada na atividade prática, correspondendo à parte metodológica da pesquisa realizada. É onde são tomadas notas das transformações e observações que vão ocorrendo, construindo-se tabelas e gráficos e registrando os resultados (Fonseca et al, 2005).

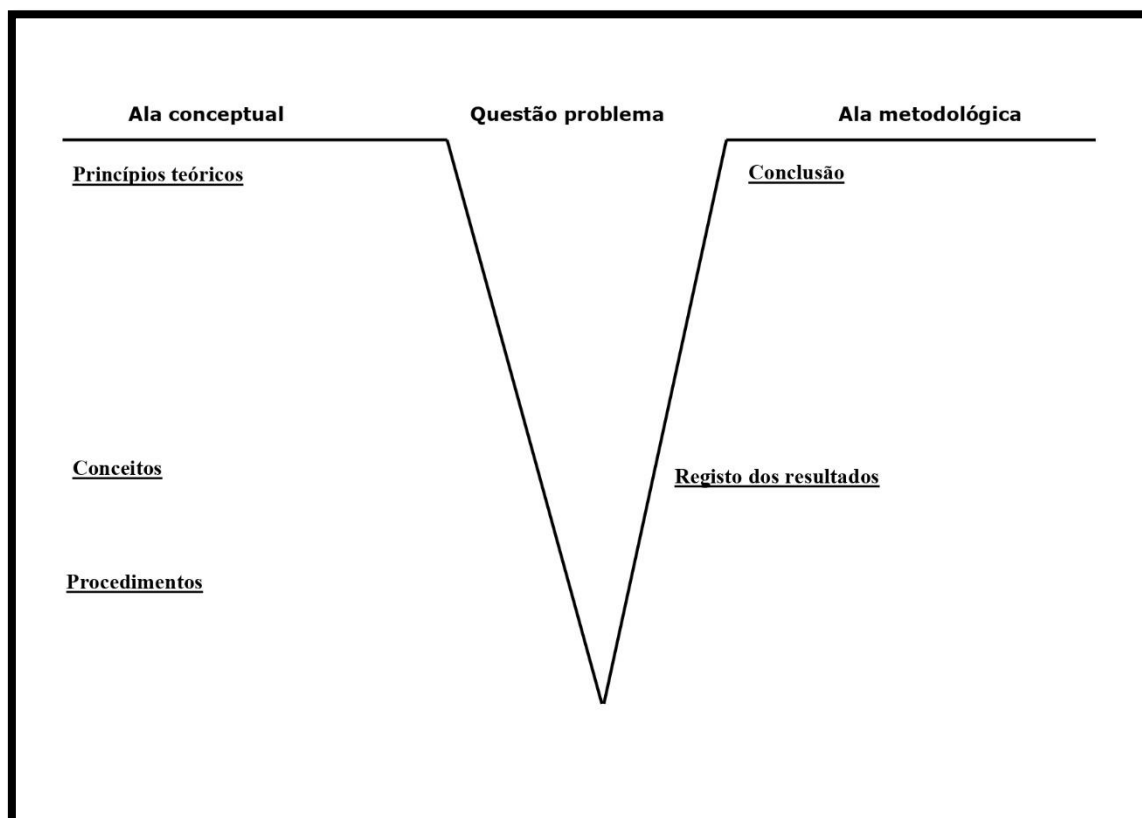


Figura 2 - Modelo do Relatório "V de Gowin". Imagem de Patrícia Alegria

Por fim, nem todas as atividades práticas são, necessariamente, atividades práticas laboratoriais ou de campo. Dentro das atividades práticas incluem-se, como já referido, as atividades de Lápis e Papel. Em Almeida, et al. (2012), estas atividades são definidas como tarefas onde se exige aos estudantes a produção, escrita ou oral, de respostas a questões, que se relacionam com a análise de textos informativos, tabelas, figuras, esquemas ou fotografias.

No ensino das Ciências, as atividades de Lápis e Papel podem ser enquadradas em temas atuais. Em Nunes & Dourado (2015) é salientada a

pertinência do uso de situações e questões problema do cotidiano presente. Assim, é possível contextualizar as aprendizagens, bem como articulá-las com conhecimentos anteriores.

### **2.1.5. Modelos e analogias**

O uso de modelos científicos tem, também, um papel essencial no ensino das ciências. Estes auxiliam na compreensão dos conteúdos, tornando a aprendizagem dos estudantes mais significativa (Torres & Vasconcelos, 2015). Por exemplo, os estudantes podem explorar um modelo para um determinado processo que se pretende estudar. Assim, ao serem confrontados com a possibilidade de interagirem com esse modelo, podem manipular as variáveis e observar as suas consequências (Dourado & Leite, 2008).

Esta estratégia pedagógica foi desenvolvida, sobretudo, na década de 1990. De início, foi usada para o ensino da Física. Posteriormente, começou a ser utilizada nas outras disciplinas de Ciências, como na Biologia e na Geologia. Na sua essência, este é considerado de natureza construtivista (Stammen et al., 2018).

Os modelos científicos são essenciais para a investigação em Ciências, na medida em que são uma ferramenta usada pelos cientistas na compreensão de processos que ocorrem na Natureza. Como tal, são utilizados para descrever, explicar e prever aspetos particulares do mundo natural. Fazem, desta forma, parte do trabalho de investigação científica (Oh & Oh, 2011; Torres & Vasconcelos, 2015; Oliva, 2019).

Um modelo corresponde a uma representação de um alvo e os alvos dos modelos podem ser muito diversos, incluindo objetos, processos, ideias abstratas e sequências de eventos. Regra geral, o modelo tem como objetivo representar o alvo, não correspondendo, necessariamente, a uma cópia exata do mesmo (Oh & Oh, 2011). Ou seja, a representação corresponde a uma expressão formal e parcial do alvo, devendo ser capaz de abstrair e reformular a sua essência. Neste sentido, o modelo é uma representação esquemática e conceitual do alvo. Muitas vezes é incompleta, aproximada e mais simples do que o alvo em si (Oliva, 2019).

Ao longo da História, os cientistas criaram diferentes modelos para explicarem processos naturais. Estes foram sendo testados e alterados de acordo com o desenvolvimento do conhecimento científico (Oh & Oh, 2011). Através do estudo dos modelos históricos, os estudantes podem compreender como a Ciência evoluiu. Podem, também, aprender a fazer Ciência, através da construção dos seus próprios modelos. Além disso, o uso de modelos permite aprender sobre Ciência. Através do desenvolvimento de uma visão correta sobre a natureza desses modelos, os estudantes são capazes de compreender a sua função na investigação científica. Assim, o uso de modelos científicos é relevante para o ensino da natureza da Ciência (Torres & Vasconcelos, 2015, 2021).

Para a compreensão dos conteúdos de Ciências, o professor pode usar modelos para demonstrar como algo funciona (Oh & Oh, 2011) e utilizá-los como simplificações didáticas para explicar conceitos complexos de ciências, ou que envolvam graus de abstração elevados.

Os modelos fornecem apresentações externas e representações visuais, que suportam a construção do conhecimento e do raciocínio. Desta forma, os estudantes podem construir os seus modelos mentais, desenvolvendo, na sua consciência, representações para compreender o mundo real. Assim, os modelos podem ser importantes para a construção do conhecimento dos conceitos de Ciência. O conhecimento construído com o desenvolvimento de modelos mentais pode ir mais além do que a memorização, levando o estudante a construir conhecimentos significativos (Oliva, 2019)

Através da exploração de modelos já existentes, os estudantes podem desenvolver a sua investigação, alterando os parâmetros e observando as consequências destas mudanças. Outras atividades podem consistir na criação, por parte dos estudantes, de modelos para expressar as suas ideias sobre determinados assuntos e ainda na construção de modelos para investigação, ou seja, na criação de modelos que expliquem os resultados de uma experiência, ou que se destinem a prever novos resultados (Oh & Oh, 2011). Também Ferreira et al. (2015) salientam que a manipulação de variáveis em modelos permite a compreensão do processo natural representado.

Segundo Torres & Vasconcelos (2021), os modelos são relevantes nas aulas de Biologia e Geologia. A sua importância deve-se ao facto de, nestas

duas Ciências, se usarem vulgarmente modelos como ferramentas na pesquisa científica.

O uso de modelos é relevante no ensino de Geologia, devido à investigação, nesta área do saber, lidar com processos que não podem ser percebidos diretamente, por lidarem com escalas espaciais e temporais de grande amplitude. Nas aulas de Geologia, os modelos podem explicar características do alvo, auxiliando os estudantes na compreensão dos conteúdos (Oh & Oh, 2011; Torres & Vasconcelos, 2015).

Para além da sua importância para o ensino de Geologia, os modelos também são importantes para o ensino de Biologia. Os modelos na investigação em Ciências Biológicas podem ser relevantes para compreender processos sobre os seres vivos, podendo servir, também, como meio de comunicar os resultados dessa investigação (Krell & Krüger, 2016). Os modelos usados no ensino de Biologia podem ser usados de forma semelhante aos utilizados em investigação. Na realidade, estes modelos podem ser modelos simples e irrealistas, que servem para explorar sistemas mais complexos. Como tal, podem ser usados para explorar possibilidades desconhecidas e levar ao desenvolvimento de estruturas conceituais. Os modelos também podem servir para fazer previsões precisas e gerar explicações causais (Svoboda & Passmore, 2013).

A maioria dos modelos usados no ensino são representações baseadas em analogias, em que os modelos são baseados na semelhança com o alvo (Chamizo, 2013). As analogias não pressupõem que exista uma igualdade simétrica. Deve existir uma relação com o alvo, com a finalidade de compreender aquilo que é desconhecido (Duarte, 2005).

O uso de analogias no ensino procura uma inovação pedagógica, representada de forma dinâmica e adaptada para o ensino de conceitos. Além disso, é uma estratégia que requer o recurso à intuição básica (Nagem et al, 2001). Pode ter várias potencialidades em relação ao ensino das ciências, como por exemplo, levar à ativação do raciocínio analógico, ao desenvolvimento de capacidades cognitivas e a organizar a percepção. O uso de analogias torna o conhecimento científico mais inteligível e plausível, pois facilita a compreensão e visualização de conceitos. Estas são ferramentas que permitem e facilitam a evolução de conhecimento, possibilitando ao estudante, ultrapassar eventuais

concepções alternativas. Além disso, podem ser usadas para avaliar o conhecimento e a compreensão por parte dos estudantes (Duarte 2005).

#### **2.1.6. Questionamento**

O questionamento é, também, uma ferramenta importante no processo de ensino e aprendizagem. Por isso, é relevante promover a formulação de questões dentro da sala de aula, sendo esta uma estratégia que é muito frequente no dia-a-dia, nos mais variados contextos, sendo de grande relevância para o desenvolvimento cognitivo dos indivíduos. A capacidade de questionar surge antes da idade escolar. Apesar disso, o ambiente escolar é importante para estimular o questionamento (Pinto et al., 2015). Como tal, existe a necessidade de incentivar e refinar a formulação de questões na sala de aula, levando os estudantes a construírem questões que exijam capacidades, tanto de reflexão, como de pensamento crítico (Carvalho & Dourado, 2009).

A formulação de questões é considerada uma ferramenta fundamental na construção e regulação do conhecimento (Vaz-Rebelo et al., 2020). Com efeito, o questionamento irá estimular os estudantes a explicarem o seu conhecimento prévio, a fazerem observações, a estabelecerem relações, a criticarem e a explicarem, contribuindo para o desenvolvimento do conhecimento e da sua capacidade de compreensão (Torres et al., 2015).

Infelizmente, apesar da sua relevância os estudantes formulam poucas questões. Preferem responder a questões, tanto formuladas pelos professores, como presentes em manuais escolares ou noutros recursos didáticos (Pinto et al., 2015; Torres et al. 2015; Vaz-Rebelo et al. 2020). Destes autores, os primeiros apontam como fatores limitativos, na formulação de questões, as limitações de tempo, a falta de interesse e o ambiente hostil durante a aula. Para além da frequência baixa com que os estudantes formulam questões, também na maioria das vezes estas são de baixo nível cognitivo (Pinto et al., 2015; Torres et al. 2015).

As questões podem ser divididas em duas principais categorias, de acordo com esse nível cognitivo. Por um lado, temos questões de nível cognitivo de ordem inferior, onde se encontram questões mais básicas e a resposta pode ser

apenas uma palavra ou uma explicação. Por outro lado, temos as questões de nível cognitivo de ordem superior, que envolvem a elaboração de respostas mais complexas, o que leva os estudantes à reflexão crítica e à articulação de conteúdos (Carvalho & Dourado, 2009; Torres et al., 2015).

A Taxonomia de Bloom foi implementada, a partir de 1956, com o objetivo de desenvolver um método para a classificação de processos cognitivos, importantes no processo de ensino e aprendizagem (Lopes & Precioso, 2022). Esta taxonomia classificou três domínios de aprendizagem: cognitivo, psicomotor e afetivo. A Taxonomia de Bloom original (fig. 3A) também definiu seis categorias no domínio cognitivo, sendo estas o conhecimento, a compreensão, a aplicação, a análise, a síntese e a avaliação. Estas categorias foram ordenadas do mais simples ao mais complexo e do concreto ao abstrato, isto é, das habilidades de ordem inferior, que requerem menor processamento cognitivo, até às habilidades de ordem superior, que requerem um maior grau de processamento cognitivo e uma aprendizagem mais profunda (Sobral, 2021).

Devido à necessidade de incorporar novas práticas e novos conhecimentos sobre a aprendizagem, esta taxonomia foi revista em 2001. Atualmente, a Taxonomia de Bloom modificada (fig. 3B) é utilizada, a nível internacional, para definir os objetivos educacionais, os currículos, as avaliações do desempenho dos estudantes e para alinhar os currículos com a sua avaliação. Nesta revisão, as seis categorias do domínio cognitivo foram renovadas, ficando, do mais simples para o mais complexo: lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar (Sobral, 2021; Lopes & Precioso, 2022).

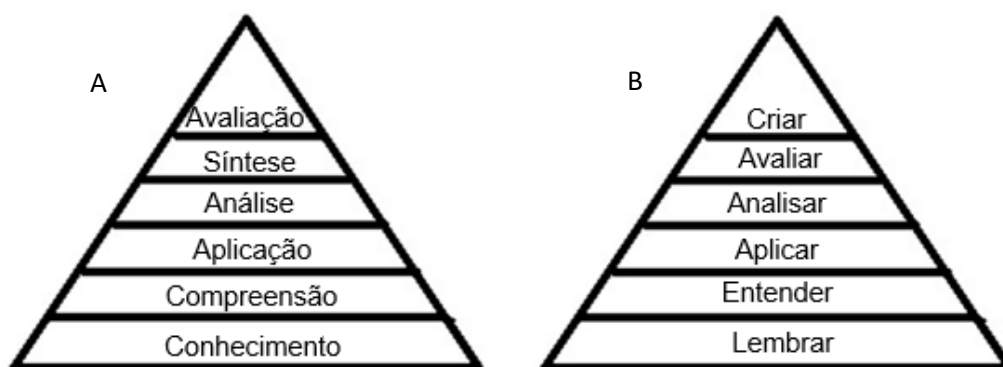


Figura 3 - Taxonomia de Bloom original (A) e modificada (B). Imagem de Patrícia Alegria

A capacidade de questionamento é associada às operações de pensamento crítico e criativo, bem como a competências de resolução de problemas (Carvalho & Dourado, 2009). Assim, quanto mais desenvolvidas estiverem as capacidades de questionamento, por parte dos estudantes, mais complexas serão as questões por eles formuladas, o que poderá levar à compreensão (Vaz-Rebelo et al., 2020)

Em suma, o questionamento é uma ferramenta importante para a compreensão, que deve ser promovida em sala de aula. Em especial, quando as questões colocadas forem de nível cognitivo de ordem superior. Por este motivo, o professor deve colocar questões e promover a formulação de questões por parte dos estudantes.

#### **2.1.7. Mapas de conceitos e aprendizagem significativa**

Os mapas de conceitos, ou mapas conceituais, são diagramas usados no ensino, com o objetivo de representar informações conceituais (Schroeder et al., 2018), que incluem ferramentas gráficas e visuais para representar e organizar o conhecimento (Daley & Torre, 2010). Os mapas de conceitos compreendem os conceitos-chave de um tema, estabelecendo relações entre estes conceitos através de palavras de ligação (Silva et al., 2019).

A criação de um mapa de conceitos é um processo ativo. O estudante, em primeiro lugar, identifica os conceitos mais gerais, colocando-os no topo do mapa. Em segundo lugar, o estudante reconhece quais são os conceitos mais específicos e de que forma estes se relacionam com os conceitos gerais. Depois, relaciona os conceitos com palavras de ligação que lhe fazem sentido. Por fim, o estudante irá, através de ligações cruzadas, ligar os conceitos presentes no mapa (Daley & Torre, 2010). Estas ferramentas didáticas devem ser utilizadas pelos estudantes individualmente, ou em grupo (Silva et al., 2019), podendo ser criadas à mão, ou através de programas de *software*, em computador (Daley & Torre, 2010).

Segundo Silva et al. (2019), os mapas de conceitos são importantes para o desenvolvimento do pensamento crítico e implicam que os estudantes usem

competências como a interpretação, a análise, a avaliação e a síntese. Os mapas de conceitos são relevantes para a regulação do conhecimento dos estudantes, através do questionamento, da confirmação, da verificação e da correção de raciocínios ou resultados. Para além disso, são ferramentas que podem promover a criatividade, facilitando o pensamento criativo, em que os estudantes agem como produtores de conhecimento.

Os mapas de conceitos podem ser usados no ensino de diversas formas. Nos manuais escolares, encontram-se, muitas vezes, como forma de resumir os conteúdos de uma unidade ou capítulo. Também podem ser usados para auxiliar os estudantes na compreensão de determinados conceitos mais complexos. Neste caso, os estudantes podem construir o mapa de conceitos à medida que estão a aprender, contribuindo para o seu sucesso escolar. Para além disso, estes mapas podem ser usados para avaliar conhecimentos (Novak & Cañas, 2006). A aprendizagem através de mapas de conceitos implica que o estudante faça um esforço intencional para vincular, diferenciar e relacionar conceitos (Daley & Torre, 2010).

Há séculos que filósofos e lógicos usam diagramas semelhantes a mapas de conceitos (Schroeder et al., 2018). Esta ferramenta didática foi desenvolvida em 1972, por Novak (citado em Novak & Cañas, 2006). O seu desenvolvimento ocorreu durante um programa de pesquisas, que tinha, como objetivo, acompanhar e compreender as mudanças no conhecimento, dos estudantes, sobre ciências. Estas pesquisas foram baseadas na psicologia da aprendizagem significativa de David Ausubel (Novak & Cañas, 2006).

O conceito de aprendizagem significativa envolve a capacidade cognitiva de interligar, um novo conhecimento, com algo que o estudante já sabia previamente (Moreira, 2006), ou seja, quando o estudante aprende significativamente, consegue relacionar, de forma substantiva e não arbitrária, a nova informação com algo que já conhecia. Além disso, o estudante pode relacionar este novo conhecimento com a sua componente afetiva e com as suas ações e vivências (Valadares, 2011).



### 2.1.8. Do quadro negro às apresentações em diapositivos

O quadro negro foi, durante muito tempo, uma peça de mobiliário e um recurso indispensável da sala de aula. Apesar de ser um elemento clássico nas salas de aula, o quadro é um dispositivo fixo, que necessita do professor para ter uma finalidade pedagógica (Silva et al., 2017). Atualmente, o quadro ainda é um elemento muito usado nas salas de aula, auxiliando o professor e os estudantes. No entanto, existem outras ferramentas tecnologicamente mais avançadas, que podem ser usadas e que tornam as aulas mais apelativas e interessantes para os estudantes, facilitando a construção da sua aprendizagem.

O quadro interativo (fig. 4) é uma destas ferramentas. Permite a utilização de vários programas de computador, o que leva a que tenha várias potencialidades pedagógicas e didáticas. O quadro interativo, permite ainda que se escreva ou desenhe livremente como se tratasse de um quadro normal, podendo guardar-se o que foi redigido durante as aulas. Por estes motivos, o quadro interativo permite aulas mais dinâmicas e interativas (Cruz & Lencastre, 2013).



Figura 4 - Quadro interativo do laboratório da Escola Secundária D. Duarte, em Coimbra, usado nas aulas. Fotografia de Patrícia Alegria

Tanto o quadro clássico como o quadro interativo são ferramentas em que o professor pode escrever enquanto explica os conteúdos e formula questões, criando, assim, uma interação com os estudantes.

Outra ferramenta que pode ser usada nas aulas são os diapositivos. O *software* de apresentação mais empregue nas aulas é o *PowerPoint* da *Microsoft*. Os diapositivos permitem uma preparação dos recursos usados na sala de aula, melhorando a organização da apresentação e fornecendo um meio para mostrar informações. Assim, os diapositivos podem ser usados para organizar um tópico, aumentar o impacto da informação que será transmitida verbalmente e fornecer colaboração em apresentações (Abdelrahman et al., 2013). Apesar das suas vantagens, o uso incorreto dos diapositivos pode ser ineficaz para a aprendizagem. Por isso, os diapositivos devem ser construídos com pouco texto e desprovidos de imagens ou efeitos sonoros irrelevantes (Penciner, 2013).

Os estudantes aprendem de forma mais eficaz quando as apresentações verbais são acompanhadas por diapositivos, com imagens relevantes. Esta estratégia permite que o cérebro crie conexões entre os dois itens. A apresentação de diapositivos também deve ser interessante, prendendo a atenção dos estudantes. Para tal, deve dar-se prioridade às imagens em relação ao texto. Além disso, a apresentação deve ser conversacional em vez de expositiva, com o professor a direcionar o estudante para os elementos importantes da apresentação (Penciner, 2013).

### **2.1.9. Uso do manual escolar**

O manual escolar (fig. 5) é um recurso didático muito relevante para o ensino que, quando começou a ser usado, tinha o papel de transmitir conhecimentos e valores. Atualmente, tem como objetivo responder a outras necessidades dos estudantes, como o desenvolvimento de hábitos de trabalho, a integração do conhecimento no quotidiano, o desenvolvimento de competências científicas e a formação de cidadãos (Rola & Gomes, 2011). Na Figura 5 encontra-se o manual escolar usado no estágio.

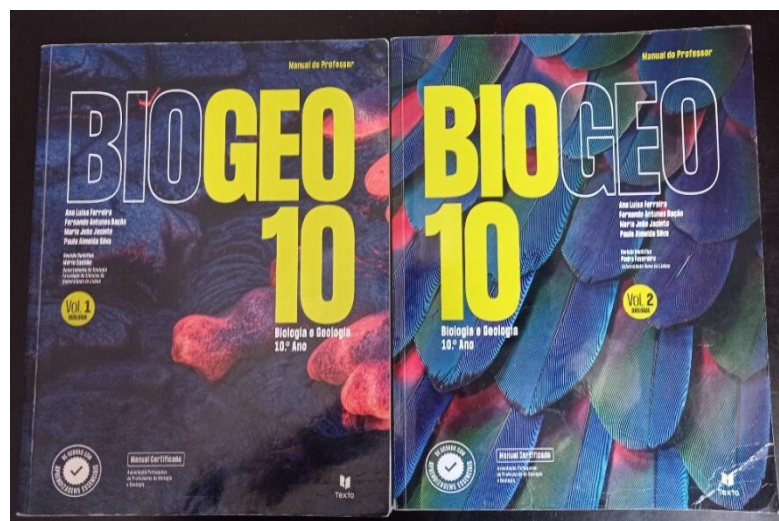


Figura 5 - Manual escolar BioGeo do 10º ano de escolaridade adotado na Escola Secundária D. Duarte, em Coimbra, onde foi realizado o estágio pedagógico.  
Fotografia de Patrícia Alegria

Para os professores, os manuais escolares têm, principalmente, a função de melhorar o seu papel no processo de ensino e aprendizagem (Torres et al., 2015). Para os estudantes, o manual escolar é o recurso que mais utilizam para se prepararem para os testes e exames. Os encarregados de educação consideram essencial o uso de manuais escolares, tanto durante como fora das aulas (Fernandes et al., 2018). O manual escolar constitui, ainda, uma fonte de informação científica básica que se encontra facilmente disponível, tendo uma forte componente cultural e presença na vida familiar (Rola & Gomes, 2011). Apesar de ter várias funções, o principal objetivo do manual escolar é o desenvolver competências do estudante, devendo ir além da transmissão de conhecimentos (Torres et al., 2015).

Por estes motivos, os manuais escolares são uma ferramenta didática importante para o processo de ensino e aprendizagem. Neles se propõe um leque variado de estratégias didáticas que podem ser usadas na sala de aula, como, por exemplo, atividades de Lápis e Papel e laboratoriais. Cabe ao professor adaptar o seu uso às suas aulas, considerando a melhor estratégia para o ensino.

### 2.1.10. Avaliação

A avaliação deve ser considerada como uma parte integrante do processo de ensino e aprendizagem. Encontra-se relacionada com os atos de ensinar e aprender, para além de ter um papel específico em relação ao conjunto de componentes que integram o ensino como um todo (Correia & Cid, 2021).

Na avaliação diagnóstica pretende-se identificar as competências prévias do estudante. Fornecendo dados ao professor, que lhe permitem adequar as suas aulas às características e conhecimentos dos seus estudantes. Assim, os dados obtidos através da avaliação diagnóstica, servem de indicação do nível a partir do qual o estudante e o professor podem trabalhar no processo de aprendizagem (Cortesão, 2002).

Autores como Fernandes (2019) e Sousa & Santos (2021) referem a importância de existir uma avaliação pedagógica, com o objetivo de apoiar e melhorar as aprendizagens dos estudantes. Consideram, também, relevante avaliar para ser possível fazer um ponto da situação relativamente à qualidade das aprendizagens. Assim, o professor deve considerar tanto os propósitos da avaliação formativa, como da avaliação sumativa.

A avaliação formativa é utilizada para desenvolver e melhorar o processo de ensino e aprendizagem (Araújo & Diniz, 2015). É uma atividade interativa que fornece informações que podem ser utilizadas para adaptar as práticas de ensino, apoiando e orientando a aprendizagem do estudante (Sousa & Santos, 2021).

Por sua vez, a avaliação sumativa tem como objetivos fazer um balanço, expressar ou tomar decisões sobre o resultado final do processo de aprendizagem (Araújo & Diniz, 2015). Esta avaliação, pretende medir e classificar o grau de realização do estudante (Sousa & Santos, 2021).

O projeto “Monitorização, Acompanhamento e Investigação em Avaliação Pedagógica (Projeto MAIA)” tem como objetivo contribuir para melhorar as práticas pedagógicas de avaliação e de ensino, considerando a avaliação pedagógica, que utiliza, sistematicamente, a avaliação formativa e as ações que lhe são inerentes, como a diversidade de processos de recolha de informação, a definição de critérios de avaliação, o *feedback* e a participação dos estudantes (Fernandes, 2021).

Por estes motivos, a avaliação deve ser entendida como uma forma de melhorar e regular o processo de ensino e aprendizagem. É, não só uma ferramenta que possibilita classificar a aprendizagem do estudante, mas também, um instrumento para o professor. Com a avaliação diagnóstica, o professor pode planejar as suas aulas considerando os conhecimentos prévios dos estudantes, num processo que também se revela particularmente útil na investigação em Educação.

## **2.2. Geologia**

O tema de Geologia abordado no presente relatório é a “Estrutura Interna da Terra”. Para tal, foi elaborada uma revisão bibliográfica sobre as matérias nele incluídas e que foram lecionadas, em aulas assistidas, no âmbito da unidade curricular de Estágio Pedagógico e Relatório, com base em conceitos expostos nas Aprendizagens Essenciais do 10.º ano de escolaridade, emanadas pelo Ministério da Educação.

O desenvolvimento temático inicia-se com a formação do Sistema Solar e da Terra, a partir da condensação de uma nébula planetária, há cerca de 4 500 milhões de anos (Ma). De seguida são abordados os métodos disponíveis para estudar o interior do nosso planeta. Dentro destes métodos, destacam-se os métodos diretos e os métodos indiretos. Também são distinguidos os dois modelos científicos atuais que explicam a estrutura interna da Terra: o modelo geoquímico e o modelo geofísico. Para cada um destes modelos são abordadas, em detalhe, cada uma das camadas concêntricas do elipsoide terrestre que o constituem. Por fim, é abordado o conceito de isostasia, como forma de explicar, por exemplo, os movimentos verticais das massas continentais com raízes sílicas, que constituem os núcleos cratónicos das placas tectónicas.

### **2.2.1. Formação do Sistema Solar e da Terra**

Para conhecer a estrutura atual do nosso planeta é importante compreender como este se formou. Desde a sua génese, a Terra sofreu múltiplos processos e transformações, que resultaram no planeta dinâmico que conhecemos hoje. Considera-se que a formação da Terra teve origem numa superestrutura denominada nebulosa solar, em conjunto com o Sol e os outros planetas telúricos e jovianos do Sistema Solar, para além de outros corpos siderais, como os plutões de gelo, os asteroides e os cometas.

Segundo a teoria da nebulosa solar, os planetas do Sistema Solar tiveram origem num disco protoplanetário que girava em torno do de um protossol, animado de um movimento anti-horário. A designação desta teoria vem do nome desta estrutura cósmica, denominada nebulosa solar. Atualmente, através do

recurso a telescópios de longo alcance, é possível observar estruturas semelhantes em redor de algumas estrelas, facto que sustenta esta teoria (Weiss et al., 2021).

Os discos protoplanetários são formados, principalmente, pelos gases hidrogénio e hélio. Também têm cerca de 1% de material sólido, que pela sua dimensão granulométrica dominante, pode ser designado por poeira. Considera-se que é este material sólido que, através de um processo de acreção, irá dar origem aos corpos planetários (Weiss et al., 2021). Por este motivo, considera-se que, a generalidade dos corpos sólidos do Sistema Solar, se terão formado durante o mesmo intervalo temporal, de condensação da nébula primordial. Assim, a idade do Sol e dos restantes corpos sólidos é calculada em cerca de 4 500 Ma (Jain, 2014).

Os planetas gigantes (Júpiter, Saturno, Úrano e Neptuno) destacam-se pela sua massa e tamanho (Guillot, & Gautier, 2007). Formaram-se, durante a fase de disco protoplanetário, em órbitas quase circulares e coplanares (Guilera et al., 2011). Têm um núcleo sólido que teve origem na colisão de planetesimais, semelhante à formação dos planetas terrestres (Pfalzner, et al., 2015). Para além desse núcleo, têm involucro gasoso muito espesso (Guillot & Gautier, 2007).

Durante a sua formação, os planetas gigantes retiveram parte do gás presente na nebulosa solar (Guillot & Gautier, 2007). Assim, após a formação destes planetas, a nebulosa gasosa que circulava em torno do proto-Sol foi progressivamente dissipada. O Sistema Solar estava, desta forma, composto pelo Sol, pelos planetas e plutões, e por detritos de planetesimais (Tsiganis et al., 2005).

Por sua vez, os planetas terrestres ou telúricos (Mercúrio, Vénus, Terra e Marte) também começaram a formar-se no seio do disco protoplanetário. Segundo Rubie et al. (2015), estes planetas geraram-se num período de cerca de 100 Ma. A sua formação iniciou-se por uma fase de acreção, que se terá processado em três etapas consecutivas.

Na primeira fase da formação dos planetas terrestres, o gás e as poeiras estabeleceram-se num plano médio do disco. As partículas sólidas colidiram e uniram-se para formarem agregados maiores, dando origem a planetesimais sólidos com vários quilómetros de extensão (Rubie et al. 2015). Considera-se que estas estruturas correspondem aos blocos de construção elementares dos

planetas terrestres. Atualmente, o Sistema Solar ainda contém planetesimais remanescentes da época da formação dos planetas. Estes encontram-se no cinturão de asteroides, entre Marte e Júpiter, e no cinturão de Kuiper, que se localiza para além da órbita de Neptuno (Pfalzner et al., 2015).

Na segunda fase da formação da proto-Terra e dos restantes planetas telúricos, continuaram a ocorrer colisões. Devido às grandes dimensões que os planetesimais tinham nesta fase, estes aumentaram de dimensões rapidamente, criando, assim, um conjunto de embriões planetários (Rubie et al. 2015). Segundo Walter & Trønnes (2004) esta fase durou cerca de 10 Ma.

Por último, a terceira fase terá correspondido ao estágio final da acreção planetária (Rubie et al. 2015). Considera-se esta fase que ficou completa em 10 Ma (Walter & Trønnes, 2004). Foi caracterizada interações gravitacionais mútuas entre os embriões, o que causou grandes e violentas colisões entre estes, resultando na formação dos planetas (Rubie et al. 2015). Assim, a maior parte da massa e energia de um planeta foi adquirida nesta fase (Walter & Trønnes, 2004). Segundo Canup & Asphaug (2001) acredita-se também que, durante a formação da Terra primitiva, tenha ocorrido uma grande colisão, a qual deu origem à Lua, o satélite natural do nosso planeta.

Na fase final da acreção, os objetos que colidiram já seriam grandes dimensões, podendo atingir o tamanho de Mercúrio ou de Marte. Estes objetos, em conjunto com a Terra embrionária, teriam núcleos previamente formados. Grande parte destes núcleos ter-se-á fundido com o proto núcleo da Terra (Walter & Trønnes, 2004).

A diferenciação da Terra num núcleo metálico e num manto silicatado ocorreu ainda durante a acreção do planeta. Este foi o período de diferenciação mais relevante para a Terra. Os outros planetas telúricos bem como outros pequenos corpos celestes, também passaram por processos de diferenciação similares. Por este motivo, o seu estudo é relevante para compreender a formação do nosso planeta (Rubie et al., 2007).

As elevadas energias libertadas nos impactos entre estes objetos resultaram em processo de fusão e conseqüente formação de oceanos de magmas. Estes permitiram que o metal rico em ferro, mais denso, se equilibrasse quimicamente com o líquido silicatado, a alta pressão, antes de se segregar para o núcleo (Rubie et al. 2015). A formação do núcleo foi, assim, a primeira fase da



diferenciação química. A Terra deixou de ser um corpo homogêneo para ser um planeta com camadas estruturantes dispostas de forma concêntrica entre si, tendo os materiais sido distribuídos por densidade (Tarbuck & Lutgens, 2013).

No oceano de magma, por sua vez, ocorreu a ascensão à superfície de massas flutuantes de rocha derretida. Estas acabaram por solidificar, produzindo um cortex primitivo e fino, que corresponde à crosta primitiva da Terra. Considera-se que a sua composição seria, provavelmente, semelhante à da crosta oceânica atual (Tarbuck & Lutgens, 2013).

Em suma, durante este período de diferenciação química, da Terra primordial, foram estabelecidas as três camadas internas que hoje conhecemos: a crosta, o manto e o núcleo. Desta forma, estas camadas têm composição química distinta. Além, disso, os materiais mais leves, como o vapor de água, o dióxido de carbono e outros gases escaparam do interior da Terra, dando origem à atmosfera primitiva, com composição química bem diferente da atual. Mais tarde ocorreu a formação dos oceanos, com origem na condensação e precipitação de compostos da atmosfera (Tarbuck & Lutgens, 2013). Desta forma, a estrutura da Terra deve-se aos processos que estiveram envolvidos na sua origem e na sua diferenciação.

### **2.2.2. Métodos para o estudo do interior da Terra**

O interior da Terra é uma região inacessível e, como tal, é complicado o seu estudo. No passado, considerava-se que o interior da Terra era constituído por um mundo subterrâneo com vastas cavernas, calor e gases sulfúricos, habitado por demônios (Wicander & Monroe, 2009).

Apesar destas considerações, há mais de 200 anos que se sabe que o interior da Terra não é homogêneo. O físico Isaac Newton (1642-1727) observou que a densidade da Terra está compreendida entre 5,0 e 6,0 g/cm<sup>3</sup>. Mais tarde, em 1797, Henry Cavendish calculou que este valor é de 5,5 g/cm<sup>3</sup>, o qual ainda hoje é aceite. Considerando que as rochas à superfície têm uma densidade média entre 2,5 e 3,0 g/cm<sup>3</sup>, foi também possível concluir que o interior da Terra é constituído por materiais de maior densidade (Wicander & Monroe, 2009).

Apesar da dificuldade em estudar o interior do nosso planeta, existem vários métodos que permitem o seu conhecimento. Alguns destes métodos

possibilitam a obtenção direta de informações, enquanto outros estudam o interior da Terra através de dados recolhidos indiretamente.

#### **2.2.2.1. Métodos diretos**

Os métodos diretos para o estudo do interior da Terra permitem a recolha de dados diretamente. Estes métodos possibilitam o conhecimento da composição químicas, da estrutura física e dos processos geodinâmicos das zonas mais superficiais do nosso planeta.

Um dos métodos diretos que pode fornecer dados significativos sobre o interior da Terra é o vulcanismo. O estudo de erupções vulcânicas antigas pode fornecer evidências sobre as condições geodinâmicas que existiam quando estas ocorreram (Jain, 2014), disponibilizando, assim, dados sobre a história geológica e a composição da Terra.

Dentro do estudo do vulcanismo, o estudo da composição das rochas ígneas contribui para o conhecimento da composição do manto e dos níveis mais internos da crosta, bem como dos processos de geodinâmica interna que ocorrem nestas camadas estruturantes. As rochas ígneas máficas e ultramáficas são considerados os melhores materiais para estes estudos (Gervilla et al., 2019). Dentro do estudo das rochas ígneas, é também relevante considerar-se o dos xenólitos. Estes correspondem a porções do manto ou da crosta inferior, que são trazidos no interior da lava, em erupções vulcânicas, até à superfície da Terra (Jain, 2014; Ernesto & Caminha-Maciel, 2022). Desta forma, os xenólitos fornecem dados sobre a composição da crosta inferior e do manto superior. A presença do mineral olivina em xenólitos, em lavas basálticas, significa que este foi trazido de uma zona profunda. Apesar da sua relevância no estudo do interior da Terra, os xenólitos só fornecem dados até a uma profundidade a cerca de 200 Km (Jain, 2014).

Os ofiólitos também fornecem dados sobre a estrutura interna da Terra. Estas estruturas litológicas, de grande complexidade estrutural, correspondem a seções da crosta oceânica da Terra e do manto superior, que foram soerguidas e carregadas sobre a crosta continental, devido a processos de compressão orogénica (Jain, 2014). Na sua maioria, estas estruturas estão relacionadas com zonas de subdução (Furnes et al., 2007). Os ofiólitos são ricos em minerais de

silicato de ferro-magnésio que se originaram nas profundezas do interior da Terra. Como, à superfície, os seus minerais são instáveis e acabam por converterem-se em minerais de silicato de magnésio hidratados. Estas estruturas estão presentes em quase todos os continentes da Terra (Jain, 2014).

Também o estudo dos afloramentos rochosos pode fornecer dados sobre a estrutura interna da Terra, através dos quais se podem inferir as condições em que as rochas se formaram. Segundo Fitzsimons & Michael (2017), os afloramentos rochosos são estruturas geológicas que se projetam acima da superfície do solo. Formam-se devido à erosão dos solos, deixando à superfície uma rocha que se gerou no interior da Terra. Um exemplo de uma rocha formada no interior da crosta, é o granito. Esta é umas das rochas mais comuns da Terra, muitas vezes ocorrendo à sua superfície, onde os processos morfogénicos superficiais, em que atuam a meteorização e a erosão, resultam na formação de estruturas denominadas caos de blocos (fig. 6).



Figura 6 - Exemplo de Caos de Blocos. Fotografia de Patrícia Alegria

Outra ferramenta para entender o interior da Terra é a perfuração. Este método é limitado a alguns quilómetros sob a superfície, devido ao gradiente geotérmico dentro da crosta terrestre e a limitações técnicas e custos de exploração. Por cada quilómetro de profundidade a temperatura aumenta cerca de 25°C (Jain, 2014). Ao se proceder a perfurações, estas permitem recolher dados sobre a estrutura e composição da crosta, como o tarolo (fig. 7).

Da mesma forma, as explorações mineiras, ao extraírem substâncias minerais, permitem a realização de escavações nos maciços rochosos, facultando a obtenção de dados das rochas que, de outra forma, não se encontrariam acessíveis para serem estudadas diretamente. Desta forma, as escavações mineiras contribuem com dados significativos para o conhecimento do interior da crosta.



Figura 7 - Tarolo, obtido através de sondagens. Fotografia de Patrícia Alegria

Apesar da sua relevância para o conhecimento da estrutura interna do nosso planeta os dados fornecidos por métodos diretos são limitados às zonas mais superficiais, fornecendo apenas informações sobre a crosta terrestre e sobre a parte superior do manto planetário. Surge, assim, a necessidade do uso de métodos indiretos, para se obter um melhor conhecimento do interior da Terra.

#### **2.2.2.2. Métodos indiretos**

Segundo Ernesto & Caminha-Maciel (2022) é impossível estudar diretamente as zonas mais profundas do interior da Terra, pois são totalmente inacessíveis para o Homem, com os recursos tecnológicos hoje existentes. Por este motivo é necessário recorrer a métodos indiretos para o seu estudo.

Assim, um dos métodos fundamentais que fornece dados sobre a estrutura interna da Terra é o estudo da propagação das ondas sísmicas. Existem vários tipos de ondas sísmicas. Algumas são ondas superficiais, que viajam na parte superior da crosta. As outras ondas, ditas volumétricas, têm a capacidade de se propagarem através do interior da Terra. Estas fornecem dados sobre os materiais onde se estão a propagar e sobre as superfícies de descontinuidade onde são refletidas ou refratadas. Existem dois tipos de ondas nestas condições: as ondas primárias, ou ondas P, e as ondas secundárias, ou ondas S. O comportamento das ondas P e S, em profundidade, fornece

informações importantes sobre a estrutura interna da Terra. Por este motivo, o seu estudo é relevante para se conhecer o interior inacessível do planeta (Tarbuck & Lutgens, 2013).

As ondas P comprimem e expandem o material na direção da propagação da onda. Devido a estas características, estas ondas podem propagar-se tanto em meios líquidos como em meios sólidos. Por outro lado, as ondas S movimentam as partículas em ângulos retos, na direção em que viajam, mudando, transitoriamente, a forma do material. Por este motivo, estas ondas apenas se propagam nos meios sólidos (Tarbuck & Lutgens, 2013).

A velocidade da propagação destas ondas é determinada pela densidade e pela elasticidade dos materiais onde viajam (Fig. 8). As ondas tornam-se mais lentas com o aumento da densidade, mas aumentam de velocidade quando a elasticidade é maior. Assim, sabe-se que a velocidade, de ambos os tipos de ondas, aumenta com a profundidade, devido à elasticidade aumentar mais rápido do que a densidade. Quando a propagação de uma onda muda de um material para outro, com diferenças na densidade e na elasticidade, a velocidade e a direção de propagação são alteradas. Esta ocorrência é denominada de refração (Wicander & Monroe, 2009).

Outro resultado que ocorre na propagação das ondas sísmicas é a reflexão. Quando as ondas sísmicas encontram o limite entre materiais com diferentes densidades e elasticidades, uma parte da energia é refletida de volta à superfície. É, assim, possível calcular a profundidade das camadas através da velocidade da onda e do tempo que esta leva a propagar-se, desde o limite dos materiais até à superfície. Com estes dados, é possível calcular a profundidade das discontinuidades que subdividem as diferentes camadas estruturantes do interior da Terra (Wicander & Monroe, 2009).

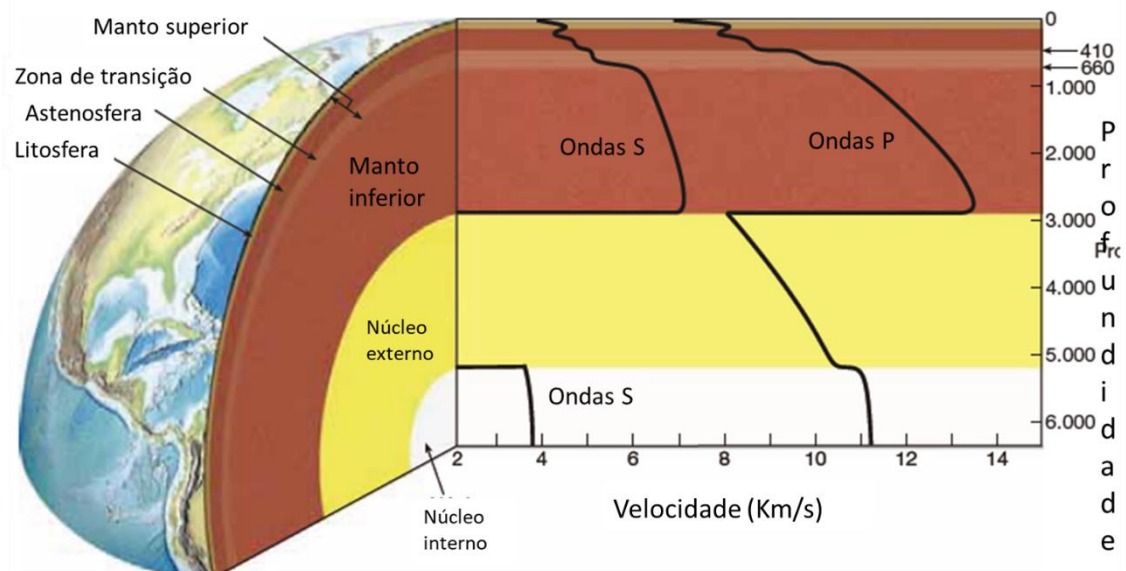


Figura 8 - Representação esquemática da propagação das ondas P e das ondas S. Retirado de: Tarbuck & Lutgens, 2013

O Gradiente Geotérmico também pode ser usado no estudo da estrutura interna da Terra. Este corresponde ao aumento da temperatura em função do aumento da profundidade. Perto da superfície, a temperatura aumenta cerca de 25°C por cada quilómetro, apesar de o valor ser mais elevado nalguns contextos geotectónicos, como por exemplo, nas regiões vulcânicas, ou na proximidade de riftes ativos (Wicander & Monroe, 2009).

O calor interno da Terra tem duas origens: o decaimento de isótopos radioativos e o calor remanescente, resultante da formação do planeta. A génese da Terra terá ocorrido em duas etapas. A primeira, que durou cerca de 50 Ma, implicou um aumento rápido da temperatura. A segunda etapa corresponde a um processo de esfriamento, que durou os restantes 4 500 Ma (Tarbuck & Lutgens, 2013).

As colisões de planetesimais ocorridas durante a formação proto-Terra, originaram energia cinética, a qual, por sua vez, se converteu em energia térmica. Por este motivo, quando a Terra primitiva começou a aumentar em massa e volume, a sua temperatura também aumentou rapidamente. Para além disso, a Terra primitiva continha muitos isótopos radioativos, com períodos de

semidesintegração curtos. A decomposição destes isótopos também libertava bastante energia (Tarbuck & Lutgens, 2013).

Atualmente, o calor interno da Terra é mantido através da desintegração de isótopos radioativos com períodos de semidesintegração longos, presentes no manto e na crosta, como, por exemplo, os isótopos de urânio e tório (Wicander & Monroe, 2009; Tarbuck & Lutgens, 2013). Quando estes isótopos decaem, emitem partículas energéticas e raios gama, aquecendo as rochas próximas. Assim, a temperatura na base da crosta deverá ser entre 800°C e 1200°C. No limite manto-núcleo deverá estar entre 3500°C e 5000°C. No núcleo a temperatura máxima é calculado em 6500°C (Wicander & Monroe, 2009).

Outro método usado para o estudo da estrutura interna da Terra é o Geomagnetismo. Atualmente, a teoria do dínamo é aceita para explicar o campo magnético terrestre. Segundo esta teoria, o campo magnético tem origem num fluido condutor, composto principalmente pelo ferro líquido presente no núcleo externo, que possui movimentos de rotação e convecção (Dutra et al., 2020). Assim, podemos concluir que, apesar de o núcleo externo da Terra parecer uniforme pelo estudo das ondas sísmicas, na realidade, existem padrões de fluxo que criam variações no campo magnético terrestre (Tarbuck & Lutgens, 2013).

Este campo magnético é dipolar, ou seja, é constituído por dois polos, respetivamente, o polo norte e o polo sul magnético. Estes fazem com que o planeta se assemelhe a um gigantesco íman. Na história da humanidade as suas propriedades foram usadas em bússolas, para auxiliar, por exemplo, na navegação. Através destas observações foi possível compreender que os polos magnéticos mudam gradualmente (Tarbuck & Lutgens, 2013). Segundo Livermore et al. (2020) a posição polo norte magnético tem-se movido de forma linear, nos últimos 50 anos.

Em vários períodos da história da Terra, ocorreram inversões do campo magnético. Cada um destes períodos durou apenas alguns milhares de anos (Tarbuck & Lutgens, 2013). Quanto às rochas, com minerais de ferro, estas registam a orientação do campo magnético terrestre existente no período em que foram formadas. Esta propriedade é denominada de paleomagnetismo. Uma das suas principais aplicações consiste em medir os movimentos das rochas, desde que se formaram, relacionado com o estudo dos movimentos das placas tectónicas (Mussett & Khan, 2000).

A Gravimetria, que consiste no estudo do campo de gravidade da Terra, também pode fornecer dados sobre a estrutura interna da Terra. Este método permite obter dados sobre as dimensões, as formas e a massa do nosso planeta. Através do estudo da ação gravitacional da Lua e do Sol sobre o sistema Terra, é possível determinar como a massa se distribui no interior da geosfera, bem como o estado de agregação dos materiais nela existentes (Ernesto & Caminha-Maciel, 2022).

A prospeção gravimétrica, usada para estudar a gravimetria, permite também identificar jazidas de minérios com interesse econômico, como carvão, petróleo e sal (Ernesto & Caminha-Maciel, 2022).

Também o estudo dos meteoritos pode fornecer dados sobre o interior da Terra. Estes são considerados o material mais antigo, remanescente da formação do Sistema Solar e que não foi alterado (Desch & Cuzzi, 2000). Assim, o estudo dos meteoritos fornece dados sobre a formação do Sistema Solar e a composição dos planetas terrestres, com ênfase da formação do nosso planeta (Willbold & Elliott, 2017). Estes objetos celestes são considerados remanescentes do núcleo e do manto, pois foram formados pelo mesmo material que da Terra primitiva. A composição química de alguns meteoritos é muito semelhante aos materiais encontrados nos xenólitos e nos ofiólitos (Jain, 2014).

Em conclusão os dados fornecidos pelos métodos indiretos permitem construir modelos que auxiliam a prever como será a estrutura interna do nosso planeta. Segundo estes modelos, o nosso planeta é constituído por várias camadas estruturantes com disposição concêntrica, as quais são individualizadas através da existência de descontinuidades entre si e das propriedades químicas e físicas dos materiais que as constituem.



### 2.2.3. Estrutura interna da Terra

Atualmente são aceites dois modelos para a estrutura interna da Terra: o modelo geoquímico e o modelo físico (fig. 9). Segundo Dias et al. (2013), no modelo geoquímico as camadas concêntricas são definidas considerando a composição química dos materiais que as constituem. Por sua vez, no modelo geofísico são consideradas as propriedades físicas dos materiais.

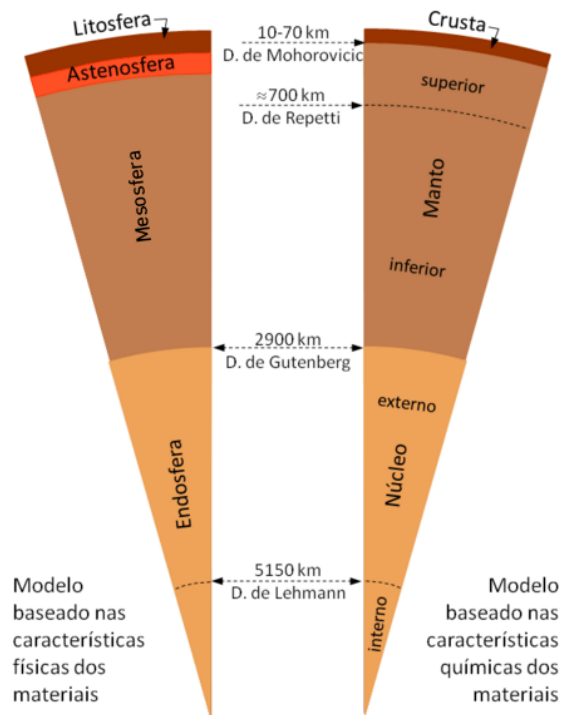


Figura 9 - Representação esquemática do modelo geofísico e do modelo geoquímico da estrutura interna da Terra. Retirado de Dias et al., 2013.

#### 2.2.3.1. Modelo geoquímico

O Modelo geoquímico da estrutura interna da Terra considera que o planeta é constituído por três camadas: a crosta, o manto e o núcleo. Estas camadas são separadas por duas descontinuidades. A descontinuidade de Mohorovicic, que separa a crosta do manto e a descontinuidade de Gutenberg que separa o manto do núcleo (Dias et al., 2013). Para além destas, podem ser observadas outras três descontinuidades, que se localizam dentro das camadas. A mais superficial é a descontinuidade de Conrad, que pode ser observada em alguns locais na crosta. Esta encontra-se nas áreas continentais das placas tectónicas, separando a crosta superior da crosta inferior. A cerca de 700 km de profundidade encontra-se a descontinuidade de Repetti, que delimita o manto superior e o manto inferior. Por fim, entre o núcleo externo e o núcleo interno, encontra-se a descontinuidade de Lehmann, a cerca de 5 150 km de

profundidade. Esta superfície é a mais interna de todas as descontinuidades, considerando que o raio planetário é de aproximadamente 6 370 km.

A crosta é a camada mais exterior do planeta (Dias et al., 2013). É uma camada complexa, sendo constituída por todos os tipos de rochas e incluindo os cratões estáveis do interior dos continentes, os cinturões montanhosos orogénicos, as margens continentais, os grandes fundos e as dorsais oceânicas (Wicander & Monroe, 2009). No entanto, constitui apenas 0,5% da massa da Terra, não sendo representativa da sua composição química total (Stacey & Davis, 2008). Em relação a esta composição, a crosta é mais rica em silício, alumínio e magnésio (Dias et al., 2013).

Na década de 1920, o sismógrafo Victor Conrad sugeriu a existência de uma descontinuidade na crosta. A análise inicial da reflexão das ondas sísmicas parecia fornecer evidências da existência de uma distinção clara entre a crosta superior e inferior, assim sendo considerada a descontinuidade de Conrad. Posteriormente, a existência desta descontinuidade foi contestada. Por um lado, alguns resultados do estudo da reflexão sísmica não coincidiam com a distinção entre crosta superior e inferior. Por outro lado, a presença desta descontinuidade tem sido observada em diferentes tipos de dados sísmicos em todo o mundo. Assim, considera-se que esta descontinuidade não está presente em todos os locais (Ayarza et al., 2021).

A crosta terrestre divide-se em dois tipos distintos: a crosta continental e a crosta oceânica, as quais têm composição, história e idades diferentes (Tarbuck & Lutgens, 2013). A crosta continental é mais espessa, tendo uma espessura média de 35 Km (Wicander & Monroe, 2009). Nas zonas montanhosas tem raízes mais profundas, chegando a alcançar mais de 80 Km, em locais como os Himalaias e os Andes. A sua composição e estrutura são variáveis. Devido a esta variabilidade, a velocidade das ondas sísmicas é também varia ao atravessar esta camada. A sua densidade anda à volta de 2,9 g/cm<sup>3</sup> (Tarbuck & Lutgens, 2013).

Por outro lado, a crosta oceânica é mais fina, tendo sempre menos que 10 Km de espessura. Nas zonas em expansão apenas possui 5 Km de espessura (Wicander & Monroe, 2009). Forma-se nas dorsais centro-oceânicas, que separam as placas tectónicas divergentes. A sua composição é mais semelhante ao manto do que à crosta continental, sendo bastante uniforme. As

ondas P deslocam-se a uma velocidade de 5-7 Km/s nesta camada. A sua densidade é de cerca de  $3,3 \text{ g/cm}^3$  (Tarbuck & Lutgens, 2013).

Em 1909, enquanto estudava um sismo que ocorreu nos Balcãs, o sismologista A. Mohorovicic, detetou a existência de uma descontinuidade a 30 Km de profundidade. Devidos aos seus estudos, a descontinuidade que separa a crosta do manto ficou conhecida pelo seu nome, ou simplesmente por Moho. Esta descontinuidade está presente em todos os locais, exceto sob as cadeias em expansão. A sua profundidade é variável. Sob os continentes encontra-se entre 30 a 90 Km de profundidade, enquanto que sob os fundos abissais oceânicos se posiciona entre, apenas, os 5 e 10 Km de profundidade (Wicander & Monroe, 2009).

Sob a descontinuidade de Moho encontra-se o manto. Esta camada é constituída por material rochoso silicatado, que se encontra sujeito a temperaturas e pressões particularmente elevadas (Dias et al, 2013). Corresponde a 67% da massa da Terra (Stacey & Davis, 2008). A sua composição química é incerta. Apesar disso, estima-se que seja semelhante à da rocha ígnea peridotito (fig. 10), contendo principalmente silicatos ferromagnéticos (Wicander & Monroe, 2009).

O manto superior estende-se deste o limite da crosta até a uma profundidade de cerca de 660 Km. A parte superior do manto superior corresponde à litosfera e por baixo desta encontra-se uma parte que corresponde à astenosfera, no modelo físico. A parte inferior do manto superior corresponde a uma zona de transição. Nesta zona há um aumento súbito de densidade, que se deve à formação de novos minerais causado pelo aumento substancial da pressão (Tarbuck & Lutgens, 2013).

Entre o manto superior e o manto inferior encontra-se, como já referido, a descontinuidade de Repetti. A esta profundidade verifica-se um aumento substancial nas velocidades de propagação das ondas sísmicas P e S, levando a concluir que o manto superior se encontra num estado físico mais fluido e que o manto inferior é, comparativamente, mais rígido (Dias et al. 2011). Assim, o manto inferior encontra-se a uma profundidade que vai desde os 660 Km até aos



Figura 10 – Peridotito.  
Fotografia de Patrícia Alegria

2900 Km. Devido ao aumento da pressão, o manto consolida e compacta gradualmente com a profundidade. As rochas são muito quentes e capazes de um fluxo muito gradual (Tarbuck & Lutgens, 2013).

Nos últimos quilômetros do manto, encontra-se camada D (fig. 11). Esta constitui um limite entre o manto rochoso e o núcleo externo líquido. É similar à litosfera em vários aspectos, tendo, ambas têm grandes variações de composição e de temperatura. Por este motivo, considera-se a possibilidade de que a camada D resulte de segmentos litosféricos subductados (Tarbuck & Lutgens, 2013). É uma das zonas do planeta com maior contraste em propriedades físicas e químicas. Considera-se que desempenha um papel fundamental na dinâmica da Terra (Mao et al. 2004), pois é nesta camada o local onde algumas plumas vulcânicas têm origem (Tarbuck & Lutgens, 2013).

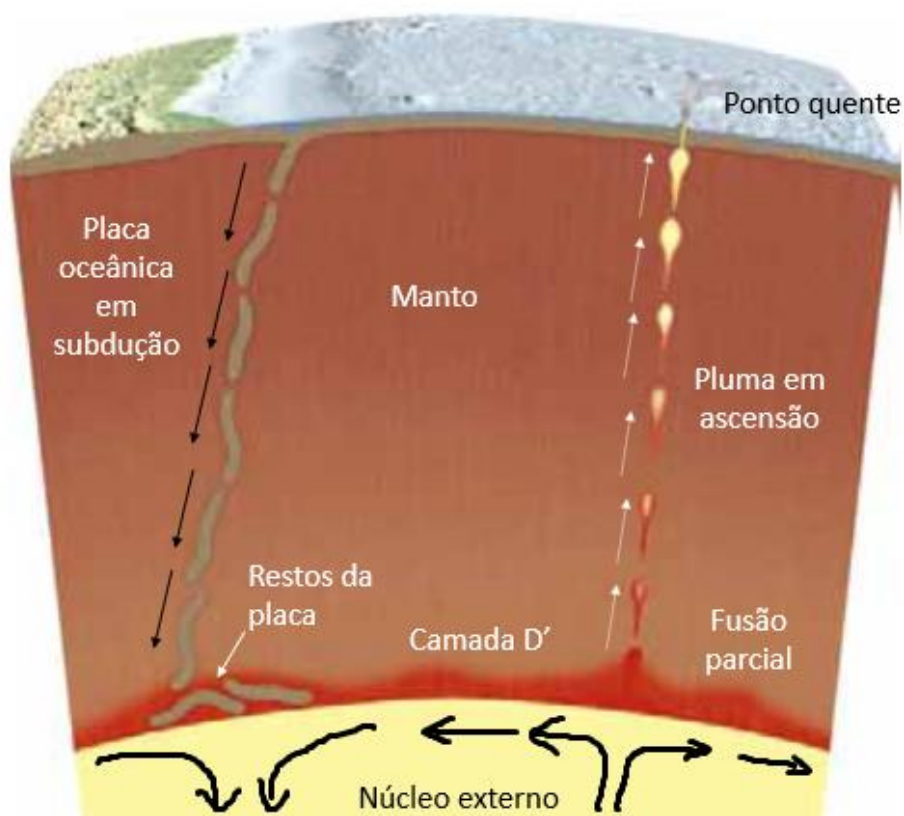


Figura 11 – Esquema que representa a Camada D, a sua origem e a formação de plumas. Adaptado de: Tarbuck & Lutgens, 2013

Em 1906, R.D, Oldham considerou a existência de um núcleo que transmite as ondas sísmicas a uma velocidade mais lenta do que os materiais situados mais à superfície (Wicander & Monroe, 2009). Em 1914, Beno Gutenberg calculou que o limite do núcleo se encontra a uma profundidade de 2900 Km, um valor que ainda hoje é aceite (Tarbuck & Lutgens, 2013). Devido aos estudos de Gutenberg, a descontinuidade que se encontra entre manto e o núcleo é designada com o seu nome.

O núcleo corresponde a 32,5% da massa da Terra (Stacey & Davis, 2008). Considera-se que o núcleo deve ser constituído, principalmente, por ferro (Wicander & Monroe, 2009). Com efeito, assume-se que a Terra tem um núcleo devido à densidade do ferro e das suas ligas. O arranjo mais estável para uma massa rotativa é o de um esferoide achatado nos polos, com o ferro denso no centro (Rubie et al., 2007)

No núcleo da Terra as ondas P diminuem a velocidade e as ondas S não se propagam (Dias et. al., 2011). Desta forma, considera-se que o núcleo é responsável pela existência de zonas de sombra para as ondas sísmicas. As ondas P diminuem de velocidade no limite entre o manto e o núcleo, fazendo com que sejam refratadas. Assim, há pouca energia das ondas P a atingir a superfície entre os  $103^{\circ}$  e  $143^{\circ}$  medidos a partir do foco do sismo. Esta área é chamada zona de sombra das ondas P (Wicander & Monroe, 2009).

O físico Harold Jeffreys, em 1926, percebeu que as ondas S eram bloqueadas pelo núcleo da Terra. Por este motivo, não há registo das ondas S em locais mais afastados do que  $103^{\circ}$  do foco do sismo, ou seja, são zonas de sombra destas ondas. Devido às ondas S não se conseguirem propagar através desta camada, foi possível concluir que o núcleo externo se deverá encontrar no estado líquido. Por outro lado, as ondas P abrandam ao atravessarem o núcleo externo e aumentam de velocidade ao atravessarem o núcleo interno. Por isso, considera-se que o núcleo interno se encontra no estado sólido (Wicander & Monroe, 2009), como resultado da pressão muito elevada a que os materiais estão sujeitos (Jain, 2014).

Através do estudo de um sismo que ocorreu na Nova Zelândia, a cientista dinamarquesa Inge Lehmann apercebeu-se de que as ondas P não chegavam aos seus sismógrafos como deveriam. Tal facto permitiu-lhe postular a teoria de que existia um núcleo externo no estado líquido (Clavijo, 2012). Assim, a

Descontinuidade de Lehmann marca o limite entre o núcleo externo e o núcleo interno, a cerca de 5150 Km de profundidade (Dias et al., 2011).

O núcleo externo, para além do ferro, deverá ter na sua constituição 12% de outros elementos, como o silício, o potássio e o níquel. Quanto ao núcleo interno, este deverá ser constituído, para além do ferro, por cerca de 20% de níquel (Wicander & Monroe, 2009).

### **2.2.3.2. Modelo geofísico**

Por sua vez, o modelo geofísico considera que a Terra possui quatro camadas concêntricas: a litosfera, a astenosfera, a mesosfera e a endosfera. Este modelo foi elaborado de acordo com propriedades físicas dos materiais rochosos, considerando, especialmente, a sua rigidez e fluidez dos materiais (Dias et al., 2013).

A litosfera é a camada mais externa da Terra, correspondendo à crosta e à parte superior do manto, que se encontra rígida (Dias et al., 2013). É mais espessa sob os continentes do que sob os oceanos (Jain, 2014). A sua espessura média ronda os 100 Km, mas, apesar disso, pode alcançar mais de 250 Km de espessura sob os troços mais antigos, cratónicos, dos continentes (Tarbuck & Lutgens, 2013). Esta camada sofre uma deformação elástica, sendo dividida num mosaico de placas tectónicas. Estas placas contêm os continentes e os oceanos do planeta e movem-se sobre a astenosfera (Kearey et al., 2009; Jain, 2014).

A astenosfera, encontra-se sob a litosfera, a cerca de 410 Km de profundidade (Tarbuck & Lutgens, 2013). O limite entre as duas camadas estruturantes está associado a uma grande queda da velocidade das ondas sísmicas (Karato, 2012). A astenosfera é uma camada plástica e relativamente estreita (Jain, 2014). Considera-se que é nesta camada onde o basalto, das dorsais meso-oceânicas, tem origem, bem como, onde existe a produção, por fusão, desta rocha (Karato, 2012).

A astenosfera e a litosfera encontram-se separadas mecanicamente, o que faz com que a litosfera consiga mover-se independentemente da astenosfera (Tarbuck & Lutgens, 2013). Na zona mais próxima da superfície da

astenosfera, a temperatura é alta, mas a pressão comparativamente é muito reduzida, por este motivo, os materiais são parcialmente fundidos. Assim, esta zona é composta por um material semissólido quente, que flui. Considera-se que é devido a estas características que a litosfera flui lentamente sobre a astenosfera, (Jain, 2014). A litosfera interage com esta última, resultando num equilíbrio isostático, como veremos seguidamente.

Sob a astenosfera encontra-se a mesosfera. Esta camada é constituída por materiais rochosos no estado sólido e abrange uma parte do manto superior e do manto inferior (Dias et al., 2013).

A fronteira entre a mesosfera e a astenosfera é marcada por um aumento abrupto das velocidades das ondas sísmicas, devido a uma mudança de temperatura e pressão. Essa mudança é marcada pela transição da fase polimórfica, uma mudança na estrutura cristalina da olivina, um dos minerais mais abundantes no manto (Jain, 2014).

Por sua vez, a endosfera corresponde à camada mais profunda da Terra, sub-divida em endosfera externa e interna. A primeira encontra-se fluida até aos 5150Km de profundidade, correspondendo ao núcleo externo do modelo geoquímico. Nas zonas mais profundas é rígida, encontrando-se no estado sólido. Corresponde, no modelo geoquímico, ao núcleo interno (Dias et al., 2013).

#### **2.2.4. A isostasia**

A isostasia é um dos conceitos fundamentais da geofísica (Artemieva, 2019). Diz respeito à resposta da camada exterior da Terra à imposição e remoção de grandes cargas, como por exemplo, o peso positivo de uma montanha ou a falta de peso de uma bacia oceânica (Kearey et al. 2009).

Considera-se que a maior parte da Terra está próxima do equilíbrio isostático, verificando-se que os maiores desvios da isostasia regional, com fortes anomalias, estão associados aos sistemas de subducção (Artemieva, 2019). Para tal, é necessário que exista algum mecanismo que compense as grandes tensões que podem ser geradas (Kearey et al. 2009).

Um grupo de geodestas franceses, no século XVIII, foram os primeiros a reconhecer a isostasia. Estes cientistas estavam a estudar a latitude no

Equador e perceberam que deveria existir uma massa negativa abaixo dos Andes, que compensaria a massa positiva das montanhas. Mais tarde, no século XIX, foram realizadas observações semelhantes nos Himalaias. Assim, este foi considerado um processo generalizado (Kearey et al. 2009).

A explicação para a sua existência foi dada, em 1885, por George Airy e por John Henry Pratt. Tanto a hipótese Airy como de Pratt assumiam um balanceamento hidrostático nos locais. Mais tarde, Clarence Dutton denominou-o como isostasia (Ernesto & Caminha-Maciel, 2022).

Tanto a explicação de Pratt como a de Airy assumem que o equilíbrio isostático é alcançado na base da crosta, considerando que a profundidade de compensação não deve ser mais profunda do que a base da litosfera. Desta forma, a isostasia é mantida por uma interação de vários componentes, como a heterogeneidade da crosta e do manto litosférico, com as suas variações de espessura e densidade (Artemieva, 2019).

Na hipótese de Pratt (fig. 12), as zonas montanhosas correspondiam a dilatações da litosfera. Assim, quanto maior fosse a montanha, maior seria essa a dilatação e menor a densidade do volume de materiais afetados. Nesta hipótese, considera-se que existe uma superfície de compensação onde o valor da gravidade é homogêneo. Atualmente, esta explicação é considerada ultrapassada (Dias et al., 2014).

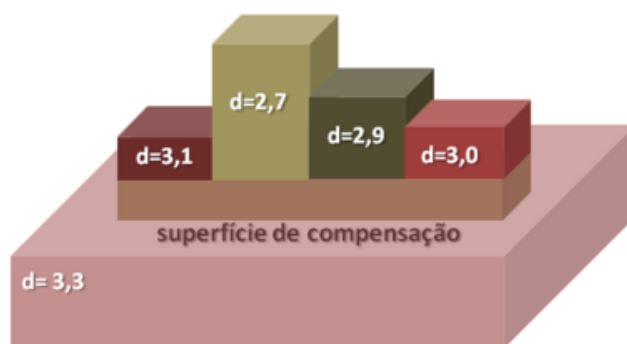


Figura 12 - Esquema da hipótese de Pratt.  
Retirado de: Dias et al., 2014

Atualmente, é mais aceite a hipótese proposta por Airy (fig. 13). Nesta, as montanhas correspondem a elevações de massas rochosas, que têm a densidade aproximadamente constante. Assim, quanto mais elevado fosse a montanha, maior seria a sua penetração, em profundidade, na astenosfera, que é composta por materiais com maior densidade, mas num estado de plasticidade significativo. Ou seja, as elevações à superfície terrestres são compensadas por



superfícies de compensação, em profundidade. Assim, seria explicada a variação da espessura da litosfera terrestre (Dias et al., 2014).

A presença de compensação de subsuperfície é definida pela variação do campo gravitacional da Terra. As

anomalias de Bouguer, que correspondem a anomalias gravitacionais, são geralmente negativas sobre áreas continentais elevadas e positivas sobre bacias oceânicas. Isto confirma que a topografia positiva dos continentes e negativa dos oceanos é compensada em profundidade, por regiões que possuem um contraste de densidades e que possuem anomalias de massa próximas da massa à superfície (Kearey et al. 2009).

Deste modo, o princípio da isostasia considera que abaixo de uma determinada profundidade, conhecida como profundidade de compensação a pressão gerada pelos materiais sobrejacentes é igual em todos os locais. Assim, os pesos das colunas verticais de uma seção são iguais na profundidade de compensação, se a região estiver em equilíbrio isostático (Kearey et al. 2009).

Desta forma, as placas litosféricas, constituídas por materiais menos densos, flutuam na astenosfera, que tem maior densidade. As massas litosféricas são rígidas. Estas elevam-se ou afundam-se lentamente na astenosfera de forma a manter o equilíbrio isostático (Dias et al., 2014).

Quando uma grande quantidade de sedimentos ou de gelo é depositada numa determinada região o seu peso irá produzir um afundamento regional dos maciços rochosos no material plástico do manto, até que seu peso seja equilibrado. Este processo ocorre devido à astenosfera reagir de forma plástica ou dúctil, em intervalos de tempo longos (Ernesto & Caminha-Maciel, 2022).

Por outro lado, apesar de a litosfera ser rígida, quando flexionada sob o peso de uma carga, irá recuperar quando a carga for removida. Este movimento é denominado soergimento. Atualmente, a Escandinávia está a soerguer devido à remoção do peso a que esteve sujeita durante o último período glacial (Ernesto & Caminha-Maciel, 2022).



Figura 13 - Esquema da hipótese de Airy.  
Retirado de: Dias et al., 2014

## **2.3. Biologia**

O tema de Biologia lecionado nas aulas do estágio pedagógico a que remete este relatório, foi a “O transporte nas plantas”. Neste subcapítulo, são referidos os grandes grupos de plantas, os tecidos vasculares, distinguindo o xilema do floema, a forma como estes se dispõem nos diversos órgãos, as estratégias para absorção de água pelas raízes, os dois modelos que explicam o movimento da seiva xilémica e o modelo que demonstra o transporte da seiva floémica.

### **2.3.1. Diversidade de plantas**

As plantas habitam todos os lugares da Terra, com a exceção de alguns locais com características adversas, como as de camadas de gelo polares e os cumes de montanhas. Graças à sua capacidade de realizar a fotossíntese, as plantas fornecem oxigénio e alimento para os consumidores. Por este motivo, são consideradas produtores em ecossistemas terrestres. Assim, a sua presença permite que outras formas de vida sobrevivam em ambientes terrestres. As suas raízes estabilizam o solo e o corpo das plantas fornece habitat para outros organismos (Reece et al., 2015).

Atualmente, são conhecidas mais de 325 mil espécies de plantas (Urry et al., 2021) e a divisão destas espécies em *taxa* considera, entre outras coisas, a presença e organização dos sistemas vasculares. As embriófitas que não possuem um sistema vascular complexo são as briófitas, onde se encontram incluídas as hepáticas, as antocerófitas e os musgos (Reece et al., 2015). Este grupo compreende mais de 15 mil espécies, que se encontram em praticamente todos os habitats terrestres, sendo a vegetação dominante em ecossistemas de altas latitudes e altitudes. Como tal, têm grande importância em biomas polares (He et al., 2016). Todas as outras, pteridófitas, gimnospérmicas e angiospérmicas, têm sistemas de condução mais ou menos complexos. sendo designadas, no seu conjunto, por plantas vasculares (Reece et al., 2015).

As adaptações evolutivas das briófitas indicam que a sua origem é anterior à das plantas vasculares. Considera-se que estas plantas surgiram há, pelo

menos, 470 milhões de anos e muitas das suas características mais antigas ainda se encontram presentes nas briófitas atuais (He et al., 2016).

Devido ao facto de as briófitas não possuírem tecidos vasculares, elas são sempre de pequenas dimensões e a sua reprodução é realizada através de esporos (Pérez-Atilano et al, 2023). Do ponto de vista fisiológico, as briófitas desenvolveram uma estratégia para o abastecimento de água, contando com o ambiente para obter humidade e nutrientes. A água capilar é transportada externamente, podendo variar em quantidade, sem afetar o estado hídrico das células (He et al., 2016). Assim, estas plantas podem ser reidratadas pela água do orvalho ou da chuva. Por este motivo, estas plantas encontram-se em locais com elevada humidade relativa (Alejo-Jacuinde & Herrera-Estrella, 2022).

Na condução de água e de nutrientes é possível estabelecer algumas fases do desenvolvimento de tecidos especializados, em que algumas plantas primitivas desenvolveram estruturas simples para a condução de água. Esta evolução é possível ser observada através do registo fóssil, e algumas briófitas atuais apresentam estas estruturas (Lucas et al., 2013).

O desenvolvimento de tecidos vasculares foi uma das adaptações evolutivas mais importantes, tendo permitido que as plantas se desenvolvessem em ambientes menos húmidos e, assim, povoassem a terra. Devido à presença dos tecidos vasculares, as plantas vasculares podem atingir um tamanho maior que o das briófitas (De Rybel et al., 2016) e dentro deste grupo podemos encontrar plantas sem sementes e plantas com semente (Reece et al., 2015).

As plantas vasculares sem sementes, designadas pteridófitas, compreendem duas linhas evolutivas distintas: as licófitas e os fetos, em que os fetos representam quase 90% da diversidade existente de pteridófitas (Schneider et al., 2016). Uma vez que nas pteridófitas não existem sementes, estas plantas reproduzem-se através de esporos (Pérez-Atilano et al, 2023) e o seu ciclo de vida compreende duas fases independentes, o gametófito e o esporófito (Schneider et al., 2016).

Por sua vez, as plantas com semente podem ser divididas em dois grupos, as gimnospérmicas e as angiospérmicas. Esta divisão baseia-se na ausência ou presença de flor que existe apenas nas angiospérmicas e que permite que as sementes se desenvolvam protegidas pelo ovário, ao contrário do que acontece com as sementes nuas das gimnospérmicas (Taiz et al., 2017; Pérez-Atilano et

al, 2023). Fazem parte do grupo parafilético das gimnospérmicas as divisões Cycadophyta, Ginkgophyta, Gnetophyta e Coniferophyta. Nesta última divisão encontram-se os pinheiros, os ciprestes e os abetos (Pérez-Atilano et al, 2023).

As angiospérmicas englobam cerca de 90% das espécies de plantas atuais (Reece et al., 2015). O naturalista John Ray, em 1686, dividiu as espécies de angiospérmicas em duas categorias, as monocotiledóneas e as dicotiledóneas (Nelissen et al., 2016), em função do número de cotilédones, no embrião. Apesar desta classificação ainda ser usada, atualmente esta classificação sofreu modificações e as angiospérmicas mais primitivas, são agrupadas nas Magnolídeas, que inclui as magnólias e os loureiros, por exemplo. As monocotiledóneas englobam cerca de 72 mil espécies; enquanto as Eudicotiledóneas correspondem a mais de dois terços das plantas com flor, com aproximadamente 210 mil espécies (Urry et al., 2021). Estas plantas, para além das diferenças em termos de estruturas reprodutoras, também diferem na organização dos seus tecidos vasculares.

### **2.3.2. Os tecidos vasculares**

As primeiras plantas, ao colonizarem ambientes terrestres, adotaram uma organização compreendendo três tipos principais de tecidos: a epiderme, os tecidos fundamentais e, na zona mais central do caule e da raiz, os tecidos vasculares. Esta organização ainda hoje é encontrada nas raízes, caules e folhas da maioria das plantas terrestres (De Rybel et al., 2016).

O sistema vascular das plantas tem como funções fornecer suporte mecânico, em particular o xilema, e facilitar o transporte de água, nutrientes e metabolitos resultantes da fotossíntese. As hormonas e outras moléculas de sinalização também circulam através do sistema vascular. Transmitindo informações relacionadas com as condições abióticas e bióticas. Assim, o sistema vascular está envolvido na coordenação de processos fisiológicos e de desenvolvimento em toda a planta (Lucas et al., 2013; De Rybel et al., 2016).

Durante o desenvolvimento embrionário forma-se o procâmbio, que ainda não é um tecido vascular, e que após a germinação do embrião, dará origem aos tecidos vasculares. Estes tecidos encontram-se nas zonas mais internas do

embrião da planta. No estágio embrionário globular tardio, as células do procâmbio dividem-se e diferenciam-se, dando origem aos tecidos vasculares (Lucas et al., 2013; Fukuda & Ohashi-Ito, 2018).

Existem dois tipos de tecidos vasculares: o xilema e o floema. O xilema é responsável por transportar, de forma ascendente, água e nutrientes, enquanto o floema transporta açúcares e nutrientes, tanto de forma ascendente, como descendente (Pérez-Atilano et al, 2023).

O xilema também pode ser denominado tecido lenhoso, em particular quando se trata de árvores e arbustos, sendo responsável por transportar a seiva bruta ou seiva xilémica para todas as células da planta, essencial para repor os níveis de água perdidos por transpiração. Esta seiva é constituída por água e sais minerais solúveis, que foram captados pelas raízes (Correia, 2014; Sadava et al. 2014; Moreira, 2015b).

O xilema é constituído por vários tipos de células, onde estão incluídos os elementos condutores (os traqueídeos e os elementos de vaso) (Moreira, 2015b). Quando estas células atingem a maturidade, perdem o protoplasma, mas as paredes celulares, ricas em lenhina, mantêm-se íntegras, o que forma um vaso condutor não vivo, onde a seiva bruta pode fluir (Reece et al., 2015).

Os traqueídeos, presentes no xilema de todas as plantas vasculares, são células longas e estreitas com paredes laterais lenhificadas e com pontuações, que permitem a deslocação da água (Moreira, 2015b; Reece et al., 2015).

Os elementos de vasos são células mortas de comprimentos inferior e diâmetro superior às dos traqueídeos, que se encontram alinhadas de topo a topo (Moreira, 2015b), formando tubos conhecidos como vasos. As suas paredes terminais têm placas de perfuração, simples ou compostas, que permitem o fluxo livre de água pelos vasos (Reece et al., 2015).

As fibras xilémicas, que são muito espessas devido à deposição de lenhina também são células mortas que fazem parte do xilema, desempenhando funções de suporte (Moreira, 2015b).

O parênquima lenhoso contém as únicas células vivas que fazem parte do xilema. Estas são pouco diferenciadas e podem dividir-se e diferenciar-se em qualquer uma das células deste tecido (Moreira, 2015b). Têm também uma função de armazenamento e de transporte lateral, colocando em comunicação diferentes zonas do xilema e o xilema e o floema.

O floema, tecido crivoso ou líber (Moreira, 2015a), desempenha várias funções, como o transporte e o armazenamento. O floema transporta a seiva floémica ou seiva elaborada, que corresponde a uma solução aquosa com cerca de 30% de hidratos de carbono, minerais, aminoácidos e hormonas (Clark et al. 2020). Os açúcares, que resultam da fotossíntese, são transportados através destes tecidos, dos locais de produção (fontes), principalmente das folhas, para os locais de utilização ou armazenamento (sumidouros) (Sadava et al. 2014).

As células do floema, ao contrário das células do xilema, encontram-se, na sua maioria, vivas quando diferenciadas (Reece et al., 2015). O floema é constituído por diversos tipos de células: as células condutoras, as células companheiras, as células vivas e pouco diferenciadas do parênquima liberino e as fibras liberinas, células mortas que exercem a função de suporte.

As células crivosas são células vivas, muito especializadas, com o citoplasma modificado (Moreira, 2015a). Apesar de serem células vivas, não possuem núcleo, ribossomas, vacúolo distinto e elementos do citoesqueleto (Reece et al., 2015). Estas células estão ligadas entre si, de topo a topo, pelas placas crivosas, formando os tubos crivosos. Estas, situam-se nas paredes transversais e possuem crivos ou poros largos e com proteínas filamentosas que atravessam as células, permitindo o contacto do citoplasma entre células (Moreira, 2015a). Ao lado de cada um dos elementos do tubo crivoso encontra-se uma célula de companheira, que está conectada a uma célula do tubo crivoso por numerosos plasmodesmos (Reece et al., 2015). Estas células são células de parênquima especializadas (Moreira, 2015a), em que o núcleo e os ribossomas desempenham a sua função na a própria célula e também na a célula do tubo crivoso adjacente (Reece et al., 2015). Estas duas células formam-se a partir de uma célula, resultante do câmbio, que se divide, dando origem a duas células de tamanho diferente, a maior origina uma célula crivosa e a mais pequena uma célula companheira (Moreira, 2015a).

O floema, para além de transportar os produtos da fotossíntese, também é responsável por transportar macromoléculas por todo o corpo da planta. A comunicação sistémica através do floema auxilia a integração de funções em toda a planta. Assim, a planta pode libertar um sinal químico indutor da floração, desde as folhas até aos meristemas apicais do caule. O floema também pode

ser usado para o transporte de sinais químicos, que ativam genes de defesa em tecidos não infectados (Reece et al., 2015).

Dada a sua relevância para o funcionamento do corpo da planta, os tecidos vasculares estão presentes em todos os seus órgãos, distribuindo-se de forma diferenciada em cada um destes.

### **2.3.2.1. Tecidos vasculares nos órgãos das plantas**

A morfologia das plantas vasculares reflete a sua necessidade de retirar recursos de dois ambientes distintos: abaixo do solo (raízes) e à superfície do solo (caules e folhas), ou seja, precisam absorver nutrientes minerais e água abaixo da superfície do solo e CO<sub>2</sub> e luz acima da superfície do solo. A evolução de um sistema de raízes e de um sistema da parte aérea (caule e folhas) deve-se à necessidade de ter a capacidade de obter estes recursos de forma eficiente (Urry et al., 2021).

As plantas vasculares, com poucas exceções, dependem de ambos os sistemas para sobreviver. As raízes, que quase nunca são fotossintéticas, dependendo dos açúcares produzidos durante a fotossíntese, importados da parte aérea, enquanto, o caule e as folhas dependem da água e minerais absorvidos pelas raízes (Urry et al., 2021). Em cada um destes órgãos o sistema vascular está agrupado em faixas bem definidas, denominadas feixes vasculares (Cutler et al., 2011), em que a sua localização e forma dependem do órgão da planta, bem como do grupo taxonómico a que pertencem.

Nas raízes das angiospérmicas, o sistema vascular tem uma posição central. Na maioria das dicotiledóneas, o xilema primário, que se encontra ao centro, apresenta-se em formato de estrela, em corte transversal. O floema alterna com o xilema. Por sua vez, na maioria raízes das monocotiledóneas, observa-se um centro com células parenquimáticas não especializadas, circundado por um anel, onde o xilema e o floema alternam (Reece et al., 2015). A raiz é responsável pela absorção de água e, por isso, a morfologia das raízes encontra-se adaptada a esta função

Na zona de transição entre a raiz e o caule, há um rearranjo dos feixes vasculares. Os feixes vasculares da raiz, que se encontram no cilindro central, modificam a sua posição, convertendo-se na sua disposição no caule, que varia

entre os dois principais grupos de angiospérmicas. Na maioria das dicotiledóneas, o sistema vascular do caule primário consiste em feixes vasculares dispostos em anel, sendo o xilema adjacente à medula e o floema é adjacente ao córtex. Nas monocotiledóneas, os feixes vasculares são, normalmente, em maior número e têm uma disposição mais aleatória, embora sejam mais comuns na zona mais periférica (Reece et al., 2015). O sistema vascular do caule dispõe-se em feixes vasculares, ao longo do seu comprimento, é contínuo com o sistema vascular das folhas.

Nas folhas as nervuras ramificam-se numa rede complexa que coloca o xilema e floema em contacto com as células do mesófilo onde ocorre a fotossíntese. Assim, os minerais e a água são fornecidos, pelo xilema, às células fotossintéticas, que descarregam os açúcares e outros produtos orgânicos no floema para serem transportados para outras partes da planta (Reece et al., 2015).

### **2.3.3. Absorção de água pelas raízes**

O solo fornece recursos, essenciais à planta, que são absorvidos através do sistema de radicular (Reece et al., 2015). De todos os fatores abióticos, a água é o mais limitante para o crescimento e produtividade das plantas, sendo um dos fatores mais importantes para a determinação da distribuição da vegetação no planeta. A importância da água para as plantas resulta do seu papel central no crescimento, na fotossíntese e na distribuição de moléculas orgânicas e inorgânicas. Apesar da sua relevância, as plantas retêm menos de 5% da água absorvida pelas raízes para estas funções e o restante passa pelas plantas diretamente para a atmosfera, através da transpiração (McElrone et al., 2013).

A água usada pelas plantas terrestre é, essencialmente, absorvida pelo O sistema radicular, que consiste numa rede complexa de raízes individuais, com idades diferentes. As raízes crescem a partir das suas extremidades, que são mais finas e não lenhosas, sendo a porção mais permeável do sistema radicular. Os pelos radiculares, células da epiderme da raiz modificadas, encontram-se nas raízes finas e aumentam significativamente a área da superfície de absorção,



melhorando o contacto entre as raízes e o solo (McElrone et al.,2013; Reece et al., 2015).

Assim, os pelos radiculares absorvem a solução do solo, que consiste em moléculas de água e iões minerais dissolvidos e que é atraída pelas paredes hidrofílicas das células da epiderme, passando livremente pelas paredes celulares e pelos espaços extracelulares do córtex da raiz. Este fluxo aumenta a exposição das células do córtex à solução do solo, devido ao aumento da superfície de absorção (Reece et al., 2015).

De forma a melhorarem a absorção de água, fósforo e outros micronutrientes, algumas plantas estabelecem relações simbióticas mutualistas com fungos, denominadas micorrizas. Estas associações são omnipresentes e relativamente não seletivas. As micorrizas ocorrem em cerca de 80% das angiospérmicas e em todas as gimnospérmicas (McNear, 2013).

Outra estratégia para a absorção de água consiste na capacidade que as raízes têm em crescer, em locais secos, na direção de zonas com mais água, isto é hidrotropismo. Além disso, muitas espécies lenhosas têm a capacidade de crescer, extensivamente, mais de 5 m, explorando assim grandes volumes de solo e permitindo que acedam a fontes permanentes de água. As raízes mais profundas ocorrem em regiões com climas de forte precipitação sazonal, como o clima mediterrâneo (McElrone et al.,2013).

A entrada de água nas raízes é devido ao facto de o meio intracelular das raízes ser, normalmente, hipertónico relativamente ao solo. As células da raiz têm maior concentração de soluto e a água tende a entrar na planta por osmose, movendo-se até aos vasos xilémicos radiculares (Moreira, 2014). Apesar da solução do solo ter uma concentração mineral baixa, as raízes acumulam minerais essenciais em concentrações centenas de vezes maiores do que o solo (Reece et al., 2015).

Por outro lado, os iões minerais com concentrações mais elevadas no solo entram nas células da raiz por difusão simples. Por vezes, estes iões também têm elevadas concentrações nas células das raízes. Nestes casos a entrada de iões nas células é realizada por transporte ativo. Com este processo é criado um gradiente osmótico, que promove o movimento da água até ao xilema (Moreira, 2014).

A água absorvida pelas raízes atravessa várias camadas de células até chegar ao xilema. Estas camadas atuam como um sistema de filtração na raiz, tendo uma resistência muito maior ao fluxo de água do que o xilema, onde o transporte ocorre em tubos abertos (McElrone et al., 2013).

Após a entrada da água através das camadas de células epidérmicas, esta irá mover-se através do córtex da raiz (fig.14), podendo mover-se através da via apoplástica ou da via simplástica (Nobel, 2017). Na via apoplástica, a água flui ao longo das paredes celulares, formando um perímetro ao redor de cada célula (Buckley, 2015). Na via simplástica, as células são interconectadas por plasmodesmos, ou seja, duas células adjacentes são ligadas através de poros na membrana plasmática (Nobel, 2017). Assim, a água que viaja na via simplástica encontrará dois conjuntos de membranas por cada célula e também terá de se difundir pelo interior da célula (Buckley, 2015). Para além destas duas vias, a água também se pode mover através da via transmembranar. Neste caso, a água move-se de célula para célula através da membrana plasmática, sem o recuso aos plasmodesmos (Correia, 2014; Nobel, 2017).

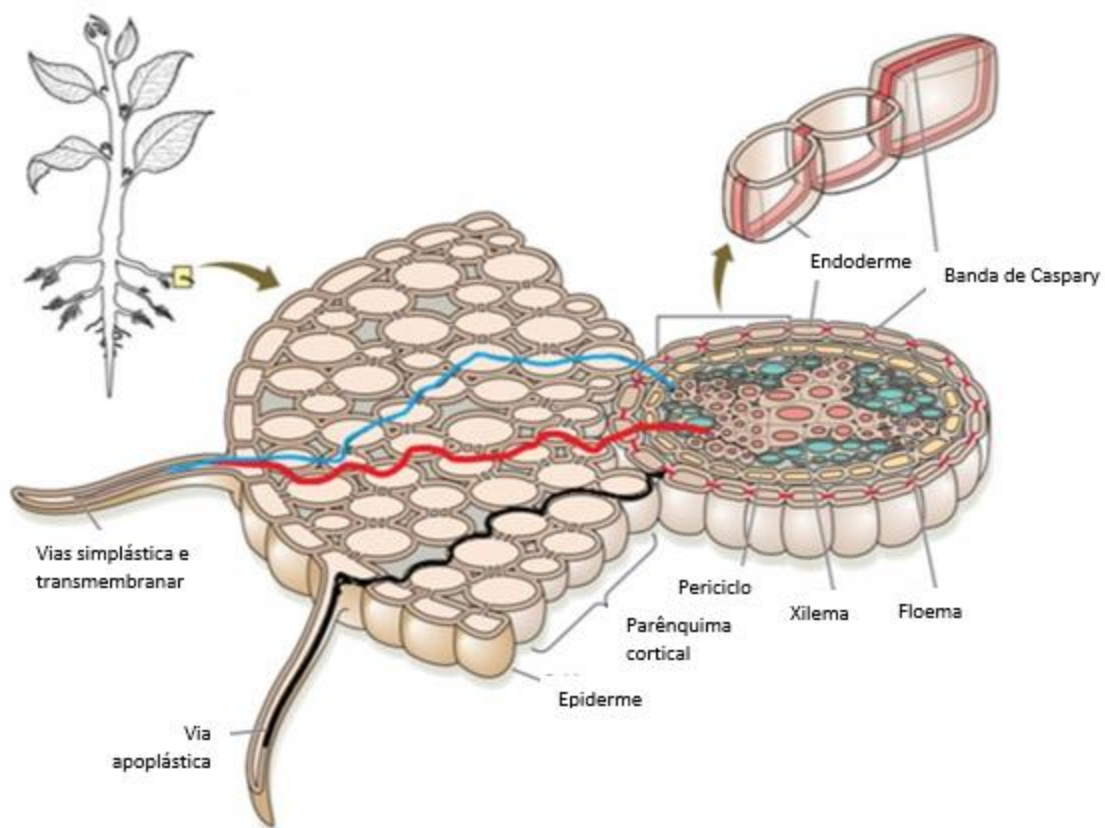


Figura 14 - Esquema que demonstra as três vias de movimento da água na raiz. Retirado de: Taiz et al., 2017

A endoderme é a camada mais interna do córtex, fazendo a fronteira com os tecidos vasculares (Correia, 2014), onde a via apoplástica é interrompida, pois as paredes das suas células encontram-se impregnadas por dois compostos hidrofóbicos: a suberina, um polímero que serve de barreira no transporte de água e solutos; e a lenhina que é o segundo polímero mais abundante no nosso planeta, após a celulose, e cuja função principal é dar resistência e rigidez às paredes celulares (Franke & Schreiber, 2007; Figueiredo et al., 2018; Ketehouli et al., 2019).

A deposição de suberina e lenhina nas células da endoderme forma as chamadas bandas (faixas) de Caspary, que constitui uma barreira que bloqueia o movimento de água e de solutos. Desta forma, os íões e a água têm de passar pelo citoplasma e pela membrana plasmática das células da endoderme de forma a chegarem aos tecidos vasculares, no centro da raiz (Ketehouli et al. 2019), o que faz com que o movimento de água nas raízes mais velhas seja reduzido, especialmente sob condições secas (Nobel, 2017).

#### **2.3.4. Transporte da seiva xilémica**

A água, absorvida pelas raízes, após atingir as células condutoras do xilema, será transportada para a parte aérea da planta. Esta distância pode, em algumas espécies arbóreas, atingir várias dezenas de metros e, em algumas sequoias e eucaliptos cerca de 100m. Assim, para que a seiva bruta possa ascender no xilema, a força que provoca a sua subida tem de ser superior às forças da gravidade e da resistência do xilema. O modelo da pressão radicular consegue explicar a ascensão da seiva xilémica em condições adequadas e a curtas distância. Contudo, atualmente, considera-se que o modelo da tensão-coesão é aquele que melhor permite explicar a ascensão da seiva bruta (Correia, 2014).

#### **2.3.4.1. Modelo da pressão radicular**

A água nos vasos do xilema das raízes encontra-se, normalmente, sob tensão, ou seja, numa pressão hidrostática negativa. Durante a noite, em condições de humidade e transpiração baixas, a pressão hidrostática pode se tornar positiva. As células da raiz continuam a bombear ativamente iões minerais para o xilema e as células da endoderme impedem que estes regressem ao córtex. Assim, a acumulação de minerais diminui o potencial hídrico dentro do cilindro vascular. A água move-se osmoticamente para os vasos do xilema, criando uma pressão hidrostática positiva, o que força a água a subir através do xilema, gerando uma pressão na raiz que irá deslocar a seiva do xilema (Reece et al., 2015; Lambers & Oliveira, 2019).

Segundo Lambers & Oliveira (2019) existem estudos que contrariam a explicação dada neste modelo. Apesar disso, o mecanismo responsável pela pressão radicular pode deslocar a seiva do xilema para a superfície foliar (exsudação de gotículas de água) através dos hidátodos, processo que pode ser observado pela manhã em algumas plantas de baixa estatura. Este processo é conhecido por gutação.

Este mecanismo é considerado secundário para na ascensão da seiva do xilema, uma vez que só consegue fazer deslocar a água, no máximo por alguns metros. As pressões positivas são demasiado fracas em relação à força da gravidade, especialmente em plantas de maiores dimensões. Além disso, muitas plantas não desenvolvem pressão radicular, ou fazem-no apenas num período do seu desenvolvimento. Até nas plantas que apresentam gutação, durante o dia, a pressão radicular não acompanha a transpiração (Reece et al., 2015). Por estes motivos, foi necessário desenvolver modelos alternativos que explicassem o movimento de água

#### **2.3.4.2. Modelo da coesão-tensão**

Em 1891, Eduard Strasburger elaborou uma experiência com caules, tendo mergulhado os caules cortados em soluções tóxicas de sulfato de cobre. Observou que à medida que estas soluções sobem no caule matam todas as células vivas no seu trajeto, chegando a matar as células das folhas. Além disso,

este cientista também verificou que a absorção de substâncias tóxicas e a perda de água pelas folhas já mortas podem continuar durante várias semanas (Reece et al., 2015).

Em 1894, alguns anos após a demonstração de Strasburger, os irlandeses John Joly e Henry Dixon propuseram o modelo da coesão-tensão, que ainda hoje é considerado a principal explicação para a ascensão da seiva no xilema. De acordo com este modelo, a transpiração proporciona a tensão necessária para a ascensão da seiva no xilema, enquanto a coesão das moléculas de água transmite essa tensão ao longo de toda a extensão do xilema (Reece et al., 2015).

A transpiração corresponde à perda de vapor de água para a atmosfera através dos estomas, localizados, em geral, na página inferior das folhas. Este processo é passivo, ou seja, não há necessidade de energia metabólica na forma de ATP para o movimento de água. A energia que impulsiona a transpiração é a diferença de potencial hídrico entre a água no solo e a água na atmosfera (Clark et al. 2020).

A maioria das plantas perde água, continuamente, pelas suas folhas, existindo uma forte ligação entre a evolução do sistema de transporte de água e o controlo da perda de água pelos estomas. Desta forma, os potenciais hídricos das plantas são negativos, ou seja, as colunas de água no xilema estão sob tensão. Qualquer perda de água pelas folhas deve ser substituída imediatamente por água proveniente do solo (Brodribb & Mencuccini, 2017). Sendo assim, a transpiração é o principal motor do movimento da água no xilema (Clark et al. 2020).

A absorção de água no solo é, normalmente, mais lenta do que a transpiração quando os estomas estão abertos, o que resulta na diminuição das reservas de água e no aumento da tensão no caule. O aumento da tensão hídrica pode levar a que ocorra a cavitação (Sevanto et al., 2018), na medida em que, a coluna de água é interrompida, sendo preenchida com ar, à pressão atmosférica (Brodribb & Mencuccini, 2017). Se a cavitação for descontrolada e excessiva, pode levar à interrupção das colunas de água e conseqüente stress hídrico (Sevanto et al., 2018).

Nas folhas, o xilema e os estomas devem funcionar em conjunto. A eficiência do transporte da água pelas folhas depende da distância que esta tem

de percorrer desde o xilema até aos locais de evaporação próximos dos estomas. Esta distância é determinada pela densidade da ramificação dos vasos condutores nas folhas e pela densidade e tamanho dos ostíolos (Brodrribb et al, 2017). Na sua trajetória para a atmosfera, a água sai do xilema para as paredes celulares das células do mesófilo, de onde evapora para os espaços intercelulares (fig. 15). O vapor de água sai através da fenda estomática, enquanto o CO<sub>2</sub> se difunde na direção oposta (Taiz et al., 2017).

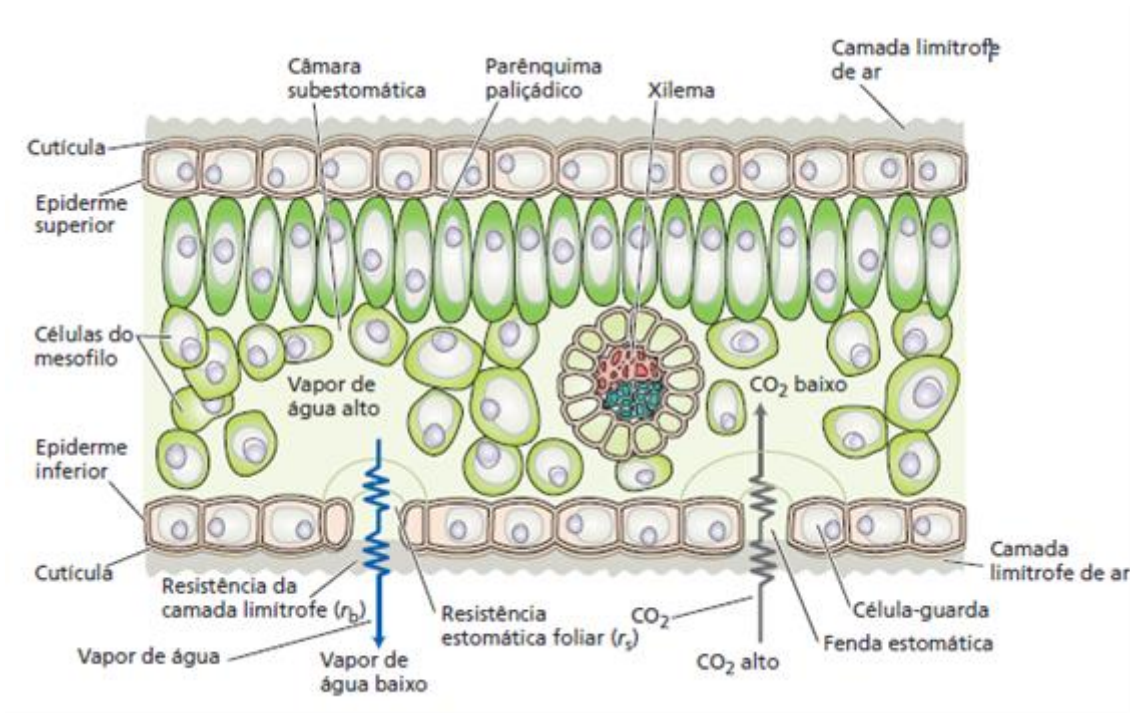


Figura 15 - Trajetória da água pela folha. Retirado de: Taiz et al., 2017

A coluna de água é mantida no seu lugar devido à coesão entre as moléculas de água, através das pontes de hidrogénio. Nas temperaturas fisiológicas, as forças de coesão entre as moléculas de água são tão fortes que mantêm a coluna de água no xilema. Por outro lado, as moléculas de água são mantidas no lugar certo através de forças capilares com as paredes celulares (adesão). Algumas moléculas hidrofílicas, como a celulose, encontram-se presentes nas paredes celulares. As forças capilares mantêm, assim, a coluna de água nos vasos do xilema, impedindo que esta se retraia (Lambers & Oliveira, 2019).

### 2.3.5. Transporte da seiva floémica

Da mesma forma que a água e os minerais que são absorvidos pelas raízes necessitam de ser transportados pelo corpo da planta, os produtos da fotossíntese também necessitam de transporte.

Nas plantas, a fotossíntese é realizada, principalmente, nas células do mesófilo das folhas (Clark et al. 2020). Nestas células, os organelos celulares mais relevantes para a reação da fotossíntese são os cloroplastos (Zhang et al., 2019). A fotossíntese converte CO<sub>2</sub> e energia luminosa em metabolitos de carbono, resultando na síntese de glicose, um monossacarídeo (Siddiqui et al., 2020; Kinoshita et al., 2023), em que uma parte é convertida, através de isomerização, em frutose. Através de ligações glicosídicas, há união de uma molécula de frutose e outra de glicose, formando um dissacarídeo, a sacarose, (Lunn, 2016), sendo, uma fonte de carbono e energia, usada em processos fisiológicos, que contribuem para o crescimento e desenvolvimento da planta, para além de auxiliar na resposta ao stresse (Li et al., 2020). Assim, os açúcares produzidos durante a fotossíntese controlam processos como a floração, a embriogénese, a germinação de sementes, o desenvolvimento de plântulas, a formação de tubérculos e o início da senescência (Siddiqui et al., 2020; Yoon et al., 2021). Desta forma, há a necessidade de transportar a sacarose dos locais de produção para os locais onde vai ser armazenada.

As estruturas que realizam fotossíntese são referidas como fontes e na maioria das plantas, as folhas são fontes. Os metabolitos produzidos devem ser transportados para outros órgãos da planta, onde serão utilizados ou armazenados, sendo deslocados através do floema. Os pontos de descarga dos metabolitos, os sumidouros, podem ser órgãos como as raízes, as sementes em desenvolvimento e os gomos em desenvolvimento. Por vezes, as sementes, os tubérculos e os bolbos podem ser a fonte ou o sumidouro, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta e da estação do ano (Clark et al. 2020).

Os produtos da fotossíntese, normalmente, são deslocados da fonte para o sumidouro mais próximo. Por exemplo, as folhas mais altas enviarão os produtos para o caule em crescimento, enquanto as folhas mais baixas irão enviar produtos para a raiz. As folhas intermédias enviarão produtos em ambas as direções. Por isso, o transporte no floema, ao contrário do xilema, não é

unidirecional, transportando a seiva elaborada em ambos os sentidos (Clark et al. 2020).

Atualmente, o modelo do fluxo de massa, proposto em 1930 por Ernst Münch (citado em Knoblauch et al, 2016), é considerada a melhor explicação para o transporte da seiva floémica. Este modelo, entretanto, reformulado com novos dados experimentais, explica o transporte da sacarose desde o local onde foi produzida, até ao local onde é utilizada.

Segundo este modelo, a sacarose presente nas células do mesófilo é conduzida para as células companheiras através de transporte ativo, em virtude da sacarose ser mais concentrada nas células companheiras do que no mesófilo (Reece et al., 2015). Uma vez que estas células se encontram ligadas, por plasmodesmos, às células dos tubos crivosos, a seiva floémica consegue fluir com obstruções mínimas (Lambers & Oliveira, 2019).

Com a entrada de sacarose nos tubos crivosos, o citoplasma destas células fica com um potencial hídrico mais elevado, o que leva a que a água se mova por osmose do xilema adjacente para os tubos crivosos (Clark et al. 2020). Este processo ocorre devido ao xilema e o floema se encontrarem hidraulicamente interligados, havendo troca de água entre estes, na direção do gradiente de potencial hídrico (Hölttä et al., 2006). Devido à entrada de água nos tubos crivosos, cria-se uma pressão de turgescência, o que faz com que a seiva floémica se desloque ao longo dos vasos do floema, em direção aos sumidouros (Knoblauch et al, 2016).

Os tecidos do sumidouro contêm menos açúcares do que o floema e, nestes locais, os açúcares são metabolizados para o crescimento, ou convertidos em amido, permitindo serem armazenados. Por sua vez, a saída destas moléculas, de uma zona com alta concentração para uma de baixa concentração, ocorre por transporte ativo. Devido à diminuição da pressão osmótica, a água regressa aos vasos xilémicos (Clark et al. 2020).



### 3. Metodologia

Na metodologia deste relatório são caracterizadas a escola e a turma onde decorreu o estágio pedagógico, são enquadrados os temas nas aprendizagens essenciais, são descritas as planificações, tanto a longo prazo como a curto prazo, o método de investigação e as estratégias e recursos utilizados nas aulas.

#### 3.1. Caracterização da escola

A Escola Secundária D. Duarte de Coimbra (fig. 16) foi fundada em 1969. Atualmente, encontra-se enquadrada no Agrupamento de Escolas Coimbra Oeste, sendo a escola Sede deste agrupamento, de que também fazem parte duas Escolas Básicas 2,3, onze escolas Básicas de 1.º ciclo e oito Jardins de Infância.



Figura 16 - Escola Secundária D. Duarte. Fotografia de Patrícia Alegria

Dentro da oferta educativa da Escola Secundária D. Duarte encontram-se os cursos Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias e de Línguas e Humanidades, para além de vários cursos profissionais. No ano letivo 2022/2023 funcionaram duas turmas do 10.º ano de escolaridade de Ciências e Tecnologias, nas quais foi lecionada a disciplina de Biologia e Geologia.

### **3.2. Caracterização da turma**

A turma onde foram lecionadas as aulas a que se refere este relatório pedagógico foi o 10.º B. Nesta turma encontram-se matriculados 17 estudantes, apesar deste número ter variado ao longo do ano letivo. Muitos destes os estudantes vivem fora da área urbana Coimbra, noutros concelhos deste distrito. Vários estudantes desta turma têm origem noutros países, a maioria destes de língua portuguesa, mas, também, se encontram presentes estudantes que não têm o português como língua materna. Por este motivo, coexistem no grupo vários estudantes que fizeram parte do seu percurso escolar noutros países, onde estiveram sujeitos a um currículo diferente do português.

### **3.3. Seleção de temas**

Os temas selecionados, para as aulas a lecionar, foram escolhidos dentro do programa do 10.º ano de escolaridade da disciplina de Biologia e Geologia. Foram escolhidos dois temas; um de cada uma destas ciências, que pudessem ser lecionados em oito aulas. Além disso, os temas escolhidos tiveram em consideração a presença, no núcleo de estágio, de três estagiários. Desta forma, foram escolhidos os temas “Estrutura Interna da Terra”, de Geologia e “Transporte nas plantas” de Biologia.

O tema de Geologia encontra-se enquadrado nas aprendizagens essenciais do 10.º ano de Biologia e Geologia no domínio “Estrutura e dinâmica da geosfera” (Ministério da Educação, 2018), tendo sido trabalhadas as seguintes aprendizagens essenciais:

- “Discutir potencialidades e limitações dos métodos diretos e indiretos, geomagnetismo e geotermia (grau e gradiente geotérmicos e fluxo térmico) no estudo da estrutura interna da Terra.”
- “Interpretar modelos da estrutura interna da Terra com base em critérios composicionais (crosta continental e oceânica, manto e núcleo) e critérios físicos (litosfera, astenosfera, mesosfera, núcleo interno e externo).”
- “Relacionar as propriedades da astenosfera com a dinâmica da litosfera (movimentos horizontais e verticais) e Tectónica de Placas.”

Por sua vez, o tema de Biologia é enquadrado no domínio “Distribuição de Matéria” das aprendizagens essenciais do 10.º ano de Biologia e Geologia (Ministério da Educação, 2018). As aprendizagens essenciais abordadas foram:

- “Interpretar dados experimentais sobre mecanismos de transporte em xilema e floema.”
- “Explicar movimentos de fluidos nas plantas vasculares com base em modelos (pressão radicular; adesão-coesão-tensão; fluxo de massa), integrando aspetos funcionais e estruturais.”
- “Planificar e executar atividades laboratoriais/ experimentais relativas ao transporte nas plantas, problematizando, formulando hipóteses e avaliando criticamente procedimentos e resultados.”

Para além das aprendizagens essenciais que se enquadram nos temas, é relevante, destacar as seguintes aprendizagens essenciais transversais (Ministério da Educação, 2018):

- “Explorar acontecimentos, atuais ou históricos, que documentem a natureza do conhecimento científico.”
- “Interpretar estudos experimentais com dispositivos de controlo e variáveis controladas, dependentes e independentes.”

### **3.4. Planificações**

No início do ano letivo, os professores da disciplina elaboram uma planificação a longo prazo, ou seja, constroem um documento orientador, onde as aulas são distribuídas pelos temas a lecionar na disciplina. Antes da seleção dos temas, o orientador cooperante sugeriu a elaboração de uma planificação a longo prazo para a disciplina de Biologia e Geologia do 10.º ano de escolaridade (fig. 17), tendo em consideração as aprendizagens essenciais do 10.º ano de escolaridade.

Para além da planificação a longo prazo, também foram construídas planificações de aulas, para cada uma das aulas a que se refere este relatório. Na Figura 18 encontra-se um exemplo de uma planificação para uma aula do tema de Geologia e na Figura 19 encontra-se uma planificação de aula para o tema de Biologia.

Para cada aula lecionada, a planificação começa por enquadrar a aula na turma e no horário em que é lecionada. Segue-se uma contextualização dentro do programa da disciplina, destacando o domínio e subdomínio e as aprendizagens essenciais que serão abordadas e são mencionados os objetivos específicos para a aula, bem como o seu sumário. Encontram-se destacados, os conceitos que a abordar, as experiências de aprendizagem, os recursos e as metodologias a utilizar.

A elaboração de planificações é de extrema importância para o correto funcionamento das aulas, pois o professor consegue organizar as suas aulas e os conteúdos que irá lecionar, considerando e adaptando os métodos e estratégias à sua turma.

Período letivo	Início	Fim	Domínios/Temas	Nº de aulas	
				Nº de aulas	Total
1º Período	16/09	16/12	Apresentação	1	78
			A Terra e os seus subsistemas em interação.	5	
			As rochas, arquivos que relatam a História da Terra	9	
			A medida do tempo e a idade da Terra.	14	
			A Terra, um planeta em mudança	6	
			Teste	2	
			Correção do teste	2	
			Formação do Sistema Solar.	5	
			A Terra e os planetas telúricos	8	
			A Terra, um planeta único a proteger	6	
			Métodos de estudo para o interior da geosfera	6	
			Vulcanologia	9	
			Teste	2	
			Correção do teste	2	
			Autoavaliação	1	
			2º Período	03/01	
Estrutura interna da geosfera	6				
A Biosfera	6				
A célula	9				
Teste	2				
Correção do teste	2				
Obtenção de matéria pelos seres heterotróficos	9				
Obtenção de matéria pelos seres autotróficos	12				
O transporte nas plantas	12				
O transporte nos animais	12				

			Teste	2	
			Correção do teste	2	
			Autoavaliação	1	
3º Período	17/04	07/06	Fermentação.	9	46
			Respiração aeróbia.	9	
			Trocas gasosas em seres multicelulares.	5	
			Teste	2	
			Correção do teste	2	
			Regulação nervosa e hormonal em animais.	9	
			Hormonas vegetais	5	
			Teste	2	
			Correção do teste	2	
			Autoavaliação	1	

Figura 17 - Sugestão de planificação a longo prazo para a disciplina de Biologia e Geologia do 10.º ano de escolaridade.

### Plano de Aula

Escola Secundária D. Duarte		Ano letivo: 2022/2023
Turma: 10.ºB	n.º alunos 14	Docente: Paulo Magalhães
Aula n.º 79	Hora: 15:40	
Data: 10 /01/2023	Duração: 50 min.	Docente estagiária: Patrícia Alegria
Disciplina Biologia e Geologia		

Domínio: Estrutura e dinâmica da geosfera
Subdomínio: Estrutura interna da Terra
Subcapítulo: Métodos de estudo do interior da Terra
AE: “Discutir potencialidades e limitações dos métodos diretos e indiretos, geomagnetismo e geotermia (grau e gradiente geotérmicos e fluxo térmico) no estudo da estrutura interna da Terra.”

Objetivos	Aplicar conceitos relacionados com Geotermia. Compreender no que consiste o magnetismo. Aplicar dados de geomagnetismo no estudo da estrutura interna da Terra. Compreender no que consiste o campo magnético terrestre.
-----------	---

Sumário	Contributos da geotermia e do geomagnetismo para o conhecimento da estrutura interna da Terra. Atividade prática “Geomagnetismo”.
---------	--

Conceitos	Gradiente geotérmico; Grau térmico; Fluxo térmico; Magnetismo; Geomagnetismo; Campo magnético terrestre;	Correntes de convecção; Paleomagnetismo; Polo Norte e Sul magnéticos; Polo Norte e Sul geográficos; Polaridade normal e inversa.
-----------	---	--

Aprendizagens/ Experiência de aprendizagem	Síntese da aula anterior. Resolução de exercícios do manual. Exploração de diapositivos. Exploração do texto presente na atividade prática “Geomagnetismo”. Realização da atividade laboratorial, usando um íman como analogia ao campo magnético terrestre. Resolução questões presentes ficha da atividade prática.
--	--

Recursos	Manual escolar BIOGEO; Computador e projetor; Apresentação em PPT; Ficha prática “Geomagnetismo”.
----------	--

Avaliação	Observação da aula.
-----------	---------------------

Metodologias	Inquérito científico; Discussão orientada; Resolução individual de uma atividade prática Atividade prática e laboratorial “Geomagnetismo”.
--------------	---

Figura 18 - Exemplo de planificação de uma aula de Geologia do tema “Estrutura Interna da Terra”, do 10º ano de escolaridade.

### Plano de Aula

Escola Secundária D. Duarte		Ano letivo: 2022/2023
Turma: 10.ºB	n.º alunos: 18	Docente: Paulo Magalhães
Aula n.º 140	Hora: 14:35	
Data: 23/03/2023	Duração: 50 min.	Docente estagiária: Patrícia Alegria
Disciplina Biologia e Geologia		

Domínio: Distribuição de matéria
Subdomínio: Distribuição de matéria nas plantas
AE: “Planificar e executar atividades laboratoriais/ experimentais relativas ao transporte nas plantas, problematizando, formulando hipóteses e avaliando criticamente procedimentos e resultados. ”

Objetivos	Identificar os tecidos vasculares em preparações com cortes transversais na folha, caule e raiz.
-----------	--

Sumário	Atividade Laboratorial: Observação de tecidos vasculares
---------	--

Conceitos	Células especializadas; Fibras; Células parênquimas; Xilema; Traqueídeos; Vasos xilémicos;	Floema; Tubos crivosos; Células companhia; Placas crivosas; Feixes condutores.
-----------	---	--

Aprendizagens/ Experiência de aprendizagem	Observação de preparações com cortes transversais na folha, caule e raiz. Preencher legendas com imagens dos cortes. Resposta às questões no protocolo.
--	---

Recursos	Atividade prática laboratorial “Observação de tecidos vasculares da raiz, caule e folha”
----------	--

Avaliação	Observação da aula. Correção das legendas e das respostas.
-----------	---

Metodologias	Inquérito científico; Discussão orientada;
--------------	---

Figura 19 - Exemplo de planificação de uma aula de Biologia do tema “Transporte nas plantas”, do 10º ano de escolaridade.

### **3.5. Método de investigação**

As aulas começaram com um pré-teste. Este instrumento de avaliação teve como finalidade compreender o ponto de partida do conhecimento dos estudantes em relação aos temas que seriam lecionados, servindo como avaliação diagnóstica. Assim, o pré-teste foi construído tendo em conta temas que os estudantes já estudaram, tanto em anos anteriores, como no presente ano letivo.

Para além de ser um instrumento de avaliação diagnóstica, o pré-teste também tem como objetivo investigar a construção do conhecimento por parte dos estudantes. Desta forma, no fim destas aulas, os estudantes realizaram um teste com as mesmas questões, designado por pós-teste, o que permitiu averiguar a evolução nos seus conhecimentos.

O pré-teste do tema de Geologia (fig. 20) teve por base conhecimentos lecionados no 7.º ano de escolaridade. Neste ano, na disciplina de Ciências Naturais, os estudantes também estudaram a estrutura interna da Terra, mas de forma menos aprofundada. Por sua vez, o pré-teste do tema de Biologia (fig. 21) incide em conteúdos lecionados no 10.º ano de escolaridade, na disciplina de Biologia e Geologia, que são relevantes para a compreensão do processo de transporte nas plantas, assim como em alguns conteúdos relacionados com as funções dos órgãos das plantas, relevante para a compreensão dos conteúdos que se irá lecionar e que os estudantes já aprenderam em anos anteriores.



Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

### Pré-teste

Leia atentamente e responda às próximas questões

1. Escolha a única opção que permite obter uma informação correta.

1.1. Estudar o interior da Terra...

- A) é impossível.
- B) é possível, através de perfurações que vão até ao núcleo.
- C) é possível, mas apenas a crosta.
- D) é possível, através de métodos diretos e indiretos.
- E) Não sei.

1.2. A observação de afloramentos rochosos constitui um método...

- A) direto, que permite observar a composição da crosta.
- B) direto, que permite observar a composição do núcleo.
- C) indireto, que permite observar a composição do núcleo.
- D) indireto, que permite observar a composição da crosta e do manto.
- E) Não sei.

1.3. O estudo dos produtos vulcânicos...

- A) é relevante para o estudo da composição química do núcleo.
- B) apenas permite recolher dados para o estudo da crosta.
- C) permite compreender a composição química, a pressão e a temperatura do interior da Terra.
- D) não fornece dados relevantes para o estudo do interior do nosso planeta.
- E) Não sei.

Figura 20 - Pré-teste/Pós teste de Geologia realizado pelos estudantes do 10º ano de escolaridade.

1.4. As ondas sísmicas...

- A) superficiais fornecem dados sobre o núcleo.
- B) primárias, ou P, fornecem dados sobre a estrutura interna da Terra, enquanto as S não fornecem dados.
- C) propagam-se sempre à mesma velocidade e, possibilitando estudar os materiais que atravessam.
- D) propagam-se a diferentes velocidades, permitindo estudar os materiais que atravessam.
- E) Não sei.

2. Complete o texto com uma das opções apresentadas entre parênteses.

As sondagens são um exemplo de método direto (direto/indireto) para o conhecimento do interior da Terra. Constituí um método direto para o aumento do conhecimento da estrutura interna da Terra o estudo de explorações mineiras (de explorações mineira/ de geomagnetismo). O estudo das ondas sísmicas (das ondas sísmicas/ do vulcanismo) permite prever a existência de um núcleo externo líquido.

3. A figura 1 corresponde aos modelos químico e físico da estrutura interna da Terra.

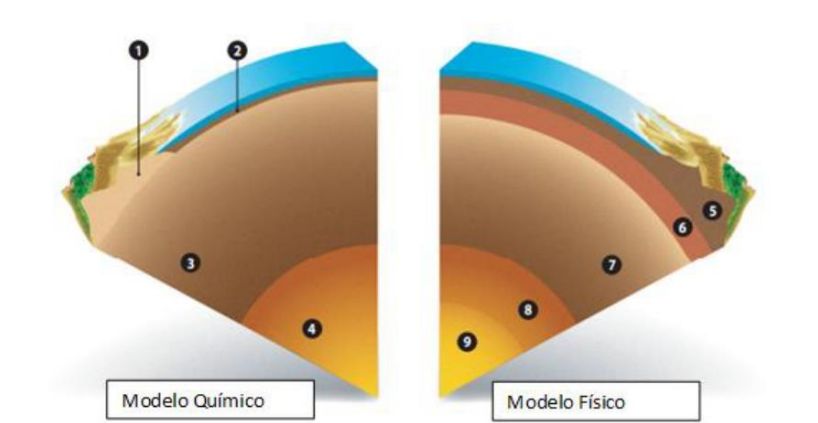


Figura 1 - Modelos da estrutura interna da Terra. Fonte: Porto Editora

Figura 20 (continuação) - Pré-teste/Pós teste de Geologia realizado pelos estudantes do 10º ano de escolaridade.

3.1. Faça corresponder os números da figura 1 aos seguintes termos:

5	A) Litosfera
1	B) Crosta continental
4	C) Núcleo
9	D) Endosfera interna
3	E) Manto
2	F) Crosta oceânica
6	G) Astenosfera
8	H) Endosfera externa
7	I) Mesosfera

4. Escolha a única opção que permite obter uma informação correta.

4.1. O interior da Terra...

- A) tem sempre as mesmas características físicas.
- B) é constituído por camadas concêntricas.
- C) é constituído, na sua totalidade, por magma.
- D) é constituído, na sua totalidade, por ferro.
- E) Não sei.

4.2. O manto tem uma composição química...

- A) que não é possível prever.
- B) semelhante à da rocha granito.
- C) semelhante à da rocha peridotito.
- D) semelhante à da rocha mármore.
- E) Não sei.

4.3. As rochas da crosta continental...

- A) encontram-se principalmente no estado líquido.
- B) encontram-se principalmente no estado sólido.
- C) são constituídas maioritariamente por basalto.
- D) são constituídas maioritariamente por calcário.
- E) Não sei.

Figura 20 (continuação) - Pré-teste/Pós teste de Geologia realizado pelos estudantes do 10º ano de escolaridade.

4.4. A crosta oceânica...

- A) é constituída, em grande parte, por basalto.
- B) corresponde à mesosfera no modelo físico.
- C) é mais espessa que a crosta continental.
- D) tem a mesma composição química que a crosta continental.
- E) Não sei.

4.5. O núcleo externo encontra-se no estado...

- A) sólido, sendo constituído, essencialmente, por ferro.
- B) sólido, sendo constituído, essencialmente, por sílica.
- C) líquido, sendo constituído, essencialmente, por ferro.
- D) líquido, sendo constituído, essencialmente, por sílica.
- E) Não sei.

4.6. A Litosfera...

- A) corresponde apenas ao manto.
- B) corresponde apenas à crosta.
- C) encontra-se dividida em placas tectónicas.
- D) encontra-se no estado líquido.
- E) Não sei.

4.7. A Endosfera interna...

- A) corresponde à totalidade do núcleo.
- B) corresponde ao manto.
- C) encontra-se no estado sólido.
- D) encontra-se logo abaixo da Astenosfera.
- E) Não sei.

Figura 20 (continuação) - Pré-teste/Pós teste de Geologia realizado pelos estudantes do 10º ano de escolaridade.

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

### Pré-teste

Leia atentamente e responda às próximas questões.

1. Escolha a única opção que permite obter uma informação correta.

1.1. As plantas...

- A) não necessitam de água.
- B) apenas algumas necessitam de água.
- C) absorvem água pelo caule.
- D) absorvem água pela raiz.
- E) Não sei.

1.2. Os sais minerais...

- A) não são úteis para as plantas.
- B) são absorvidos pelas folhas
- C) são absorvidos pela raiz.
- D) são obtidos através da fotossíntese.
- E) Não sei.

1.3. A molécula de água...

- A) é uma molécula polar.
- B) forma ligações de oxigénio.
- C) apresenta cinco átomos.
- D) não interage com iões.
- E) Não sei.

1.4. A osmose...

- A) não ocorre nas células das plantas.
- B) corresponde ao movimento da água de um meio hipotónico para um meio hipertónico.
- C) corresponde ao movimento da água de um meio hipertónico para um meio hipotónico.
- D) ocorre através de membranas impermeáveis.
- E) Não sei.

Figura 21 - Pré-teste/Pós teste de Biologia realizado pelos estudantes do 10.º ano de escolaridade.

2. Observe a imagem da figura 1.

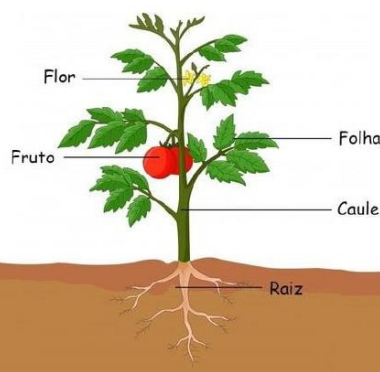


Figura 1 - Representação esquemática de uma planta. Fonte: bemexplicado.pt

2.1. As flores e frutos...

- A) têm como função fornecer alimento à planta.
- B) são os principais responsáveis pela fotossíntese.
- C) servem apenas para atrair animais.
- D) São responsáveis pela reprodução sexuada das plantas.
- E) Não sei.

2.2. As folhas...

- A) são os principais órgãos onde ocorre a fotossíntese.
- B) não têm transporte de água.
- C) são iguais em todas as plantas.
- D) têm como principal função a reprodução das plantas.
- E) Não sei.

2.3. O caule...

- A) é semelhante em todas as espécies.
- B) apenas serve para dar suporte à planta.
- C) transporta água e minerais da raiz para os restantes órgãos.
- D) é responsável pela reprodução sexuada.
- E) Não sei

2.4. A raiz...

A) serve apenas para fixar a planta ao solo.

B) absorve apenas água.

C) absorve água e sais minerais.

D) normalmente, é responsável pela fotossíntese.

E) Não sei.

Figura 21 (continuação) - Pré-teste/Pós teste de Biologia realizado pelos estudantes do 10<sup>o</sup> ano de escolaridade.

### **3.6. Estratégias e recursos usados no ensino**

Para que os estudantes construam a sua aprendizagem, o professor deve usar estratégias e métodos adequados ao tema a lecionar e à turma. As aulas devem promover o interesse dos estudantes para os conteúdos, bem como para aprenderem o que é a Ciência e como se faz Ciência. Assim, foram elaborados e adaptados diversos recursos, usados nas aulas do estágio pedagógico.

#### **3.6.1. Apresentação de diapositivos**

Os diapositivos, construídos em suporte de *PowerPoint* e apresentados em *slideshow*, foram utilizados nas aulas com o objetivo de auxiliar na demonstração de informações. Estes foram construídos com pouco texto, dando preferência às imagens explicativas dos temas lecionados. Os diapositivos foram, especialmente, usados na introdução de novos conteúdos, que, posteriormente, foram consolidados usando outras estratégias, como atividade práticas de Lápis e Papel e laboratoriais.

Durante a projeção destes diapositivos, foi promovido o questionamento, evitando uma aula expositiva e tornando-a mais interessante para os estudantes. Para além disso, foi solicitado que os estudantes interpretassem alguns dos esquemas projetados, tornando, assim, as aulas mais dinâmicas e, como tal, mais relevantes para a construção do conhecimento por parte da turma.

Na Figura 22 reproduzem-se alguns diapositivos selecionados, de entre os utilizados nas aulas de Geologia. As imagens presentes nestes diapositivos permitem que os estudantes possam compreender mais facilmente alguns processos geológicos, referentes à estrutura interna da Terra. Por sua vez, na Figura 23, encontram-se alguns dos diapositivos utilizados nas aulas de Biologia. As imagens presentes nestes diapositivos permitem, em concreto, que os estudantes conheçam os tecidos das plantas e compreendam os modelos que explicam o transporte nas plantas.



## Métodos de estudo do interior da Terra

Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Patrícia Alegria

## Métodos do estudo do interior da Terra

Estudo de afloramentos

Estudo de explorações mineiras

Estudo de resultados obtidos em sondagens

Vulcanologia

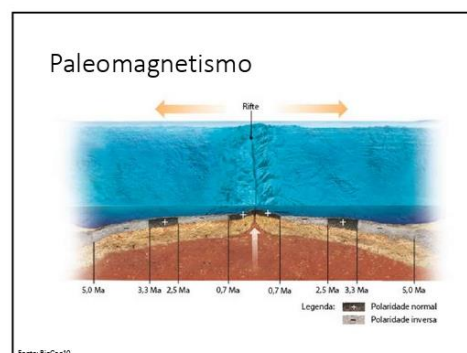
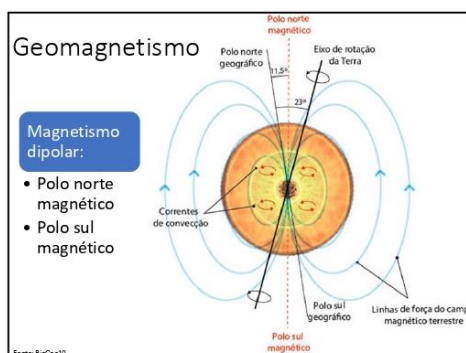
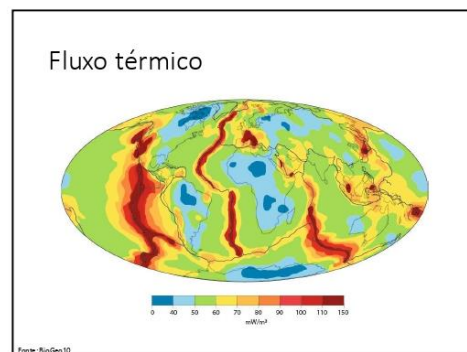
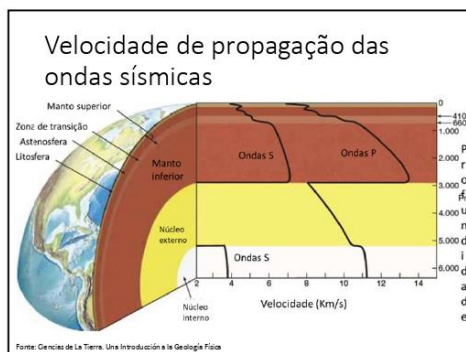


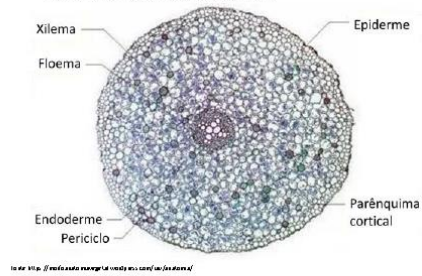
Figura 22 - Exemplos de diapositivos das aulas de Geologia sobre a “Estrutura interna da Terra.

## Distribuição de matéria nas plantas

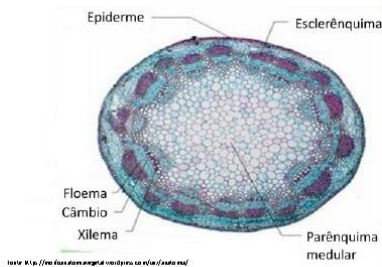
Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia no 3.º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário

Patrícia Alegria

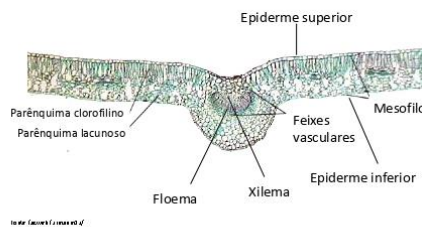
### Raiz de Dicotiledónea



### Caule de dicotiledónea



### Folha de dicotiledónea



### Modelo da pressão radicular



Gutação



Exsudação caulinar

### Modelo do fluxo de massa sob pressão

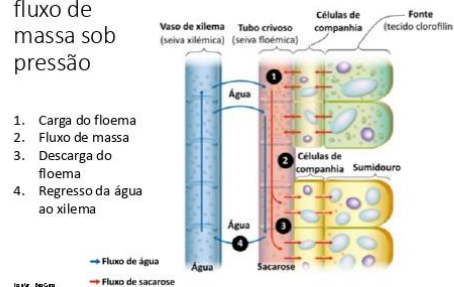


Figura 23 - Exemplos de diapositivos usados nas aulas de Biologia sobre “Transporte nas plantas”.

### **3.6.2. Atividades práticas de Lápis e Papel**

As atividades de Lápis e Papel, como já mencionado, são atividades práticas em que o estudante responde a várias questões relacionadas com um texto, figura, esquema, entre outros. Destas, as utilizadas nas aulas foram aplicadas após a projeção comentada dos diapositivos para introduzir os conteúdos e os conceitos neles expressos, proporcionando aos estudantes a oportunidade de aprofundar e consolidar o seu conhecimento sobre estes temas. As questões formuladas foram, na sua maioria, de nível cognitivo elevado, promovendo a compreensão dos conteúdos lecionados na aula. Os estudantes responderam, autonomamente, a estas questões, que, posteriormente, foram corrigidas.

Os textos utilizados nas atividades de Lápis e Papel referem-se a temas atuais sobre investigação científica, à história da Ciência e à interpretação de estudos experimentais, relacionados com os temas lecionados. Com estas atividades práticas, os estudantes tiveram oportunidade de contactar com temas relevantes de Geologia e Biologia.

#### **3.6.2.1. Geologia**

A atividade prática de Lápis e Papel intitulada “Cientistas japoneses querem perfurar a Terra até atingir o manto terrestre” (fig. 24) foi aplicada após ter sido lecionado os métodos diretos para o estudo do interior da Terra, do tema de Geologia. O texto desta atividade é uma adaptação de uma notícia recente, que aborda uma investigação que está a ser realizada, ou seja, refere-se a uma situação atual, tendo como objetivo despertar o interesse do estudante sobre como se faz Ciência no presente. As questões, que acompanham o texto, foram construídas com o objetivo de permitir a sua exploração, bem como para aprofundar os conhecimentos sobre o estudo da estrutura interna da Terra.

Por sua vez, a atividade prática de Lápis e Papel intitulada “A história das descontinuidades” (fig. 25) abordou aspetos históricos da investigação científica relacionada com o estudo do interior do nosso planeta. O texto que acompanha a atividade refere-se à história de quatro cientistas, que foram responsáveis pelo estudo de algumas das descontinuidades presentes no interior da Terra,

abordando as suas investigações, bem como o contexto social e político em que foram realizadas. Através da leitura e interpretação deste texto, os estudantes tiveram a oportunidade de aprender o contexto histórico em que foram realizadas estas investigações e de como se faz Ciência, promovendo a compreensão da história e da natureza da Ciência. As questões de exploração deste texto focam, também, a história e natureza da Ciência, bem como alguns conteúdos lecionados nas aulas, sobre o estudo do interior da Terra e sobre as descontinuidades que delimitam as camadas concêntricas do interior do planeta.

### **3.6.2.2. Biologia**

Nas aulas de Biologia, foi aplicada a atividade de Lápis e Papel intitulada “O xilema e o floema” (fig. 26), na aula em que foram lecionados os tecidos vasculares, a sua disposição nos órgãos das plantas e a constituição da seiva bruta e da seiva elaborada. Nesta atividade é descrita uma experiência laboratorial, onde o nitrogénio radioativo é transportado através da planta. Nas questões colocadas, os estudantes tinham de interpretar os dados fornecidos na atividade, com base nos conteúdos lecionados na aula. A relevância desta atividade de Lápis e Papel, onde os estudantes interpretam dados referentes a experiências laboratoriais, deve-se à possibilidade de estes contactarem com investigações que, pela sua complexidade, seriam impossíveis de realizar na escola. Desta forma, os estudantes tiveram a oportunidade de interpretar estes dados, construindo e consolidando o seu conhecimento sobre este tema.

Por sua vez, a atividade de Lápis e Papel designada “Um “detalhe” na Evolução salvou as plantas da escassez de água” (fig. 27) foi aplicada após ser lecionada a absorção de água e sais minerais pela raiz. No texto que introduz esta atividade, os estudantes foram confrontados com uma investigação recente, que relaciona a disposição do xilema na raiz com a resistência à escassez de água. As questões nela formuladas, relacionam o texto com os conteúdos lecionados, compreendendo também uma questão sobre a natureza da Ciência.

### Atividade prática de Lápis e Papel: A história do estudo das descontinuidades

Em outubro de 1909, ocorreu um sismo a sudeste de Zagreb, na Croácia, que despertou o interesse do meteorologista e sismólogo Andrija Mohorovičić. De forma a estudar este sismo, o cientista obteve cópias de sismogramas de muitas estações europeias. Com as suas observações, através dos tempos de chegadas das ondas P e S, concluiu que existiu um aumento na velocidade das ondas sísmicas a uma profundidade de cerca de 50 Km.

O local onde aconteceu este sismo é uma cordilheira chamada Alpes Dináricos. Neste local a crosta é espessa e, como tal, o limite entre a crosta e o manto ocorre a maior profundidade do que noutras regiões do planeta. Foi graças a esta distância que Mohorovičić compreendeu a alteração na velocidade das ondas sísmicas. Com a contribuição dos trabalhos de outros cientistas, incluindo Conrad, reconheceu a descontinuidade que marca a base da crosta. Em sua homenagem, essa descontinuidade é denominada de “Mohorovicic”, ou “Moho”.

O físico austríaco Victor Conrad desenvolveu uma versão de um sismógrafo capaz de registar movimentos mais fortes do solo. Em 1923, ao estudar as ondas sísmicas P, sugeriu que a crosta terrestre consistia em duas camadas, tendo a sua separação entre as duas camadas ficado conhecida como “descontinuidade de Conrad”.

Devido à anexação da Áustria pela Alemanha Nazista, Conrad deixou a Europa. Beno Gutenberg ajudou-o a estabelecer-se nos Estados Unidos da América (EUA), onde continuou o seu trabalho.

Beno Gutenberg nasceu na Alemanha, onde começou a sua carreira em sismologia. Fez um trabalho relevante na área dos microssismos e trabalhou com alguns dos sismólogos mais relevantes da sua época. Em 1914, graças ao estudo das ondas P, definiu que o núcleo da Terra encontra-se a cerca de 2900Km de profundidade. Por este motivo, a descontinuidade que separa o manto do núcleo é denominada com o seu nome. Em 1930, devido a dificuldades financeiras, mudou-se para os EUA.

A matemática dinamarquesa Inge Lehmann começou a estudar os sismos sozinha, até que conheceu Gutenberg, que se deu conta do seu potencial como cientista e deu-lhe apoio. Mais tarde, doutorou-se em sismologia, tendo trabalhado com a precisão dos sismogramas.

Em 1929 houve um sismo importante na Nova Zelândia e Lehmann estudou como as ondas sísmicas chegaram à Dinamarca. Graças a este estudo, percebeu que o interior do núcleo é líquido e

Figura 24 - Atividade prática de Lápis e Papel: “Cientistas japoneses querem perfurar a Terra até atingir o manto terrestre”, do tema de Geologia

e que deveria existir um limite entre o núcleo externo e o núcleo interno. Assim, a “descontinuidade de Lehmann” marca este limite.

#### Bibliografia:

- González Clavijo, E. J. (2012). Inge Lehmann: la geóloga danesa cansada de luchar contra los hombres. In: *Más igualdad, redes para la igualdad: Congreso Internacional de la Asociación Universitaria de Estudios de las Mujeres (AUDEM)*, p. 311-322. Alciber.
- Thybo, H., Artemieva, I. M., & Kennett, B. (2013). Moho: 100 years after Andrija Mohorovičić. *Elsevier Tectonophysics* 609, 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2013.10.004>
- Hammerl, C. (2005) Victor Conrad — First head of the Seismological Service of Austria at ZAMG. *Geophysical Research Abstracts*, 7, 11203
- Knopoff, L. (1999). Beno Gutenberg. *Biographical Memoirs of the National Academy of Sciences*, 76, 115-148.

#### Questões:

1. Identifique o método usado por estes cientistas para investigar a estrutura interna da Terra.

Os cientistas mencionados no texto usaram o estudo dos sismos para investigar a estrutura interna da Terra.

2. A descontinuidade de “Moho” é mais profunda nas zonas continentais. Explique porque motivo isto ocorre.

A descontinuidade de “Moho”, que se situa entre a crosta e o manto, é mais profunda nas zonas continentais do que nas zonas oceânicas, devido à crosta continental ser mais espessa que a crosta oceânica.

3. Explique no que consistem as descontinuidades estudadas por estes cientistas.

As descontinuidades estudadas por estes cientistas correspondem a uma superfície de separação entre dos meios do interior da Terra, com diferentes propriedades físicas e químicas. As diferentes características destes materiais levam a que as ondas P e S se propagem de forma distinta em cada uma das camadas concêntricas.

Figura 24 (continuação) - Atividade prática de Lápis e Papel: “Cientistas japoneses querem perfurar a Terra até atingir o manto terrestre”, do tema de Geologia

### Atividade prática de Lápis e Papel: A história do estudo das discontinuidades

Em outubro de 1909, ocorreu um sismo a sudeste de Zagreb, na Croácia, que despertou o interesse do meteorologista e sismólogo Andrija Mohorovičić. De forma a estudar este sismo, o cientista obteve cópias de sismogramas de muitas estações europeias. Com as suas observações, através dos tempos de chegadas das ondas P e S, concluiu que existiu um aumento na velocidade das ondas sísmicas a uma profundidade de cerca de 50 Km.

O local onde aconteceu este sismo é uma cordilheira chamada Alpes Dináricos. Neste local a crosta é espessa e, como tal, o limite entre a crosta e o manto ocorre a maior profundidade de que noutras regiões do planeta. Foi graças a esta distância que Mohorovičić compreendeu a alteração na velocidade das ondas sísmicas. Com a contribuição dos trabalhos de outros cientistas, incluindo Conrad, reconheceu a discontinuidade que marca a base da crosta. Em sua homenagem, essa discontinuidade é denominada de “Mohorovicic”, ou “Moho”.

O físico austríaco Victor Conrad desenvolveu uma versão de um sismógrafo capaz de registar movimentos mais fortes do solo. Em 1923, ao estudar as ondas sísmicas P, sugeriu que a crosta terrestre consistia em duas camadas, tendo a sua separação entre as duas camadas ficado conhecida como “descontinuidade de Conrad”.

Devido à anexação da Áustria pela Alemanha Nazista, Conrad deixou a Europa. Beno Gutenberg ajudou-o a estabelecer-se nos Estados Unidos da América (EUA), onde continuou o seu trabalho.

Beno Gutenberg nasceu na Alemanha, onde começou a sua carreira em sismologia. Fez um trabalho relevante na área dos microsismos e trabalhou com alguns dos sismólogos mais relevantes da sua época. Em 1914, graças ao estudo das ondas P, definiu que o núcleo da Terra encontra-se a cerca de 2900Km de profundidade. Por este motivo, a discontinuidade que separa o manto do núcleo é denominada com o seu nome. Em 1930, devido a dificuldades financeiras, mudou-se para os EUA.

A matemática dinamarquesa Inge Lehmann começou a estudar os sismos sozinha, até que conheceu Gutenberg, que se deu conta do seu potencial como cientista e a apoio. Mais tarde, doutorou-se em sismologia, tendo trabalhado com a precisão dos sismogramas.

Em 1929 houve um sismo importante na Nova Zelândia e Lehmann estudou como as ondas sísmicas chegaram à Dinamarca. Graças a este estudo, percebeu que o interior do núcleo é líquido

Figura 25 - Atividade prática de Lápis e Papel: "A história das discontinuidades", do tema de Geologia

e que deveria existir um limite entre o núcleo externo e o núcleo interno. Assim, a “descontinuidade de Lehmann” marca este limite.

#### Bibliografia:

- González Clavijo, E. J. (2012). Inge Lehmann: la geóloga danesa cansada de luchar contra los hombres. In: *Más igualdad, redes para la igualdad: Congreso Internacional de la Asociación Universitaria de Estudios de las Mujeres (AUDEM)*, p. 311-322. Alciber.
- Thybo, H., Artemieva, I. M., & Kennett, B. (2013). Moho: 100 years after Andrija Mohorovičić. *Elsevier Tectonophysics* 609, 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2013.10.004>
- Hammerl, C. (2005) Victor Conrad — First head of the Seismological. Service of Austria at ZAMG. *Geophysical Research Abstracts*, 7, 11203
- Knopoff, L. (1999). Beno Gutenberg. *Biographical Memoirs of the National Academy of Sciences*, 76, 115-148.

#### Questões:

1. Identifique o método usado por estes cientistas para investigar a estrutura interna da Terra.

Os cientistas mencionados no texto usaram o estudo dos sismos para investigar a estrutura interna da Terra.

2. A descontinuidade de “Moho” é mais profunda nas zonas continentais. Explique porque motivo isto ocorre.

A descontinuidade de “Moho”, que se situa entre a crosta e o manto, é mais profunda nas zonas continentais do que nas zonas oceânicas, devido à crosta continental ser mais espessa que a crosta oceânica.

3. Explique no que consistem as descontinuidades estudadas por estes cientistas.

As descontinuidades estudadas por estes cientistas correspondem a uma superfície de separação entre dos meios do interior da Terra, com diferentes propriedades físicas e químicas. As diferentes características destes materiais levam a que as ondas P e S se propagem de forma distinta em cada uma das camadas concêntricas.

Figura 25 (continuação) - Atividade prática de Lápis e Papel: "A história das descontinuidades", do tema de Geologia



4. "A vida dos cientistas influencia, por vezes, as suas descobertas". Comente esta frase considerando os exemplos abordados no texto.

O trabalho dos cientistas abordados no texto foi influenciado por questões de ordem social, políticas e financeiras. Como foi no caso de Victor Conrad e de Beno Gutenberg, que alteraram a sua residência para os EUA, onde tiveram oportunidade de realizarem as suas investigações.

5. "O conhecimento científico é construído através do trabalho de vários investigadores e da colaboração entre eles". Comente esta afirmação.

A colaboração entre os cientistas, abordados no texto, auxiliou as suas investigações. Em ciência é importante a comunicação sobre as investigações realizadas, bem como, a cooperação entre vários cientistas.

6. Foi graças a um sismo ocorrido na Nova Zelândia que Lehmann, por se encontrar na zona de sombra das ondas S, conseguiu inferir a existência do núcleo externo no estado líquido. Explique porque razão esta cientista chegou a tal conclusão.

Devido a encontrar-se numa zona de sombra para o sismo ocorrido na Nova Zelândia, a cientista Lehmann compreendeu as ondas S detetadas pelos sismógrafos não se comportavam como seria de esperar, caso o interior da Terra fosse uniforme. Assim, pode concluir a presença de um núcleo externo líquido.

Figura 25 (continuação) - Atividade prática de Lápis e Papel: "A história das discontinuidades", do tema de Geologia

### Atividade prática de Lápis e Papel: O xilema e o floema

Com a finalidade de conhecer mais sobre o transporte de nutrientes nas plantas, foi realizada a seguinte atividade prática laboratorial:

1. Um conjunto de plântulas (plantas recém-germinadas) da mesma espécie e com o mesmo desenvolvimento foi colocada num meio nutritivo, à luz e à temperatura de 25 °C.
2. No meio nutritivo foi colocado nitrato, elaborado com nitrogénio radioativo.
3. Diariamente, foram retiradas algumas plântulas do meio nutritivo e efetuados cortes ao nível das raízes e das folhas, de modo a detetar a presença de nitrogénio radioativo nestes órgãos.
4. Os resultados encontram-se registados na tabela 1, sendo a presença de radioatividade identificada pelo sinal (+) e a sua ausência pelo sinal (-).

Tabela 1 – Presença ou ausência de nitrogénio nos órgãos das plantas.

Órgão da planta, seiva	Tempo (horas)				
	0	24	48	72	96
Raiz, seiva bruta	-	+	+	+	+
Raiz, seiva elaborada	-	-	-	-	+
Folha, seiva bruta	-	-	+	+	+
Folha, seiva elaborada	-	-	-	+	+

Adaptado de: Estudo em Casa. Disponível em: [https://estudoemcasa-2020-2021.s3.eu-west-3.amazonaws.com/resources/ddc965fe0ee734607633bc0899ba81de/54\\_Biologia%20e%20Geologia\\_10%C2%BA%20ano\\_Exerc%C3%ADcios%20sobre%20transporte%20nas%20plantas.pdf?50VQhs18W1\\_2v1HfiEJz3crAZuHfRem](https://estudoemcasa-2020-2021.s3.eu-west-3.amazonaws.com/resources/ddc965fe0ee734607633bc0899ba81de/54_Biologia%20e%20Geologia_10%C2%BA%20ano_Exerc%C3%ADcios%20sobre%20transporte%20nas%20plantas.pdf?50VQhs18W1_2v1HfiEJz3crAZuHfRem)

Figura 26 - Atividade prática de Lápis e Papel: “O xilema e o floema”, do tema de Biologia

## Questões

1. Selecione a opção correta que completa as seguintes frases

1.1. Esta atividade experimental teve como objetivo...

- a) estudar a influência da luz no crescimento das plântulas.
- b) estudar a influência da temperatura no crescimento das plântulas.
- c) estudar o transporte de nutrientes nas plantas.
- d) saber como é feita a incorporação do nitrogénio nas plantas.

1.2. A seiva bruta...

- a) ascende da raiz para as folhas, sendo constituída por água e sais minerais.
- b) ascende da raiz para as folhas, sendo constituída por água e compostos orgânicos.
- c) movimenta-se das folhas para as raízes, sendo constituída por água e sais minerais.
- d) movimenta-se das folhas para as raízes, sendo constituída por água e compostos orgânicos.

1.3. A seiva elaborada...

- a) desloca-se sempre das folhas para a raiz, sendo constituída por água e sais minerais.
- b) desloca-se sempre das folhas para a raiz, sendo constituída por água e compostos orgânicos.
- c) faz um transporte bidirecional, sendo constituída por água e sais minerais.
- d) faz um transporte bidirecional, sendo constituída por água e compostos orgânicos.

2. Com base nos resultados obtidos, explique o trajeto do nitrogénio radioativo nestas plântulas.

O nitrogénio radioativo é absorvido pelas raízes das plântulas e deslocou-se até ao xilema, encontrando-se na seiva bruta após 24h no início da experiência. No xilema, a seiva bruta deslocou-se de forma ascensional, encontrando-se o nitrogénio radioativo na seiva bruta das folhas após 48h. As folhas são o principal órgão onde ocorre a fotossíntese. Assim, o nitrogénio radioativo foi incorporado nos compostos orgânicos, formados neste processo. Como tal, possível detetar este elemento na seiva elaborada, onde estão presentes os produtos da fotossíntese, após 72h do início da experiência. Os compostos orgânicos são deslocados no sentido bidirecional, encontrando-se presentes na seiva elaborada na raiz ao fim de 96h.

Figura 26 (continuação) - Atividade prática de Lápis e Papel: “O xilema e o floema”, do tema de Biologia

### Atividade prática de lápis e papel:

#### “Um “detalhe” na evolução salvou as plantas da escassez de água”

As plantas são muito vulneráveis à escassez de água, pois começam a secar e morrem rapidamente. Todas as plantas, com exceção das mais pequenas, precisam de tecidos vasculares para levar a água a todos os órgãos do seu corpo.

A absorção de água pelas raízes ocorre por osmose, devido ao meio intracelular das raízes ser hipertónico relativamente ao solo. Após a entrada de água nas células da raiz, esta move-se até ao xilema. Este movimento pode ocorrer por três vias: apoplástica, simplástica e transmembranar (Fig. 1). Na via apoplástica, a água flui ao longo das paredes celulares. Por sua vez, na via simplástica, as células são interconectadas por plasmodesmos, ou seja, poros através da membrana plasmática, que ligam o citoplasma de duas células e permitem o movimento de água. Na via transmembranar a água pode mover-se de célula para célula através de partes da membrana plasmática.

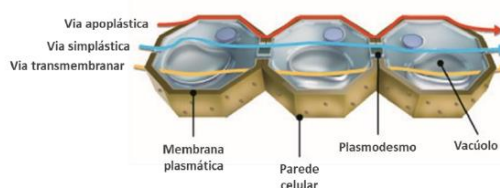


Figura 1 - Representação esquemática do transporte de água a curta distância, nos tecidos vegetais. Fonte: Ferreira, A. L., Bação, F. A., Jacinto, M. J., Silva, P. A. (2021) *BioGeo*. Texto Editores

Segundo uma investigação realizada por Martin Bouda, investigador do Instituto Botânico da Academia Checa de Ciências, as plantas adaptaram-se à falta de água, dispondo, na raiz, as células do xilema em formato de estrela, intercaladas com o floema. A observação de que os tecidos vasculares tinham formas complexas já era estudada em 1920, pelos botânicos Fredrick Bower e Claude Wardlaw. Estes cientistas demonstraram que a organização do xilema se tornava mais complexa quanto maior fosse a planta. Mas faltava, à época, uma explicação para esta relação.

Figura 27 - Atividade prática de Lápis e Papel: “Um “detalhe” na evolução salvou as plantas da escassez de água”, do tema de Biologia

O conhecimento sobre como as plantas reagem à seca aumentou desde os anos 1990. Para tal, o investigador Martin Bouda contribuiu com alguns fatores que facilitaram a sua investigação, incluindo a utilização de técnicas computacionais. Como resultado, a compreensão de como as plantas se adaptam à escassez de água pode ajudar a conceber programas de plantação mais adaptados a terrenos e climas secos.

Adaptado de: <https://www.publico.pt/2022/11/26/azul/noticia/detalhe-evolucao-salvou-plantas-escassez-agua-2027248>

### Questões

Com base no texto e nos conhecimentos adquiridos, responde às seguintes questões.

1. Explique o processo pelo qual a água entra nas raízes das plantas.

A absorção de água, na raiz, ocorre por osmose, o que implica que a raiz se encontre hipertónica em relação à solução do solo. A concentração elevada de sais minerais deve-se à entrada de alguns iões, na sua maioria, por transporte ativo.

2. Distinga as três vias pelas quais pode ocorrer o movimento de água nas raízes das plantas.

O movimento de água nas plantas pode ocorrer através da via apoplástica, quando a água se desloca através das paredes celulares, da via simplástica, quando a água passa de célula em célula através de plasmodesmos e da via transmembranar, quando a água passa de célula em célula atravessando a parede celular.

3. Considerando a investigação mencionada, indique a vantagem da disposição do xilema na raiz.

Segundo a investigação, a disposição do xilema na raiz, em formato de estrela, é uma adaptação à escassez de água.

4. “Há cerca de um século, já se tinha conhecimento da disposição do xilema na raiz; apesar disso, não permitiu aprofundar o conhecimento nesta área”. Comente esta afirmação.

A evolução do conhecimento científico encontra-se interdependente com a evolução da tecnologia. Por este motivo, apesar de se conhecer a disposição do xilema na raiz há cerca de um século, não existiam técnicas computacionais, que permitiram a investigação mencionada no texto.

Figura 27 (continuação) - Atividade prática de Lápis e Papel: “Um “detalhe” na evolução salvou as plantas da escassez de água”, do tema de Biologia

### **3.6.3. Atividades práticas laboratoriais**

Como já foi mencionado no capítulo 2, as atividades práticas laboratoriais são muito relevantes para o ensino em ciências na escola, pois facilitam a aprendizagem e a compreensão dos conteúdos que estão a ser lecionados. Além disso, também promovem a construção de conhecimentos conceituais e experimentais, o conhecimento duradouro, bem como a aprendizagem do método científico e de como os cientistas trabalham. Assim, nas aulas de Geologia e de Biologia realizaram-se várias atividades em ambiente de laboratório.

#### **3.6.3.1. Geologia**

A atividade prática laboratorial intitulada “Geomagnetismo” (fig. 28), foi aplicada no contexto do estudo do campo magnético para o conhecimento da estrutura interna da Terra, iniciando-se com um texto que aprofundava o tema. De seguida, foi realizada uma atividade laboratorial, onde os estudantes, dispostos em grupos, observaram uma analogia para representar o geomagnetismo. Em concreto, foram utilizados limalha de ferro e um íman. Por fim, os estudantes responderam a algumas questões para consolidar os seus conhecimentos.

Por sua vez, na atividade prática designada “Construção de modelos da estrutura interna da Terra” (fig. 29), os estudantes, também em trabalho de grupo, construíram modelos estáticos sobre a estrutura interna da Terra (fig. 30). A construção foi elaborada em esferas de esferovite, cortadas em hemisférios e as camadas do interior do nosso planeta foram pintadas com recurso a marcadores coloridos. Para tal, foram fornecidos aos estudantes, os valores de profundidade a que se considera que cada camada se encontra e coube aos mesmos efetuar os cálculos matemáticos necessários para elaborar os modelos, dentro dos possíveis, à escala. Por fim, a atividade prática apresentou algumas questões sobre os dois modelos aceites da estrutura interna da Terra, e sobre a importância dos modelos para a ciência

Na atividade prática laboratorial intitulada “Isostasia” (fig. 31) foi apresentado um texto resumido sobre a teoria da isostasia, com o objetivo de

auxiliar na construção de conhecimentos sobre este tema. A atividade laboratorial é experimental, pois os estudantes, em grupos, tiveram oportunidade de manipular variáveis, num modelo sobre a isostasia. Este modelo é uma analogia, onde a água representava a Astenosfera, a caixa de Petri a Litosfera e os pesos uma camada de gelo ou de sedimentos. Dentro desta atividade, os estudantes, também elaboraram respostas às questões apresentadas e realizaram um relatório em “V de Gowin”.

### **3.6.3.2. Biologia**

Dentro do tema de Biologia, foi realizada a atividade prática laboratorial intitulada “Observação de tecidos vasculares da raiz, caule e folha” (fig. 32). Nesta atividade os estudantes observaram, ao microscópio ótico composto (MOC), preparações definitivas de cortes transversais dos órgãos das plantas, dando enfoque aos tecidos vasculares e à sua disposição e formato dos feixes vasculares. De forma a auxiliar a observação, foi fornecido um texto com uma breve explicação e imagens esquemáticas dos cortes observados. Por fim, os estudantes responderam a questões sobre a atividade.

Já atividade prática laboratorial intitulada de "O transporte no xilema" (fig. 33), foram usados modelos vivos do caule de aipo (fig. 34). A sua utilização, como estratégia, permitiu que a turma estudasse o movimento de água no xilema. O documento referente a esta atividade vem acompanhado de um texto e uma imagem explicativos do modelo da adesão-coesão-tensão.

### Atividade prática laboratorial: Geomagnetismo

A Terra possui um campo magnético e os efeitos da sua existência já eram conhecidos pela civilização antiga chinesa. Também foram usados para orientação na época dos descobrimentos. No seu livro *De Magnet*, de 1600, Gilbert considerou, pela primeira vez, que a Terra comportava-se como um gigantesco íman permanente.

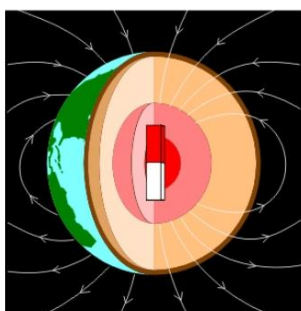


Figura 1 - Campo magnético da Terra e a analogia com um íman Fonte: IPMA

O campo magnético terrestre assemelha-se a um dipolo magnético e pode ser visualizado em termos de um conjunto de linhas de força que saem de um extremo do íman, chamado polo Norte e reentram no outro extremo, o polo Sul. O eixo desse dipolo magnético faz um ângulo aproximado de 11º com o eixo de rotação da Terra.

Apesar de o campo magnético da Terra parecer-se com o campo gerado por um íman (Figura 1), esta não é a explicação para a origem do campo. A explicação atualmente para compreender-se como é gerado o nosso campo magnético, é a Teoria do Dínamo. Segundo esta teoria, o movimento de um fluido bom condutor (o ferro em estado líquido) no núcleo externo, provocado pela rotação da Terra e pelas correntes de convecção, gera correntes elétricas e por consequência um campo magnético.

O campo magnético além de não ser homogêneo, sofre variações no tempo. Essas variações podem ser curtas no tempo ou de longa duração. Como exemplo das manifestações de curta duração, temos as variações diárias, as tempestades magnéticas (que podem dar origem às auroras boreais), os impulsos magnéticos, etc. As variações mais lentas têm a sua origem no interior do núcleo externo, dando-se o nome de variação secular. Nesta variação ocorre a inversão dos polos magnéticos. Ou seja, o polo sul magnético fica próximo do polo norte geográfico. O basalto, com os seu minerais ferromagnéticos, regista as inversões do campo magnético, conforme a pode ser observado na Figura 2. O estudo destas inversões é denominado Paleomagnetismo.

O IPMA é entidade que assegura as funções de autoridade nacional no domínio do geomagnetismo em Portugal.

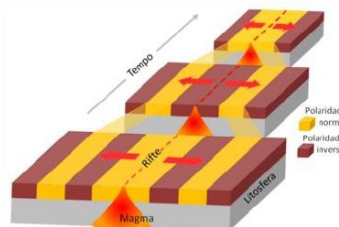


Figura 2 - Registro das inversões do campo magnético no basalto. Fonte: Wikipédia

Adaptado de: IPMA (s.d.) Geomagnetismo. Disponível em:  
<https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/geofisica/geomagnetismo/index.html>



### **Atividade laboratorial**

Nesta atividade iremos usar um íman, que representa a Terra e limalhas de ferro, que a sua disposição representa o campo magnético. Estes serão usados como analogia para o Geomagnetismo.

Material: Um íman, uma folha de cartolina e limalha de ferro

Procedimento: Colocar a cartolina sobre o íman e espalhar as limalhas de ferro.

Registo do que ocorreu:

Figura 28 (continuação) - Atividade prática laboratorial “Geomagnetismo” do tema de Geologia.

### Questões

1. Interprete os resultados obtidos.

As limalhas de ferro ficaram alinhadas com o campo magnético do íman. Foi possível observar os dois polos, semelhante ao campo magnético terrestre.

2. Refira como se chama o processo que pode ser observado nesta atividade.

O processo observado é designado magnetismo.

3. Explique o que está na base da formação do campo magnético da Terra.

Segundo a Teoria do Dínamo, campo magnético terrestre tem origem no movimento do ferro no estado líquido no núcleo externo. Este movimento tem origem na rotação da Terra e nas correntes de convecção. O que gera correntes elétricas e por consequência um campo magnético.

4. Refira algumas manifestações do magnetismo terrestre.

Presença de aurora polar, a orientação das bússolas e disposição das partículas minerais ferromagnéticos no basalto formados nos rifts.

5. O basalto formado dos riftes regista o campo magnético da Terra. Refira de que forma este registo pode ser relevante para o estudo da idade da crosta.

O Paleomagnetismo corresponde ao estudo das inversões do campo magnético terrestre. Graças ao registo das inversões do campo magnético, é possível perceber quando o a crosta foi formada, e perceber o padrão simétrico presente nos fundos oceânicos. Assim, estas informações podem ser relevantes para a compreensão da idade da crosta, bem como, para apoiar a Teoria da Tectónica de Placas.

Figura 28 (continuação) - Atividade prática laboratorial “Geomagnetismo” do tema de Geologia.

## Construção de modelos da estrutura interna da Terra

### Atividade prática laboratorial

Através dos dados recolhidos pelos métodos diretos e indiretos, foi possível construir dois modelos da estrutura interna da Terra. O modelo geoquímico considera a composição química das camadas estruturantes, concêntricas, que formam o interior do nosso planeta e o modelo geofísico baseia-se propriedades físicas do interior da Terra.

Nesta atividade pretende-se representar os modelos atuais que explicam a estrutura interna da Terra (Figura 1).

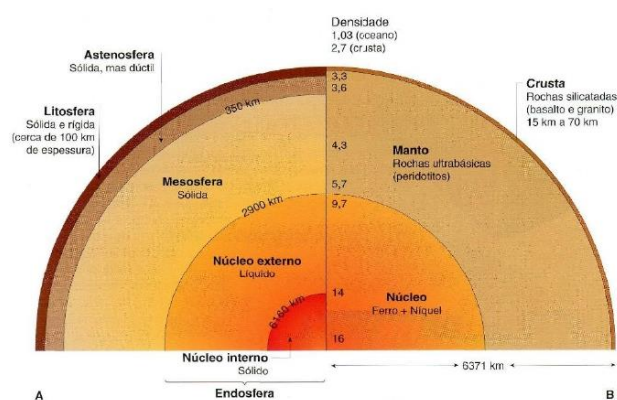


Figura 1 - Modelos da estrutura interna da Terra, considerando o seu raio médio. A - modelo geofísico; B - modelo geoquímico. Fonte: <http://rusoares65.pbworks.com/>

#### Materiais

- Esferas de esferovite, com 17,2 cm de diâmetro, cortadas em hemisférios;
- Etiquetas;
- Marcadores;
- Régua.

#### Procedimento

1. Calcular, utilizando dos dados fornecidos em seguida, a espessura das camadas, em cm.
2. Marcar as camadas que vai definir, considerando os cálculos obtidos anteriormente.
3. Identificar, no modelo, com recurso a etiquetas, as diversas camadas concêntricas e as respetivas profundidades a que se encontram.

Figura 29 - Atividade prática laboratorial “Construção de modelos da estrutura interna da Terra” do tema de Geologia.

#### Modelo geoquímico

- Crosta: até 35 Km de valor médio de profundidade.
- Manto: entre 35 Km (valor médio) e 2890 Km de profundidade.
- Núcleo: entre 2890 Km e 6371 Km de profundidade.

#### Modelo geofísico:

- Litosfera: até 100 Km de profundidade.
- Astenosfera: entre 100 Km e 250 Km de profundidade.
- Mesosfera: entre 250 Km e 2890 Km de profundidade.
- Endosfera externa: entre 2890 Km e 5150 Km de profundidade.
- Endosfera interna: entre 5150 Km e 6371 Km de profundidade.

#### Questões

1. Explique porque existem dois modelos para a estrutura interna da Terra.

Existem dois modelos para a estrutura interna da Terra, um deles considera a composição química e o outro considera as propriedades físicas.

2. Enumere as principais diferenças entre os modelos geoquímico e geofísico.

O modelo geoquímico é constituído pelas camadas concêntricas núcleo, manto e crosta. O núcleo é essencialmente constituído por ferro. O manto é formado, essencialmente por silicatos de ferro e magnésio. A crosta oceânica tem uma composição química semelhante ao basalto, enquanto a crosta continental tem uma composição semelhante ao granito.

O modelo geofísico é constituído pela litosfera, astenosfera, mesosfera, endosfera externa e interna. A litosfera é uma camada rígida, enquanto a astenosfera é uma camada com comportamento plástico. A mesosfera é uma camada sólida e rígida. A endosfera externa encontra-se no estado líquido e a endosfera interna encontra-se no estado sólido.

3. Refira a importância de serem construídos modelos da estrutura interna da Terra.

Os modelos criados para se estudar a estrutura interna da Terra são relevantes, pois não é possível aceder ao interior do nosso planeta. Estes modelos são criados através dos dados obtidos pelos métodos de estudo. Assim, a criação destes modelos permite visualizar como poderá ser o interior da Terra.

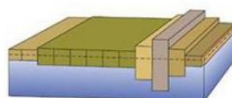
Figura 29 (continuação)- Atividade prática laboratorial “Construção de modelos da estrutura interna da Terra” do tema de Geologia



Figura 30 – Construção de modelos, pelos estudantes, na atividade prática laboratorial “Construção de modelos da estrutura interna da Terra” do tema de Geologia.  
Fotografia de Patrícia Alegria

### Atividade prática laboratorial: A teoria da isostasia

A isostasia é uma teoria, segundo a qual as massas continentais flutuam, em equilíbrio, num substrato mais denso e mais plástico.



A isostasia permite explicar as compensações, em profundidade, dos relevos superficiais. As placas litosféricas, de menor densidade, flutuam na astenosfera, constituída por materiais mais densos. Tal como dois pedaços de madeira, do mesmo tamanho, mas com densidades

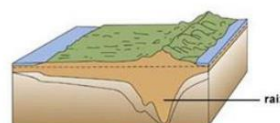
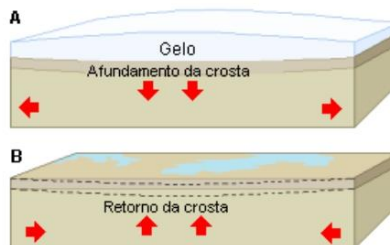


Figura 1 – Modelo esquemático explicativo da Isostasia.  
Fonte: infopedia.pt

diferentes, colocados num recipiente com água, ficam em equilíbrio, a flutuar, penetrando mais na água o pedaço com maior densidade, as massas litosféricas, rígidas, elevam-se ou afundam-se de acordo com a sua densidade e a do material da astenosfera que as suporta e no qual mergulham, de modo a manter um equilíbrio (Figura 1).

De acordo com o princípio da isostasia, blocos litosféricos sobrecarregados, por exemplo, por sedimentos ou pelo gelo espesso de uma glaciação, mergulham lentamente na astenosfera de modo a atingirem o equilíbrio isostático. Pelo contrário, blocos litosféricos aliviados da sua carga devido, por exemplo, à erosão ou ao degelo pós-glacial, têm tendência a elevar-se, num movimento ascensional, designado por soerguimento (Figura 2). A Escandinávia, durante a última glaciação, do Período Quaternário, afundou-se em consequência da camada de gelo que a recobriu, com 2 a 3 km de espessura.



Quando a glaciação terminou, o gelo foi desaparecendo e a Escandinávia começou a elevar-se, fenómeno que ainda hoje persiste, à velocidade de aproximadamente 1 cm/ano.

Figura 2 – Modelo esquemático explicativo do soerguimento por compensação isostática  
Fonte: <https://lucinhahb.blogspot.com/>

Fonte: Dias, A.J.G., Freitas, M.C.A.O., Guedes, F. & Bastos, M.C., (2014) Isostasia (Teoria da), *Rev. Ciência Elem.*, V2(2),297. <http://doi.org/10.24927/rce2014.297>

### **Atividade Laboratorial**

Nesta atividade serão usadas duas porções de madeira, água e dois pesos (A e B), que serão usados como analogia para a isostasia.

#### Material:

Caixas de *Petri*

Pesos A (9,58g) e B (13,68g)

Tina de vidro com água

#### Procedimento:

1. Colocar uma caixa de *Petri* numa Tina com água
2. Colocar o peso A em cima da madeira.
3. Registrar o que aconteceu.
4. Retirar o peso A e registrar o movimento sofrido pelo pedaço de madeira.
5. Repetir os passos 2 e 3 com o peso B.
6. Preencher o V de Gowin.

#### Registo das observações:

Figura 31 (continuação) - Atividade prática laboratorial “Isostasia” do tema de Geologia.

### Questões

1. Identifique o que representa cada dos elementos, utilizados como analogia, na atividade.

A madeira representa a Litosfera, a água representa a Astenosfera e os pesos representam gelo espesso ou volumes consideráveis de sedimentos.

2. Explique de que forma o facto de a Litosfera e a Astenosfera terem diferentes densidades contribui para causar estes movimentos verticais.

Devidos às placas litosféricas serem compostas por materiais rochosos com uma densidade menor que os da astenosfera, para além da plasticidade desta última, estas placas rígidas como que flutuam sobre as suas raízes profundas.

Os blocos litosféricos sobrecarregados mergulham lentamente na astenosfera, de modo a atingirem um equilíbrio isostático.

Quando são aliviados dessa sobrecarrega, ascendem lentamente através de movimentos verticais de soerguimento.

3. “Nas regiões costeiras onde estão a ocorrer movimentos isostáticos, o mar recua e a linha de costa avança, ao contrário do que se observa noutras áreas litorais”. Comente esta frase.

De acordo com a hipótese da isostasia, os blocos litosféricos que foram aliviados de sobrecarrega, ascendem, devido ao soerguimento.

Devido ao degelo atual provocado pela ação antrópica, o nível do mar está a subir lentamente à escala mundial. Apesar disso, nestes blocos litosféricos que estão a ascender, parece que o nível do mar está a descer, verificando-se, na realidade, um avanço da linha de costa, com o conseqüente recuo do litoral marinho.

4. Explique a importância do degelo e da erosão, a larga escala, neste processo.

Os blocos litosféricos mergulham lentamente na astenosfera quando sobrecarregados com gelo espesso, durante uma glaciação, ou ainda quando na sua parte superior se acumula uma grande espessura de sedimentos. O degelo pós-glaciário provoca o desaparecimento do gelo espesso. Também os sedimentos podem ser removidos por erosão. Assim, estes dois processos irão aliviar a sobrecarrega dos blocos litosféricos, iniciando-se o seu soerguimento.

5. Explique porque razão a Litosfera tende a ser mais espessa sob as regiões montanhosas.

De acordo com a teoria do equilíbrio isostático, a Litosfera é mais espessa nas regiões montanhosas, pois nestas regiões ocorreu compressão tectónica e concentraram-se grandes volumes de rochas. A Litosfera destas regiões é, por isso, mais pesadas e espessa, necessitando de uma raiz maior para que se encontre em equilíbrio isostático.

Figura 31 (continuação) Atividade prática laboratorial “Isostasia” do tema de Geologia.



### Atividade prática laboratorial

#### Observação de tecidos vasculares da raiz, caule e folha

O xilema e o floema são tecidos vasculares que estão presentes em todos os órgãos da planta. Devido ao seu reduzido calibre, estes agrupam-se em feixes condutores, garantindo assim, a deslocação das respetivas seivas. Em cada um dos órgãos, os feixes condutores ocupam posições relativamente definidas, podendo ser considerados simples, quando constituídos apenas por floema ou por xilema, ou duplos, quando constituídos pelos dois tecidos vasculares.

Na raiz de muitas plantas, o xilema apresenta-se em formato de estrela, com o floema a ocupar as reentrâncias entre o xilema (Fig. 1). No caule, o sistema vascular do caule consiste em feixes vasculares dispostos em formato de anel (Fig. 2). O sistema vascular das folhas é contínuo com o sistema vascular do caule. As nervuras ramificam-se, colocando o xilema e floema em contacto com o tecido que realiza a fotossíntese (Fig. 3).

#### Material

Microscópio ótico composto (MOC)

Preparações definitivas de cortes transversais de diferentes órgãos da planta: A - raiz, B - folha e C - folha.

#### Procedimento:

1. Observar a preparação A (raiz) usando a objetiva de menor ampliação.
2. Centrar a preparação e observar com a objetiva seguinte.
3. Esquematizar e legendar as observações.
4. Repetir os passos de 1 a 3 para as preparações B (caule) e C (folha).

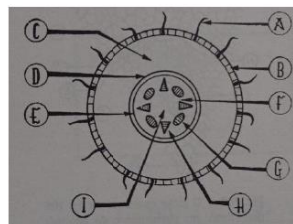


Figura 1 - Estrutura da raiz. A - pelo radicular, B - epiderme, C - zona cortical, D - endoderme, E - periciclo, F - xilema, G - floema, H - medula, I - raio medular. Fonte: Pimentel, G., Monteiro, A. (s.d.)Trabalhos práticos de Ciências Naturais. Porto Editora

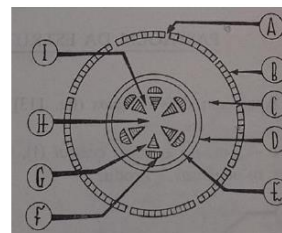


Figura 2 - Estrutura do caule. A - estoma, B - epiderme, C - zona cortical, D - endoderme, E - periciclo, F - floema, G - xilema, H - medula, I - raio medular. Fonte: Pimentel, G., Monteiro, A. (s.d.)Trabalhos práticos de Ciências Naturais. Porto Editora

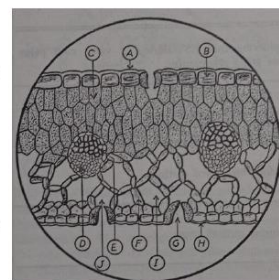


Figura 3 - Estrutura da Folha. A - cutícula, B - epiderme superior, C - parênquima fotossintético, D - floema, E - xilema, F - parênquima, G - estoma, H - cutícula, I - lacuna, J - câmara subestomática. Fonte: Pimentel, G., Monteiro, A. (s.d.)Trabalhos práticos de Ciências Naturais. Porto Editora

Figura 32 - Atividade prática laboratorial – “Observação de tecidos vasculares da raiz, caule e folha” do tema de Biologia.

Nome: \_\_\_\_\_ n.º \_\_\_\_\_ Turma \_\_\_\_\_

### Questões

1. Explique porque motivo os tecidos observados apresentam diferentes colorações.

A coloração diferente nos tecidos observados deve-se aos corantes usados na elaboração das preparações definitivas. Estes corantes coloriram, de forma diferenciada, os diferentes tecidos.

2. Identifique a disposição do xilema e do floema nos órgãos da planta (raiz, caule e folha).

Na raiz o xilema apresenta-se em formato de estrela, com o floema a ocupar as reentrâncias entre o xilema. No caule, o sistema vascular do caule consiste em feixes vasculares dispostos em formato de anel, com o xilema na zona mais central. Nas folhas os feixes vasculares encontram-se em contacto com o tecido que realiza a fotossíntese, com o xilema voltado para a página superior e o floema para a página inferior.

3. As células do xilema são células mortas. Nomeie algumas características deste tecido que podem ser identificadas ao MOC.

Ao MOC é possível observar que as células do xilema são de grandes dimensões e encontram-se ocas.

Figura 32 (Continuação) - Atividade prática laboratorial – “Observação de tecidos vasculares da raiz, caule e folha” do tema de Biologia.

## Atividade prática laboratorial

### “O transporte no xilema”

O modelo da adesão-coesão-tensão (Fig. 1) é usado para explicar o transporte da seiva xilémica. Segundo este modelo, as moléculas de hidrogénio estabelecem ligações entre si gerando forças de coesão. Como consequência, forma-se uma corrente de transpiração nos vasos xilémicos. Além disso, estas moléculas também se ligam com moléculas hidrofílicas, como é o caso da celulose, presente nas paredes celulares, um processo designado adesão.

O transporte de água para grandes distâncias é impulsionado por pressões negativas, ou seja, cria-se tensões geradas pela evaporação de água através dos estomas. Desta forma, a saída de moléculas de água resulta no movimento da coluna de água.

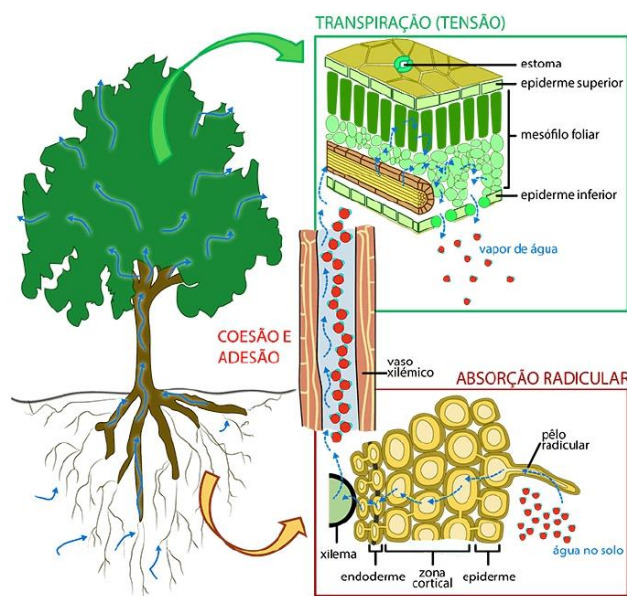


Figura 1 - Representação esquemática do modelo da adesão-coesão-tensão. Fonte: Moreira, C., (2014) Adesão-coesão-tensão, *Rev. Ciência Elem.*, V2(2):140

Figura 33 - Atividade prática laboratorial "O transporte no xilema" do tema de Biologia.

Material:

- Água da torneira, 150 mL.
- Bisturi.
- Caule de aipo (*Apium graveolens*).
- Corante alimentar.
- Gobelé de 200mL.

Procedimento:

1. Cortar uma secção do caule, com o bisturi, de acordo com a figura 2.
2. Colocar o caule de aipo no gobelé, com a água e o corante alimentar;
3. Guardar a preparação para a aula seguinte.
4. Registrar o que se observou.



Figura 2 - Caule de aipo com corte.

Figura 33 (continuação)- Atividade prática laboratorial "O transporte no xilema" do tema de Biologia.

Nome: \_\_\_\_\_ n.º \_\_\_\_\_ Turma \_\_\_\_\_

### Questões

1. Indique as alterações que ocorreram no caule de aipo.

Após ficar em água com corante foram, é possível observar que o xilema, do caule de aipo ficou colorido.

2. “Segundo o modelo da adesão-coesão-tensão é criada uma coluna de água que se move nos vasos xilémicos”. Comente esta afirmação, considerando os resultados desta atividade.

Segundo modelo da adesão-coesão-tensão, as moléculas de hidrogénio estabelecem ligações entre si, que gera forças de coesão, formando uma corrente de transpiração nos vasos xilémicos. As moléculas de água também se ligam com moléculas hidrofílicas, um processo designado adesão. O transporte de água é impulsionado por tensões geradas pela evaporação de água através dos estomas, resultando no movimento da coluna de água

Ao colocar-se o caule de aipo em água com corante, esta irá deslocar-se, no sentido ascendente, o que resulta no xilema ficar colorido.

3. Existe uma zona no topo do caule onde o xilema não se encontra colorido. Explique por que motivo o xilema não foi colorido nesta zona.

O xilema não se encontra colorido nesta zona do caule de aipo, devido ao corte abaixo, que não permitiu o movimento ascendente da coluna de água.

Figura 33 (continuação)- Atividade prática laboratorial "O transporte no xilema" do tema de Biologia.



Figura 34 - Caule de aipo usado na atividade prática laboratorial "O transporte no xilema" do tema de Biologia. Fotografias de Paulo Magalhães.

### **3.6.4. Atividades do manual escolar**

O manual escolar é um recurso importante para os estudantes construírem o seu conhecimento, usando-o como uma ferramenta diária de estudo e para consolidarem aprendizagens. O manual escolar contém propostas de várias atividades práticas, que podem auxiliar na compreensão dos conteúdos lecionados. Como tal, nas aulas lecionadas foram realizadas atividades presentes na manual BioGeo.

#### **3.6.4.1. Geologia**

Na Figura 35 exemplifica-se uma atividade onde o estudante é convidado a interpretar um esquema que representa a influência da temperatura no estado físico dos materiais no interior da Terra, e a responder às questões apresentadas. Esta atividade promove a compreensão sobre o aumento da temperatura no interior da Terra, para além da capacidade de interpretação de esquemas.

#### **3.6.4.2. Biologia**

Por sua vez, na Figura 35, demonstra-se os resultados de uma experiência laboratorial relacionada com o transporte nas plantas. Com esta atividade, os estudantes têm a oportunidade de interpretar os seus resultados, respondendo a algumas questões sobre a mesma e relacionando-a com os conteúdos lecionados com recurso a diapositivos e questionamento.

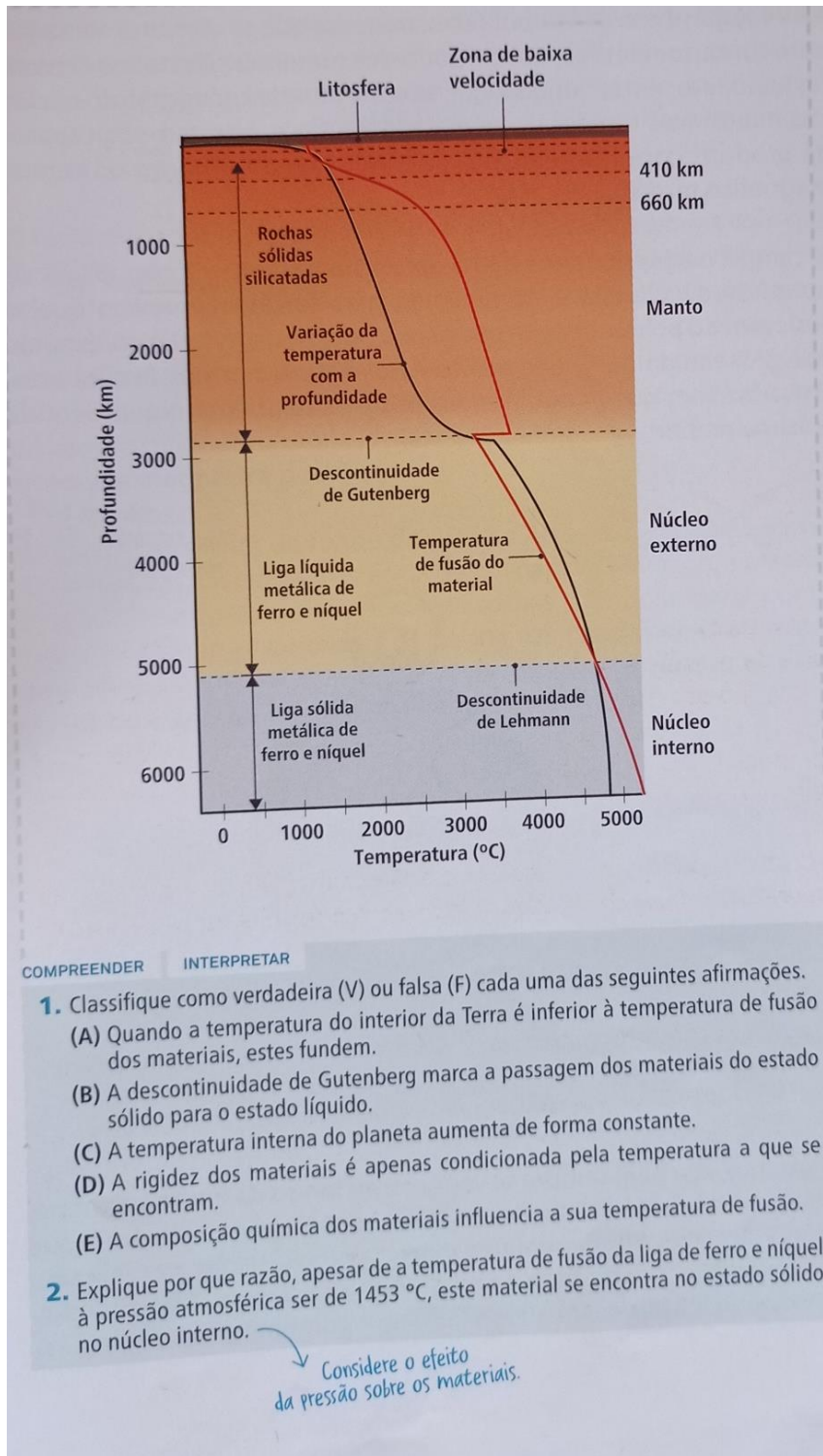


Figura 35 - Exercício do Manual BioGeo de 10.º ano, do tema de Geologia lecionado (p. 181).- Fonte: Manual BioGeo Parte 1.



**DADOS INTERPRETAR EXPERIMENTAIS**

**QUESTÃO-PROBLEMA**  
Como seguir o trajeto da seiva floêmica?

**PROCEDIMENTO**  
Para seguir o trajeto dos compostos orgânicos produzidos durante a fotossíntese, uma folha de uma ervilha foi isolada num recipiente transparente contendo dióxido de carbono com um isótopo de carbono radioativo ( $^{14}\text{C}$ ). Ao fim de 1 hora e de 12 horas, através de uma técnica designada autorradiografia, toda a planta foi coberta por uma película fotográfica, revelando a localização dos compostos com  $^{14}\text{C}$ .

**CONEXÕES**  
Obtenção de matéria pelos seres vivos autotróficos (pág. 122).

**COMPREENDER**

1. Explique por que era expectável que, ao fim de algum tempo, os compostos sintetizados na folha fossem deslocados para outros órgãos.

**INTERPRETAR**

2. Indique onde se localizam os compostos com  $^{14}\text{C}$ , respetivamente, ao fim de 1 h e de 12 h.
3. A partir dos resultados da experiência, infira o sentido da deslocação da seiva floêmica.

**Fig. 16**  
Demonstração da deslocação de açúcares formados na fotossíntese.  
**Nota:** A vagem é um tipo de fruto.

1 Vagem em desenvolvimento  
Folha madura e saudável  
 $^{14}\text{C}$

2

3 1 h depois

4 12 h depois

Figura 36 - Exercício do Manual BioGeo de 10.º ano, do tema de Biologia lecionado (p. 158).- Fonte: Manual BioGeo Parte 2.

## **4. Resultados e Conclusões**

Através da realização dos pré-testes e dos pós-testes foi possível aferir a construção das aprendizagens por parte dos estudantes. Desta forma, são comparados os resultados dos dois momentos de avaliação, tanto referente ao tema de Geologia como de Biologia. Adicionalmente, também serão demonstrados os resultados do relatório “V de Gowin”.

### **4.1. Pré-teste e Pós-teste de Geologia**

Como mencionado anteriormente, o pré-teste foi realizado na primeira aula do tema, antes de ter sido lecionado qualquer conteúdo e o pós-teste foi aplicado na última aula deste tema. Foram realizados 14 pré-testes e pós-testes sobre o tema de Geologia (fig. 20).

O primeiro grupo de perguntas consiste em quatro questões de escolha múltipla, em que os estudantes podem selecionar uma de quatro opções de resposta, ou a opção “Não sei”. Estas questões dizem respeito aos métodos usados para o estudo do interior da Terra. Na Figura 37 encontram-se as respostas a estas questões no pré-teste e na Figura 38 as respostas no pós-teste. De destacar a questão 1.1., em que todos os estudantes responderam corretamente no pós-teste e de nenhum estudante ter colocado a opção “Não sei”.

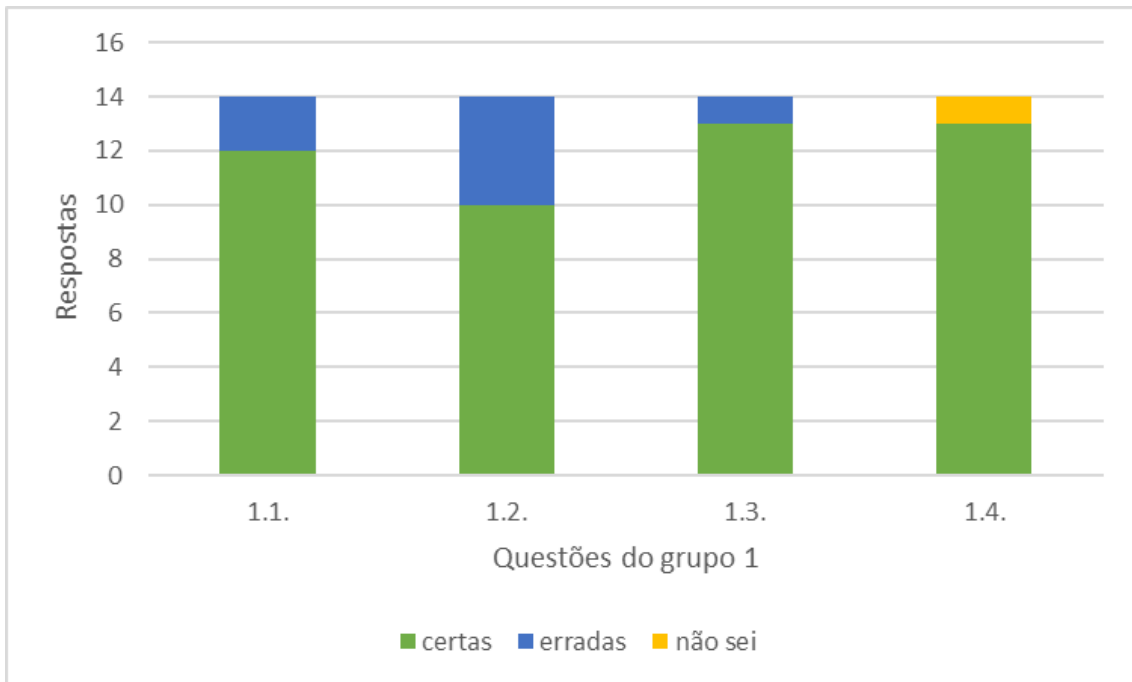


Figura 37 - Respostas às questões do grupo 1, no pré-teste relativo ao tema de Geologia.

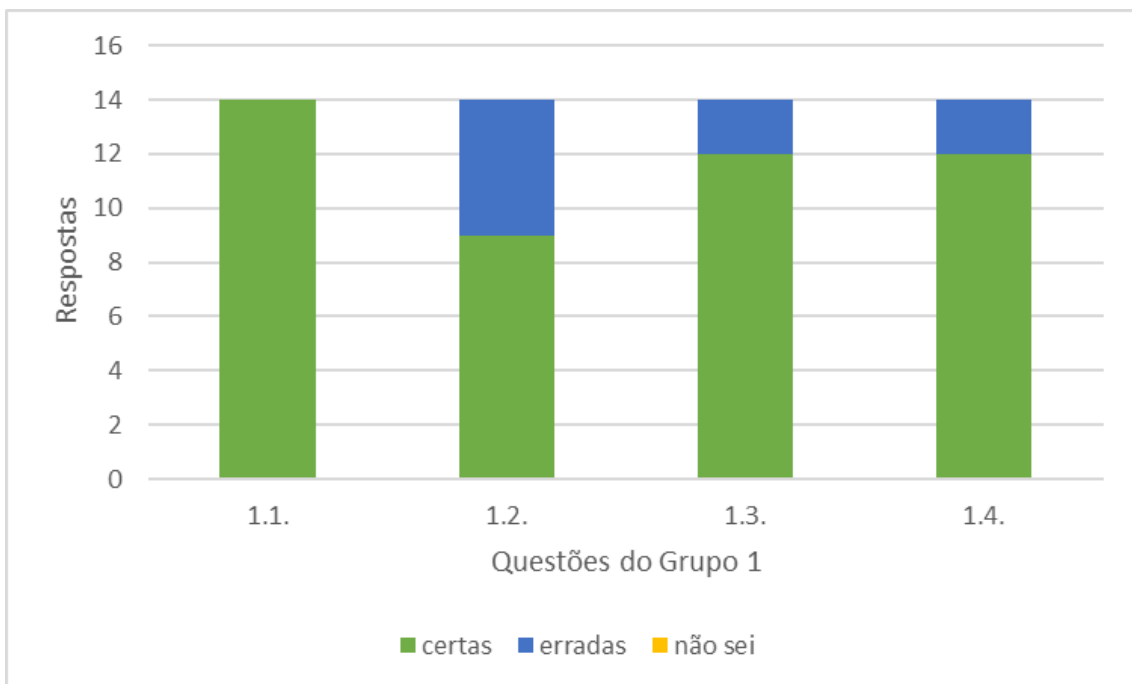


Figura 38 - Respostas às questões do grupo 1, no pós-teste relativo ao tema de Geologia

No grupo 2, os estudantes completaram frases sobre os métodos de estudo da estrutura interna da Terra, sendo visível que, no pré-teste (fig. 39), a maioria dos estudantes responderam incorretamente às alíneas a) e b), mas no pós-teste (fig. 40), o número de respostas incorretas diminuiu, apesar de ainda

existirem algumas respostas erradas. Na alínea a), em que os estudantes deveriam saber distinguir os métodos diretos dos métodos indiretos para o estudo da estrutura interna da Terra, existiu uma maior evolução nas respostas corretas, mostrando que muitos dos estudantes aprenderam a distinguir estes dois conceitos.

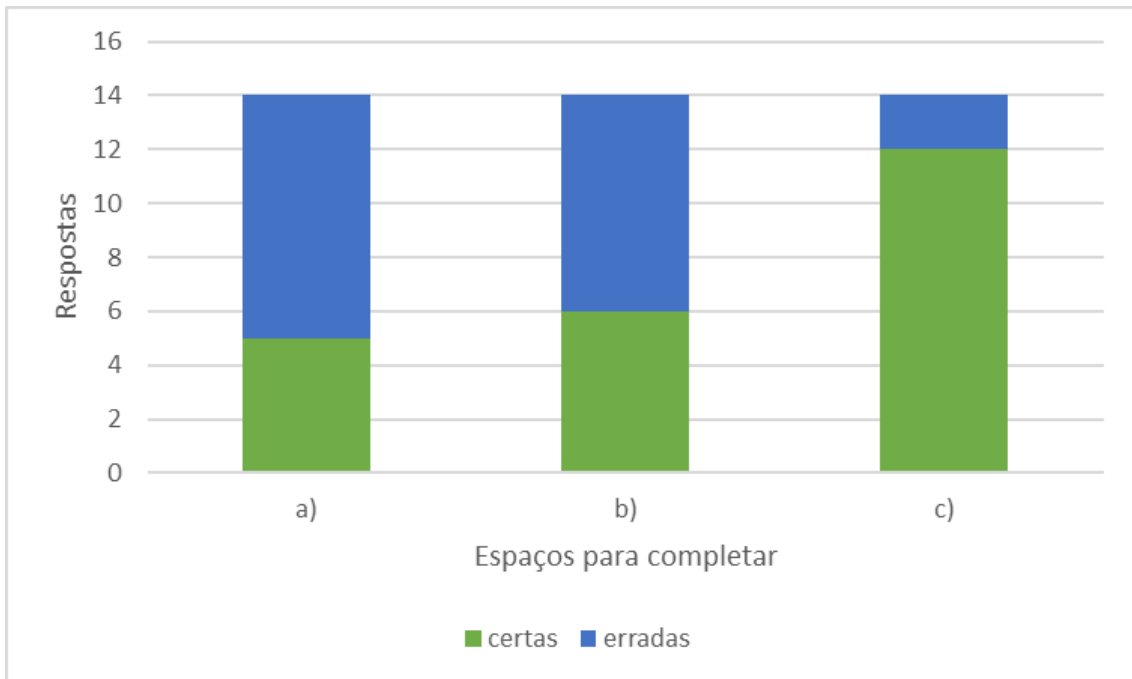


Figura 39 - Respostas ao grupo 2, no pré-teste relativo ao tema de Geologia.

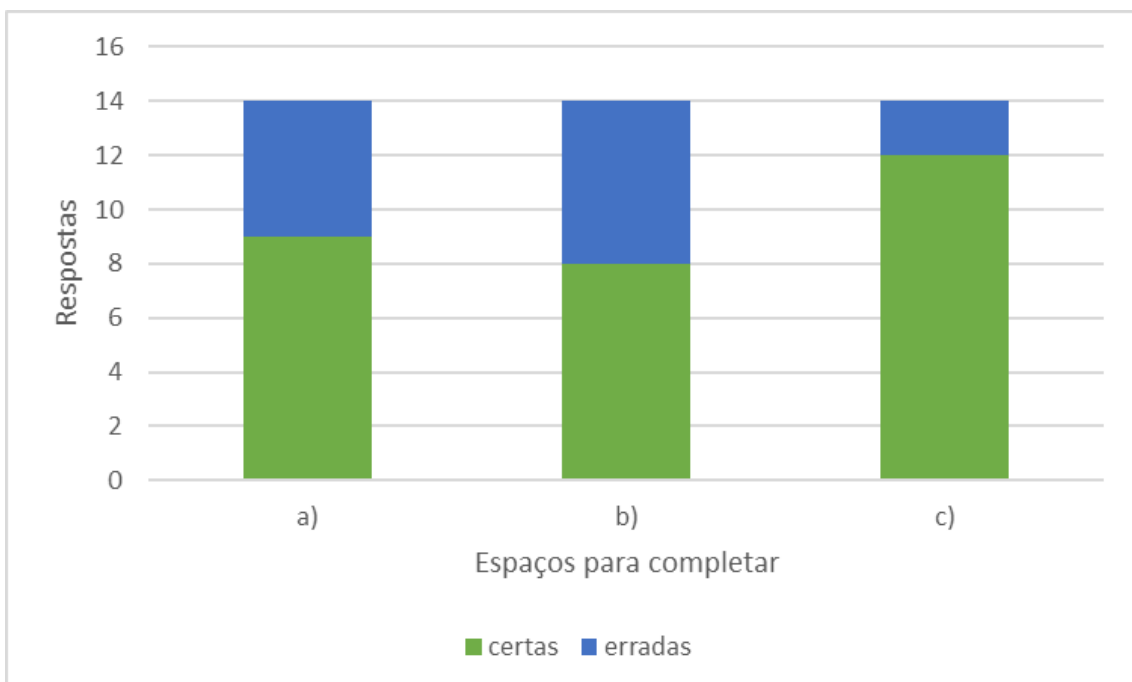


Figura 40 - Respostas ao grupo 2, no pós-teste relativo ao tema de Geologia

No grupo 3 foi apresentada uma figura que representava os dois modelos aceites para a estrutura interna da Terra, legendados com números. Nesta questão, os estudantes deveriam estabelecer correspondência entre estes números e os nomes das camadas concêntricas do interior do nosso planeta. Após a análise das respostas dadas a esta questão no pré-teste (fig. 41), verificou-se que houve várias respostas erradas e “Não sei”. No entanto, no pós-teste (fig. 42), apesar de ainda existirem várias respostas erradas, o número de respostas certas aumentou.

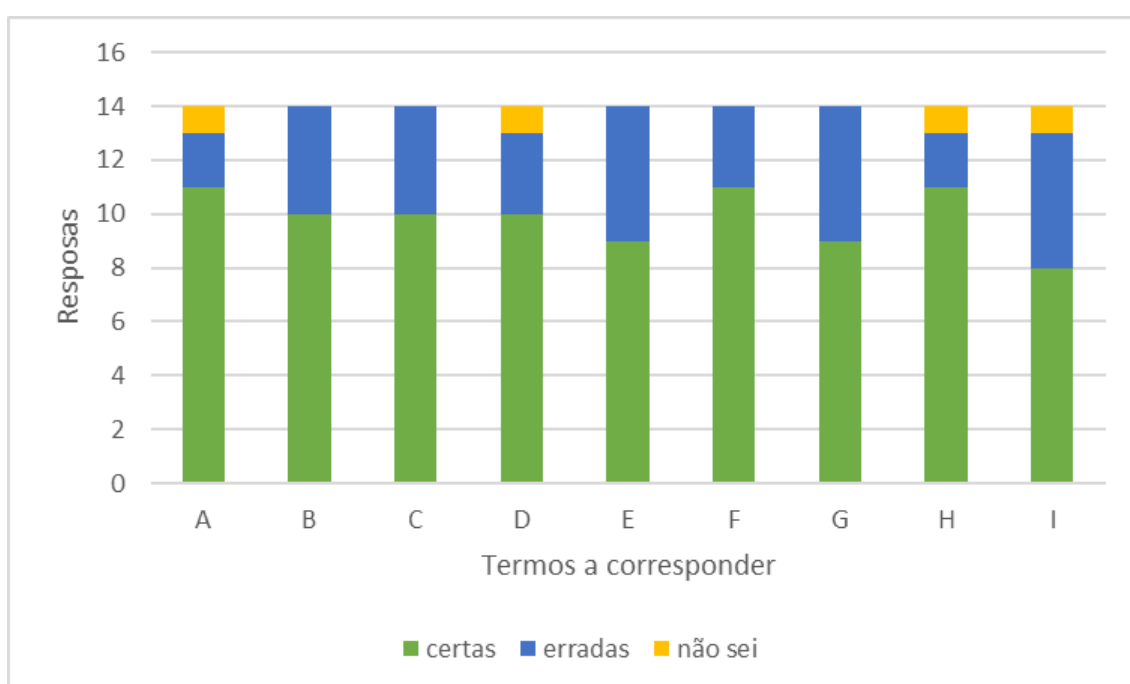


Figura 41 - Respostas ao grupo 3 do pré-teste do tema de Geologia

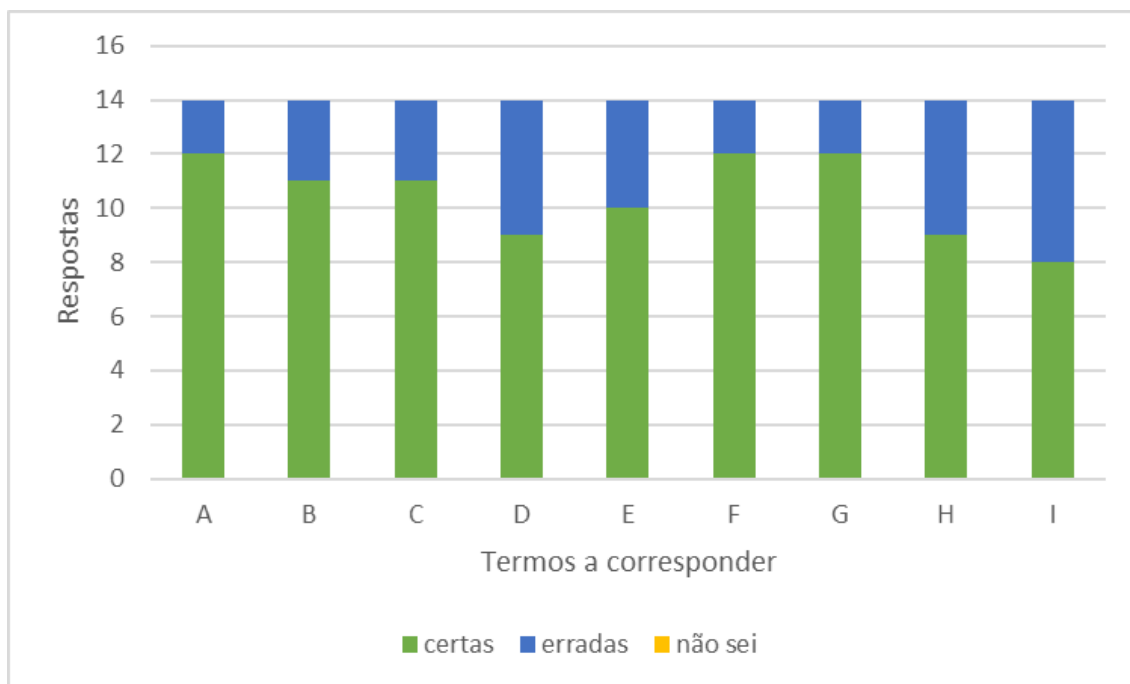


Figura 42 – Respostas grupo 3 do pós-teste do tema de Geologia

Por fim, no grupo 4, consistia em sete questões de escolha múltipla, os estudantes, à semelhança do grupo 1, tinham quatro opções de escolha e a opção “Não sei”. Estas questões abordam as características de algumas das camadas da estrutura interna da Terra, considerando tanto o modelo geofísico como o modelo geoquímico. No pré-teste (fig. 43), verificou-se a existência de um grande número de respostas erradas e “Não sei”. Por sua vez, no pós-teste (fig. 44), constatou-se que o número de respostas certas aumentou. A questão 4.2. foi, notoriamente, difícil para os estudantes. Nesta questão, os estudantes têm de saber que o núcleo externo se encontra no estado líquido e que é essencialmente constituído por ferro. Possivelmente, a grande quantidade de respostas erradas deve-se aos estudantes terem de saber estes dois factos, para poderem seleccionar a resposta correta e, talvez, devido a fazerem confusão com o núcleo interno.

Vários fatores podem ter concorrido para que os resultados do pós-teste ficassem aquém das expectativas. A complexidade do tema da estrutura interna da Terra, só explicável com recurso a modelos que envolvem variações de escala substanciais e o grau de abstração de alguns dos conceitos lecionados, poderão ter dificultado as aprendizagens, pelo que é necessária uma reflexão quanto a uma mais adequada planificação das aulas e às estratégias empregues

no processo de ensino. Por outro lado, a própria heterogeneidade da turma, em que coexistem alunos de várias origens, algumas externas ao sistema de ensino português e, por conseguinte, com diferentes formações de base, também poderá ter concorrido para o menos sucesso das aprendizagens expresso no pós-teste.

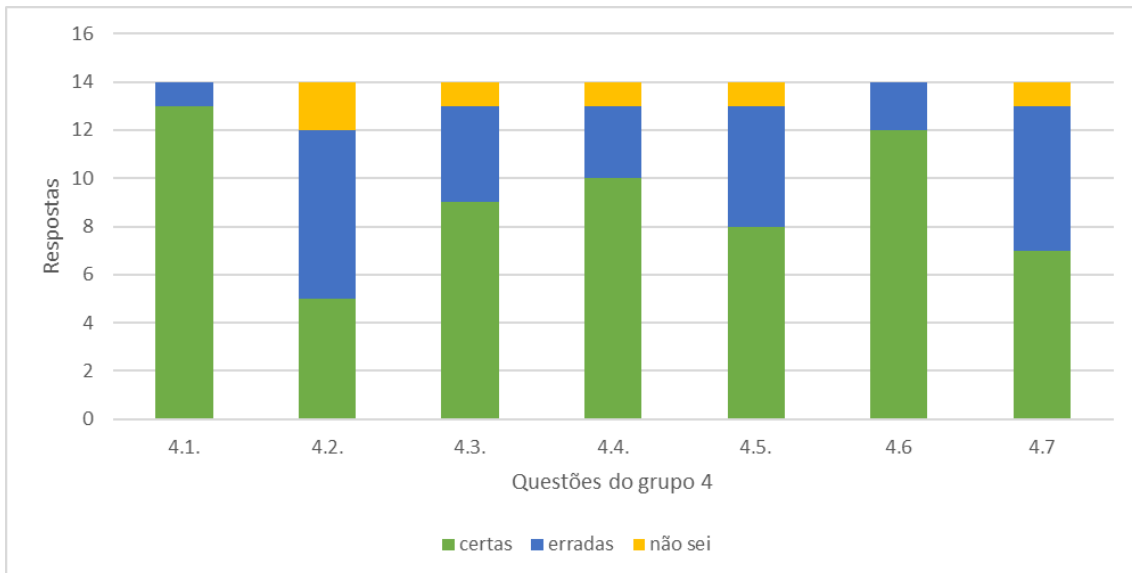


Figura 43 - Respostas às questões do grupo 4 no pré-teste do tema de Geologia.

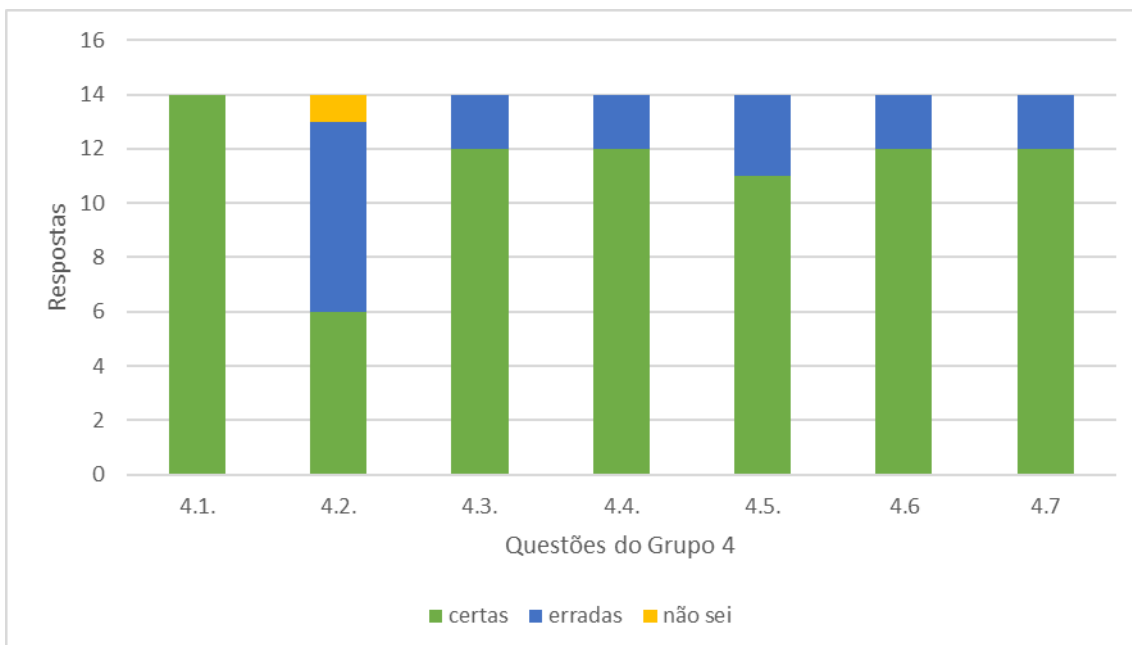


Figura 44 - Respostas às questões do grupo 4 no pós-teste do tema de Geologia

## 4.2. Pré-teste e Pós-teste de Biologia

Tal como nas aulas do tema de Geologia, foram aplicados um pré-teste no início da primeira aula de Biologia e um pós-teste no final da lecionação da unidade (fig. 21), sendo que ambos os testes foram realizados por 15 estudantes.

O primeiro grupo consiste em quatro questões de escolha múltipla, tendo cada uma destas quatro opções de resposta, para além da opção “Não sei”. As avaliações das respostas a estas questões, no pré-teste, encontram-se na Figura 43, onde a questão 1.4 se destaca, devido a existir um maior número de respostas erradas e “Não sei”, do que respostas certas. Esta questão diz respeito à osmose, conceito que havia sido estudado nesse ano letivo e é relevante para a compreensão dos processos envolvidos no transporte das plantas. Na Figura 44 encontram-se expressos os resultados das respostas ao pós-teste, onde podemos verificar que houve uma diminuição considerável das respostas erradas, possivelmente porque a conhecimento do transporte nas plantas auxiliou na consolidação do conhecimento sobre a osmose. Também na questão 1.3., que diz respeito às propriedades da molécula de água, relevante para a compreensão do transporte da água no xilema, houve um maior número de respostas certas no pós-teste do que no pré-teste

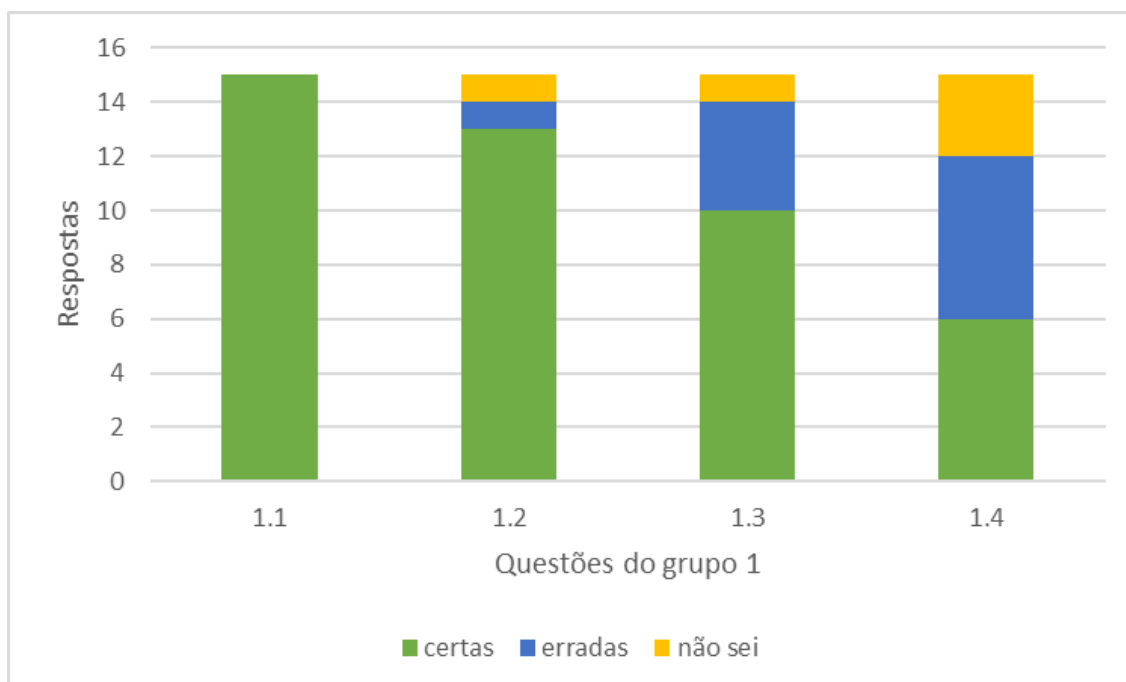


Figura 45 - Respostas às questões do grupo 1 no pré-teste do tema de Biologia.



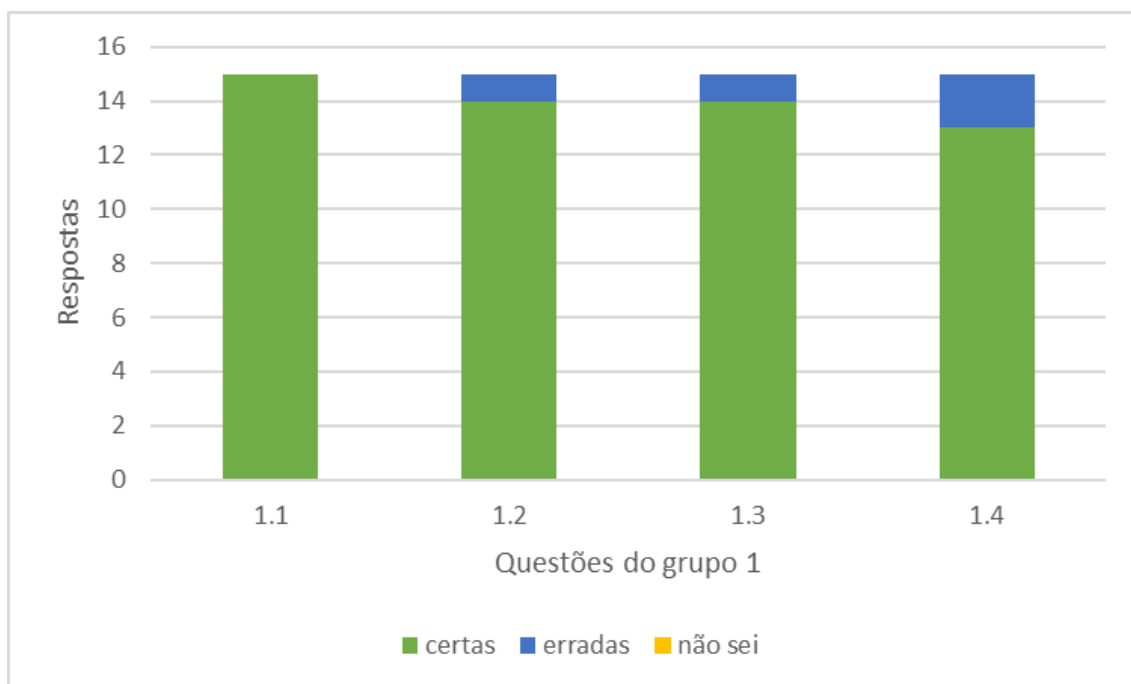


Figura 46 – Resposta às questões do grupo 1 no pós-teste do tema de Biologia

No grupo 2 foram indicadas as funções dos órgãos das plantas, relevantes para a compreensão dos processos envolvidos no transporte nestes seres vivos, bem como nas suas necessidades. Comparando as respostas a estas questões no pré-teste (fig. 47), com as respostas do pós-teste (fig. 48), é notório que os estudantes compreenderam a função dos órgãos da planta, pois, nas questões 2.2., 2.3. e 2.4. não houveram respostas erradas e na questão 2.1., o número de respostas erradas diminuiu.

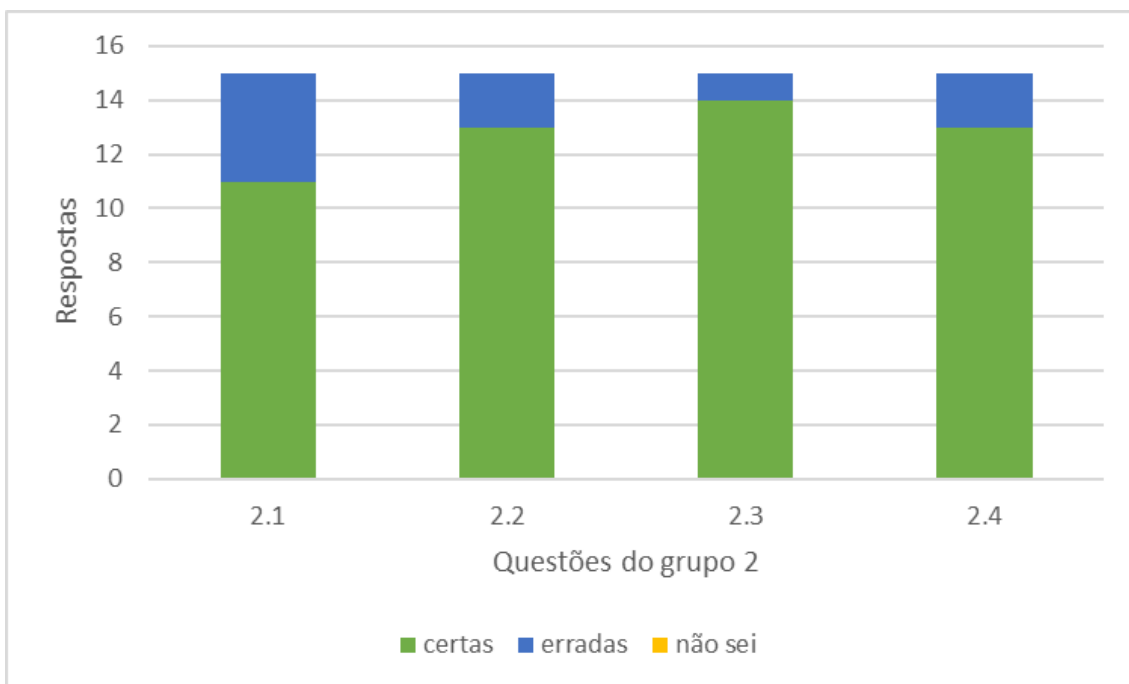


Figura 47 – Respostas às questões do grupo 2 no pré-teste do tema de Biologia.

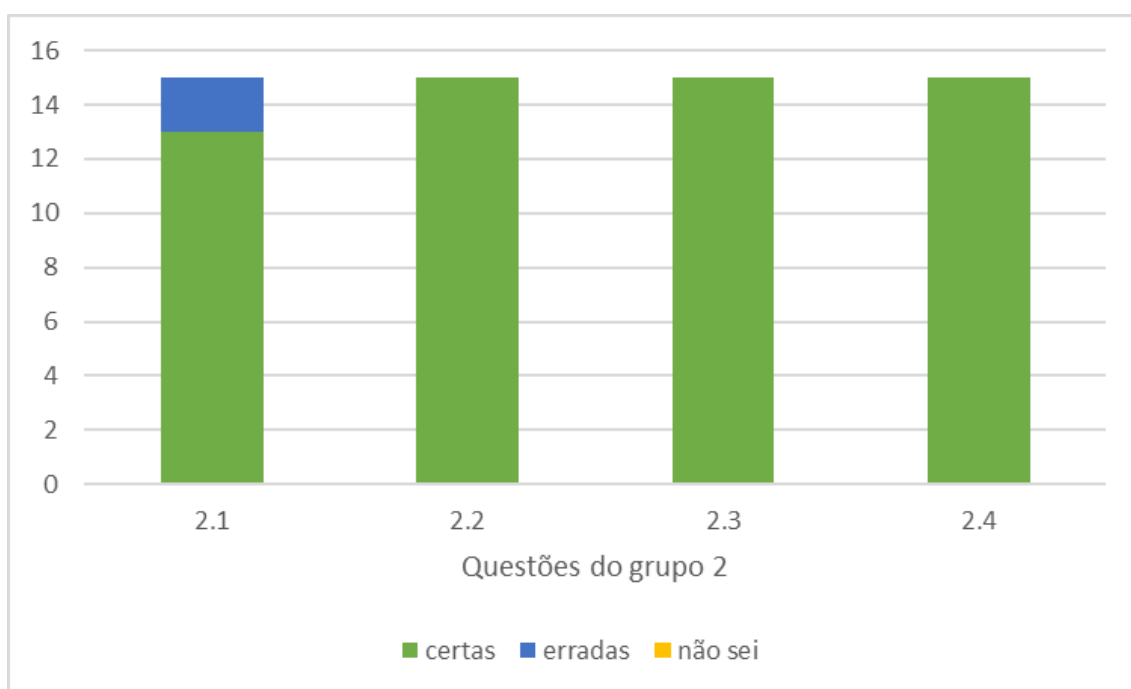


Figura 48 – Respostas às questões do grupo 2 no pós-teste do tema de Biologia

Através dos dados retirados do pré-teste e do pós-teste, é possível concluir que os estudantes do 10.º B foram capazes de consolidar, de um modo geral, o seu conhecimento neste tema, o que permite pensar que a planificação e as estratégias utilizadas na lecionação da unidade se revelaram adequadas e contribuíram significativamente para o sucesso das aprendizagens.

### 4.3. Relatório “V de Gowin”

Os estudantes realizaram um relatório “V de Gowin” referente à atividade prática laboratorial “Isostasia” (fig. 30), que foi considerado na avaliação final do 2.º período. Foram entregues 14 relatórios, um por cada estudante que esteve presente na aula prática, tendo-se a avaliação distribuindo como se representa na Figura 49. Nenhum estudante teve negativa neste instrumento de avaliação; apesar disso, apenas quatro estudantes conseguiram ter a classificação de “Bom” e nenhum estudante conseguiu ter “Muito Bom”.

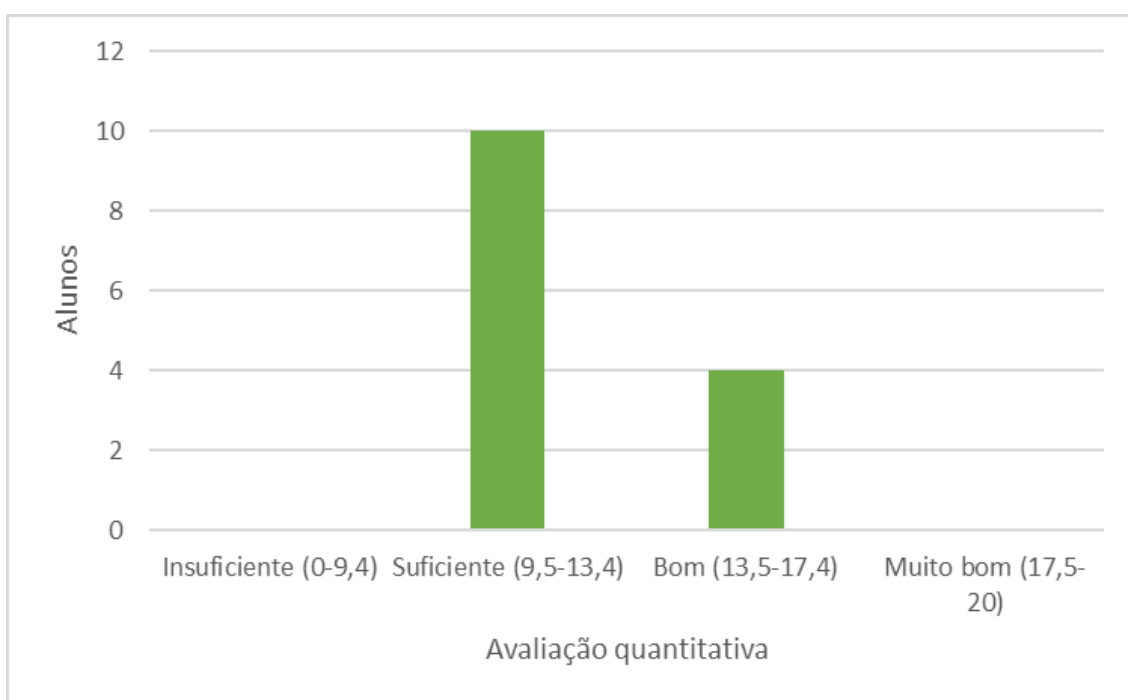


Figura 49 - Resultados da avaliação qualitativa, obtidos pelos estudantes, no relatório de V de Gowin realizado na atividade prática laboratorial “Isostasia” do tema de Geologia.

Embora este tenha sido o segundo relatório “V de Gowin” realizado este ano letivo, estes estudantes nunca tinham preenchido um relatório deste tipo em anos letivos anteriores, tendo sido notórias algumas dificuldades de formulação, em particular no campo das conclusões. Na correção destes relatórios, a professora estagiária escreveu algumas sugestões de melhoria, de forma a que os estudantes superem as suas dificuldades (fig. 50).

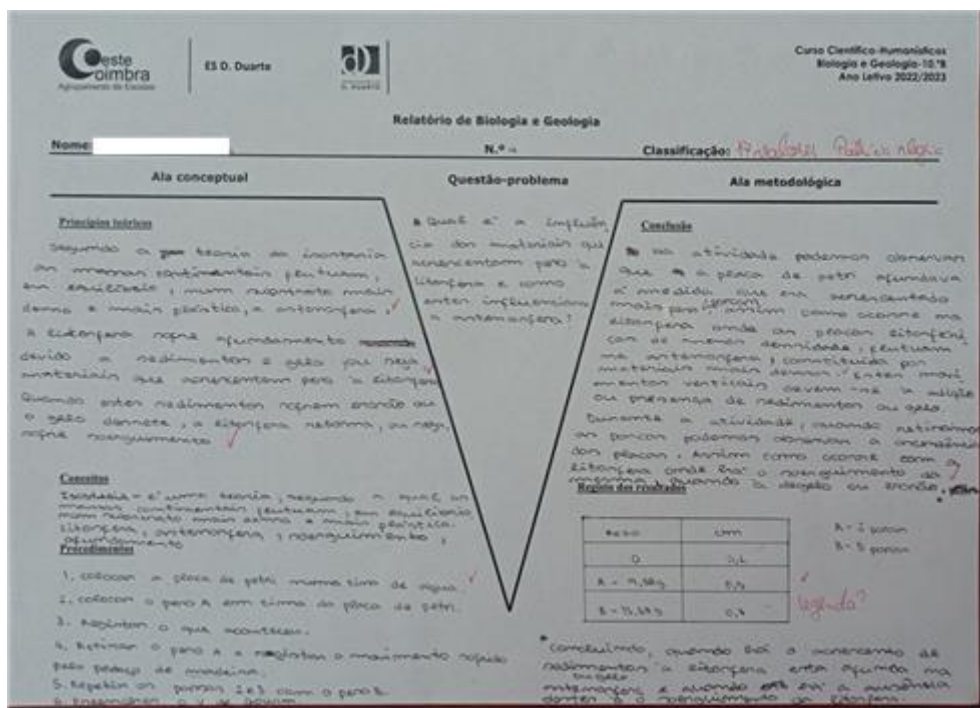


Figura 50 - Exemplo de um relatório “V de Gowin”, realizado na atividade prática laboratorial “Isostasia” do tema de Geologia, corrigido.

#### 4.4. Aula de Promoção do Sucesso Escolar (PSE)

Nas terças-feiras, ao fim da tarde, os estudantes do 10.º B da Escola Secundária D. Duarte têm a oportunidade de participar nas aulas de Promoção do Sucesso Escolar (PSE), onde tive a oportunidade de esclarecer dúvidas a esses estudantes, para além de os auxiliar na resolução de exercícios sobre os conteúdos da disciplina de Biologia e Geologia.

#### 4.5. Aula da segurança no laboratório

O núcleo de estágio, realizou, no primeiro período, uma aula sobre segurança no laboratório. Esta aula teve como objetivo ensinar, aos estudantes do 10.º B, como devem proceder as aulas laboratoriais, tendo em consideração a sua segurança. Os conhecimentos que os estudantes construíram nesta aula são importantes tanto para a disciplina de Biologia e Geologia, como para a disciplina de Física e Química. Ou seja, foi uma aula que considerou a interdisciplinaridade deste tema.

Os conteúdos a lecionar nesta aula foram divididos pelos membros do grupo de estágio, sendo que me coube a parte respeitante aos diversos materiais do laboratório. Para tal, mostrei exemplares de cada um destes objetos e questionei se conheciam cada um deles, e se sabiam qual a sua função no laboratório, completando as informações que os estudantes forneciam nas suas respostas.

#### 4.6. Palestras e visita de estudo

Durante o ano letivo, tive a oportunidade de participar em duas palestras ministradas por especialistas aos estudantes do 10.º ano da Escola Secundária D. Duarte. A primeira palestra decorreu no dia 31 de janeiro de 2023, como o título: *Mitofitness: à procura de um programa de treino mitocondrial*, e foi apresentada por uma equipa de investigadores da Universidade de Coimbra. Começou com uma exposição teórica, que foi seguida por uma atividade prática laboratorial, em que os estudantes do 10.º ano tiveram a oportunidade de perceber como é profissão de investigador. A outra palestra foi organizada pelo professor Pedro Costa, na Universidade de Coimbra, como o título: *À procura de Tsunamis no fundo do mar* (fig. 51). No decorrer desta palestra, os estudantes do 10.º ano tiveram a possibilidade de conhecer como se realizam investigações na área da Geologia.



Figura 51 – Palestra “À procura de Tsunamis no fundo do mar” realizada na Escola Secundária D. Duarte. Fotografia de Patrícia Alegria

No dia 26 de abril de 2023, acompanhei os estudantes das duas turmas do 10.º ano ao Exploratório – Centro de Ciência Viva, para uma visita à exposição: *Água – uma exposição sem filtro* (fig. 52). Esta visita de estudo foi realizada em interdisciplinaridade com a disciplina de Física e Química. Na exposição é destacada a relevância da água para o ser humano, a



Figura 52 – Exposição “Água – uma exposição sem filtro” no Exploratório – Centro de Ciência Viva. Fotografia de Patrícia Alegria

vida nos locais onde há escassez de água e estratégias para um consumo consciente da água.

#### 4.7. “Nem tudo o que vem à rede é peixe”

O grupo de estágio expôs numa vitrine de um corredor da Escola Secundária D. Duarte a coleção científica “Nem tudo o que vem à rede é peixe”, onde se encontram fósseis e restos esqueléticos de animais aquáticos (fig. 53). A exposição desta coleção científica permitiu que os estudantes pudessem analisar e conhecer estes seres vivos.



Figura 53 - Coleção científica “Nem tudo o que vem à rede é peixe”. Fotografia de Patrícia Alegria

#### 4.8. Presença em reuniões

Assisti a reuniões do grupo disciplinar e do departamento de Ciências Experimentais. Nestas reuniões foram debatidos alguns temas relacionados com o ensino, sucesso escolar nas disciplinas e a escolha de manuais escolar do 9.º ano e do 12.º ano.

#### 4.9. Apresentação da disciplina aos estudantes do 9.º ano

No dia 3 de maio de 2023, ocorreu, na Escola Secundária D. Duarte, uma visita dos estudantes de várias turmas 9.º ano de escolaridade das escolas que pertencem ao Agrupamento de Escola Coimbra Oeste. O núcleo de estágio apresentou realizou demonstrações de modelos que podem ser utilizados nas aulas de Biologia e Geologia, como na Figura 54, com o objetivo de apresentar, a estes estudantes, a disciplina de Biologia e Geologia e as atividades que podemos realizar nesta disciplina.



Figura 54 - Modelo aquífero, usado na demonstração de modelos de Biologia e Geologia. Fotografia de Patrícia Alegria

#### 4.10. Atividade prática de campo

No dia 5 de maio de 2023, participei na organização de uma atividade prática de campo, no âmbito da unidade curricular de “Projeto de Investigação Educacional em Biologia e Geologia, que decorreu Jardim Botânico da Universidade de Coimbra e nos Jardins Parque Verde do Mondego.

O projeto de investigação foi desenvolvido com o objetivo de aplicar esta atividade prática de campo a estudantes 10.º ano de escolaridade, no âmbito da disciplina de Biologia e Geologia. Devido a questões burocráticas, esta atividade foi realizada com estudantes do primeiro ano do mestrado em Ensino da Biologia e Geologia em que o objetivo foi validar os instrumentos construídos para esta atividade.

#### 4.11. Atividade prática de campo em Tamajón, Espanha

Nos dias 22 e 23 de maio de 2023, participei numa atividade prática de campo que foi realizada em Tamajón, localizado da província de Guadalajara, em Espanha, com os colegas e os professores do mestrado, no âmbito de um Projeto de Inovação Educativa da Universidade de Alcalá. No primeiro dia, tive oportunidade de desenvolver trabalho de campo e de conhecer um afloramento geológico da região de Tamajón, onde foi possível observar rochas fossilíferas dos períodos Triássico e Cretácico (fig. 55). Esta região é rica em fósseis, tendo, também, sido encontradas algumas pegadas de crocodilos.



Figura 55 – Fóssil recolhido em Tamajón, Espanha. Fotografia de Patrícia Alegria

No segundo dia, percorremos a “Ciudad Encantada de Tamajón”, uma formação cársica, do Cretácico Superior. Depois, visitámos o *Centro de Interpretación Paleontológica y Arqueológica de Tamajón* (CIPAT) (fig. 56), que se encontra dividido em três áreas: a Área Paleontológica, a Área Arqueológica e a Área Didática. A Área Paleontológica foi a primeira a ser explorada. Nesta área encontravam-se fósseis e modelos dos seres vivos que habitavam a região durante o Cretácico superior. Dentro da Área Arqueológica encontravam-se duas salas. A primeira sala é dedicada à evolução humana e a outra sala à história do material de construção, usado na região. Por fim, a Área Didática, onde foram demonstradas e participei em várias atividades educativas sobre os temas abordados nas áreas anteriores.



Figura 56 – CIPAT. Fotografia de Patrícia Alegria



## 5. Considerações finais

A realização do Estágio Pedagógico, bem como a elaboração do seu relatório é muito relevante para a formação acadêmica de futuros professores, pois permite ter um primeiro contacto com a escola, com o apoio dos orientadores. Enquanto percurso fundamental e estruturante para a profissionalização no ensino, a sua frequência e as competências através dele adquiridas, permitem, assim, construir conhecimento sobre a docência e o papel do professor.

Os professores de Biologia e Geologia devem dominar a didática da sua disciplina, sabendo qual a estratégia indicada para ensinar os conteúdos, adaptando-os às especificidades e exigências da turma como um todo, e dos seus estudantes, a nível individual. Desta forma, o estágio pedagógico possibilitou desenvolver e aplicar métodos e estratégias pedagógicas relevantes para os estudantes construírem o seu conhecimento, bem como refletir sobre o mesmo. Igualmente importante, foi avaliar a construção do conhecimento por parte dos estudantes.

Para além do conhecimento de didáticas, os professores devem ser especialistas nos conteúdos que lecionam, mantendo o seu conhecimento atualizado com o desenvolvimento das Ciências. Por este motivo, foi importante a elaboração das pesquisas bibliográficas e revisão da literatura sobre os conteúdos de Geologia e Biologia, com ênfase para os lecionados.

Através da investigação realizada, foi possível compreender que os estudantes têm mais dificuldade em alguns temas do que noutros, assim, o professor deve adaptar as suas estratégias, levando a que os seus alunos construam a sua aprendizagem de forma significativa.

Em conclusão, o Estágio Pedagógico permite que os futuros professores se tornem profissionais plenos de capacidades para o desempenho das suas funções, levando os estudantes a construírem o seu conhecimento e a serem cidadãos cientificamente cultos.

## Referências bibliográficas

- Abdelrahman, L. A. M., Attaran, M., & Hai-Leng, C. (2013). What does PowerPoint mean to you? A phenomenological study. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 103, 1319-1326.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.462>
- Alejo-Jacuinde, G., & Herrera-Estrella, L. (2022). Exploring the high variability of vegetative desiccation tolerance in Pteridophytes. *Plants*, 11(9), 1222.  
<https://doi.org/10.3390/plants11091222>
- Almeida, P., Figueiredo, O., & Galvão, C. (2012). A argumentação em tarefas de manuais escolares Portugueses de Biologia e de Geologia. *Investigações em ensino de Ciências*, 17(3), 571-591.
- Araújo, F., & Diniz, J. A. (2015). Hoje, de que falamos quando falamos de avaliação formativa?. *Boletim Sociedade Portuguesa de Educação Física*, 39, 41-52.
- Artemieva, I. M. (2019). Lithosphere structure in Europe from thermal isostasy. *Earth-Science Reviews*, 188, 454-468.  
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.11.004>
- Ayarza, P., Catalán, J. R. M., García, A. M., Alcalde, J., Andrés, J., Simancas, J. F., Palomeras, I., Martí, D., DeFelipe, I., Juhlin, C., & Carbonell, R. (2021). Evolution of the Iberian Massif as deduced from its crustal thickness and geometry of a mid-crustal (Conrad) discontinuity. *Solid Earth*, 12, 1515–1547. <https://doi.org/10.5194/se-12-1515-2021>
- Azevedo, N. H., & Scarpa, D. L. (2017). Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 17(2), 579-619.  
<https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2017172579>
- Baptista, J. I. M., Pires, D. (2016). Aprendizagem por descoberta no contexto de experiências de ensino/aprendizagem do 2.º ciclo do ensino básico. In C. Mesquita, M. Pires, R. P. Lopes (Eds.) *1.º Encontro Internacional de Formação na Docência (INCTE): livro de atas*. Instituto Politécnico. 231-236.
- Brodribb, T. & Mencuccini, M. (2017) Xylem. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, 1, 141-148.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00074-5>.

- Brodribb, T. J., McAdam, S. A., & Carins Murphy, M. R. (2017). Xylem and stomata, coordinated through time and space. *Plant, Cell & Environment*, 40(6), 872-880. <https://doi.org/10.1111/pce.12817>
- Buckley, T. N. (2015). Leaf water pathways. *Plant Cell & Environment*, 38(1), 7-22. <https://doi.org/10.1111/pce.12372>
- Cañal, L. P., Carmen, L. D., Barros, S. G., Aleixandre, M. P. J., Márquez, C., Losada, C. M., & Puig, N. S. (2011). *Didáctica de la biología y la geología*. Graó.
- Canup, R. M., & Asphaug, E. (2001). Origin of the Moon in a giant impact near the end of the Earth's formation. *Nature*, 412(6848), 708-712. <https://doi.org/10.1038/35089010>
- Carvalho, C. J., & Dourado, J. (2009). A formulação de questões a partir de cenários problemáticos: um estudo com estudantes de Ciências naturais do 3º ciclo do ensino básico português. *Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia*.10. 2615-2628.
- Carvalho, R. (1986) *História do Ensino em Portugal desde a Fundação da Nacionalidade até ao fim do Regime de Salazar-Caetano*. Fundação Calouste Gulbenkian
- Chamizo, J. A. (2013). A new definition of models and modelling in chemistry's teaching. *Science & Education*, 22, 1613-1632. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9407-7>
- Chaves, R. & Pinto, C. (2005) Actividades de trabalho experimental no ensino das Ciências: um plano de intervenção com estudantes do ensino básico. *Enseñanza de las Ciencias* (Extra). VII congreso
- Clark, M. A., Choi, J., & Douglas, M. (2020). *Biology 2e*. OpenStax
- Clark, K. R. (2018). Learning theories: behaviorism. *Radiologic technology*, 90(2), 172-175.
- Clavijo, E. J. G. (2012). Inge Lehmann: la geóloga danesa cansada de luchar contra los hombres. In M. Clavijo (Ed.) *Más igualdad, redes para la igualdad: Congreso Internacional de la Asociación Universitaria de Estudios de las Mujeres (AUDEM)*, (p 311-322). Alciber.

- Constante, A., & Vasconcelos, C. (2010). Atividades lúdico-práticas no ensino da Geologia: complemento motivacional para a aprendizagem. *Terræ Didática*, 6(2), 101-124. <https://doi.org/10.20396/td.v6i2.8637467>
- Correia, G., & Gomes, C. (2011). O trabalho de campo no ensino da Geologia. Um estudo com estudantes do 7.º ano de escolaridade. In L. J. P. F. Neves, A. J. S. C. Pereira, C. S. R. Gomes, L. C. G. Pereira, & A. O. Tavares (Eds.), *Simpósio Modelação de Sistemas Geológicos, Homenagem ao Professor Manuel Maria Godinho* (pp.175-187). Laboratório de radioatividade Natural, Universidade de Coimbra.
- Correia, S., & Cid, M. (2021). Avaliação das aprendizagens nas aulas de Ciências naturais e biologia e geologia: das perceções às práticas. *Revista Brasileira de Educação*, 26, 1-21  
<https://doi.org/10.1590/S1413-24782021260005>
- Correia, S. (2014). Seiva bruta, *Revista de Ciência Elementar*, 2(3), 202, <http://doi.org/10.24927/rce2014.202>
- Cortesão, L. (2002). Formas de ensinar, formas de avaliar. Breve análise de práticas correntes de avaliação. In: Departamento da Educação Básica (Ed.), *Reorganização Curricular do Ensino Básico. Avaliação das aprendizagens: das concepções às práticas*. (pp. 37-42).
- Cruz, S. & Lencastre, J. A. (2013). *O quadro interativo multimédia como recurso pedagógico para o professor*. In Atas do XII Congresso Internacional Galego Português de Psicopedagogia. Braga. Universidade do Minho
- Cutler, D. F., Botha, T., & Stevenson, D. W. (2011). *Anatomia vegetal: uma abordagem aplicada*. Artmed Editora.
- Daley, B. J., & Torre, D. M. (2010). Concept maps in medical education: an analytical literature review. *Medical education*, 44(5), 440-448. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2010.03628.x>
- De Rybel, B., Mähönen, A. P., Helariutta, Y., & Weijers, D. (2016). Plant vascular development: from early specification to differentiation. *Nature reviews Molecular cell biology*, 17(1), 30-40. <https://doi.org/10.1038/nrm.2015.6>
- Desch, S. J., & Cuzzi, J. N. (2000). The generation of lightning in the solar nebula. *Icarus*, 143(1), 87-105. <https://doi.org/10.1006/icar.1999.6245>
- Dias, A. G., Freitas, C., Guedes, F., & Bastos, C. (2011). Descontinuidade sísmica. *Revista de Ciência Elementar*, 1(1), 042.

<https://doi.org/10.24927/rce2013.042>

Dias, A.J.G., Freitas, M.C.A.O., Guedes, F., & Bastos, M.C. (2013). Estrutura interna da Terra, *Revista de Ciência Elementar*, 1(01), 018.

<https://doi.org/10.24927/rce2013.018>

Dias, A.J.G., Freitas, M.C.A.O., Guedes, F., & Bastos, M.C., (2014). Isostasia (Teoria da), *Revista de Ciência Elementar*, 2(2), 297.

<http://doi.org/10.24927/rce2014.297>

Dias-Trindade S. & Ribeiro, A. I. (2022). Formação de professores em Portugal- breve resenha. *Pluri*, 5(1), 9-14.

<https://doi.org/10.26843/rpv512022p09%20-%2014>

Dourado, L. (2006). Concepções e práticas dos professores de Ciências Naturais relativas à implementação integrada do trabalho laboratorial e do trabalho de campo. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 5(1), 192-212.

Dourado, L., & Leite, L. (2008). *As actividades laboratoriais e o ensino de fenómenos geológicos*. In *Actas XXI do Congresso ENCIGA* (Cd- Rom). Carballiño: IES M. Chamoso Lamas.

Duarte, M. C. (2005). Analogias na educação em Ciências contributos e desafios. *Investigações em ensino de Ciências*, 10(1), 7-29.

Dutra, R. S., Ferreira, D. S. R., Gonçalves, A. S. M., & Carvalho, G. M. (2020). Efeitos do vento solar na magnetosfera terrestre: uma abordagem didática dos cinturões de Van Allen. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0164>

Ernesto, M., & Caminha-Maciel, G. (2022). Geofísica–Investigando o inacessível. *Cadernos de Astronomia*, 3(2), 83-91.

Faria, C., Pereira, G., & Chagas, I. (2012). D. Carlos de Bragança, a pioneer of experimental marine oceanography: Filling the gap between formal and informal science education. *Science & Education*, 21, 813-826.

<https://doi.org/10.1007/s11191-010-9239-x>

Fernandes, D. (2019). Para um enquadramento teórico da avaliação formativa e da avaliação sumativa das aprendizagens escolares. In M. I. R. Ortigão, D. Fernandes, T. V. Pereira, & L. Santos (Orgs.), *Avaliar para aprender em Portugal e no Brasil: Perspectivas teóricas, práticas e de desenvolvimento* (pp.139-164). Curitiba, Brasil: CRV

<https://doi.org/10.24824/978854443463.5>

Fernandes, D. (2021). Formação contínua de professores em tempos pandêmicos: o caso do Projeto MAIA. *Linhas Críticas*, 27, 1-19

<https://doi.org/10.26512/lc27202139025>

Fernandes, I. M. B., Pires, D. M., & Delgado-Iglesias, J. (2018). Perspetiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 6º ano de escolaridade. *Ciência & Educação (Bauru)*. 24, 875-890.

<https://doi.org/10.1590/1516-731320180040005>

Ferreira, C., Alencão, A., & Vasconcelos, C. (2015). O recurso à modelação no ensino das Ciências: um estudo com modelos geológicos. *Ciência & Educação (Bauru)*. 21, 31-48. <https://doi.org/10.1590/1516-731320150010003>

Ferreira, S., & Morais, A. M. (2017). Exigência conceptual do trabalho prático: abordagem multidisciplinar de análise do discurso pedagógico na aula de Ciências. *Práxis educativa*, 12(1), 25-47.

<https://doi.org/10.5212/PraxEduc.v.12i1.0002>

Figueiredo, P., Lintinen, K., Hirvonen, J. T., Kostianen, M. A., & Santos, H. A. (2018). Properties and chemical modifications of lignin: Towards lignin-based nanomaterials for biomedical applications. *Progress in Materials Science*, 93, 233-269. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2017.12.001>

Fitzsimons, J. A., & Michael, D. R. (2017). Rocky outcrops: a hard road in the conservation of critical habitats. *Biological Conservation*, 211, 36-44. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.11.019>

Fonseca, P., Barreiras, S., & Vasconcelos, C. (2005). Trabalho experimental no ensino da Geologia: Aplicações da investigação na sala de aula. *Enseñanza de las Ciencias, (Extra)*, 1-5.

Franke, R., & Schreiber, L. (2007). Suberin—a biopolyester forming apoplastic plant interfaces. *Current opinion in plant biology*, 10(3), 252-259.

<https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.04.004>

Fukuda, H., & Ohashi-Ito, K. (2018). Vascular tissue development in plants. *Current topics in developmental biology*, 131, 141-160.

<https://doi.org/10.1016/bs.ctdb.2018.10.005>

- Furnes, H., de Wit, M., Staudigel, H., Rosing, M., & Muehlenbachs, K. (2007). A vestige of Earth's oldest ophiolite. *Science*, 315(5819), 1704-1707. <https://doi.org/10.1126/science.1139170>
- Gabriel, A., Santos, M., & Pedrosa, M. A. (2006). Trabalho prático nos actuais curricula de Ciências do ensino secundário e formação de professores. *Boletín das Ciências*, 61, 1-11
- Gervilla, F., González Jiménez, J. M., Hidas, K., Marchesi, C., & Piña, R. (2019). *Geology and metallogeny of the upper mantle rocks from the Serranía de Ronda*. SEM.
- Glenn, S. S., Malott, M. E., Andery, M. A. P. A., Benvenuti, M., Houmanfar, R. A., Sandaker, I., Todorov, J. C., Tourinho, E. Z., & Vasconcelos, L. A. (2016). Toward consistent terminology in a behaviorist approach to cultural analysis. *Behavior and Social issues*, 25, 11-27. <https://doi.org/10.5210/bsi.v25i0.6634>
- Guilera, O. M., Fortier, A., Brunini, A., & Benvenuto, O. G. (2011). Simultaneous formation of solar system giant planets. *Astronomy & Astrophysics*, 532, 142. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201015731>
- Guillot, T. & Gautier, D. (2007) Giant planets. *Treatise Geophys.* 10, 439-464. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1405.3752>
- He, X., He, K. S., & Hyvönen, J. (2016). Will bryophytes survive in a warming world?. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 19, 49-60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ppees.2016.02.005>
- Hodson, D. (2014). Nature of science in the science curriculum: Origin, development, implications and shifting emphases. *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*. 911-970. Springer [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8\\_28](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_28)
- Hölttä, T., Vesala, T., Sevanto, S., Perämäki, M., & Nikinmaa, E. (2006). Modelling xylem and phloem water flows in trees according to cohesion theory and Münch hypothesis. *Trees*, 20, 67-78. <https://doi.org/10.1007/s00468-005-0014-6>
- Jain, S. (2014). *Fundamentals of physical geology*. Springer.
- Karato, S. I. (2012). On the origin of the asthenosphere. *Earth and Planetary Science Letters*, 321, 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.01.001>

- Kearey, P., Klepeis, K. A., & Vine, F. J. (2009). *Global tectonics*. John Wiley & Sons.
- Ketehouli, T., Idrice Carther, K. F., Noman, M., Wang, F. W., Li, X. W., & Li, H. Y. (2019). Adaptation of plants to salt stress: characterization of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> transporters and role of CBL gene family in regulating salt stress response. *Agronomy*, 9(11), 687.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy9110687>
- Kinoshita, S. N., Suzuki, T., Kiba, T., Sakakibara, H., & Kinoshita, T. (2023). Photosynthetic-product-dependent activation of plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase and nitrate uptake in *Arabidopsis* leaves. *Plant and Cell Physiology*, 64(2), 191-203. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcac157>
- Knoblauch, M., Knoblauch, J., Mullendore, D. L., Savage, J. A., Babst, B. A., Beecher, S. D., Dogen, A. C., Jensen, K. H. & Holbrook, N. M. (2016). Testing the Münch hypothesis of long distance phloem transport in plants. *Elife*, 5, 1-16 <https://doi.org/10.7554/eLife.15341>
- Krell, M., & Krüger, D. (2016). Testing models: a key aspect to promote teaching activities related to models and modelling in biology lessons?. *Journal of Biological Education*, 50(2), 160-173.  
<https://doi.org/10.1080/00219266.2015.1028570>
- Lambers, H & Oliveira, R. S. (2019) *Plant Physiological Ecology*. (3rd. Ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29639-1>
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of research in science teaching*, 39(6), 497-521.  
<https://doi.org/10.1002/tea.10034>
- Leite, L., Morgado, S., & Dourado, L. (2016). Contextualized science teaching: the contribution of photographs included in school science textbooks. *The Turkish Online Journal of Educational Technology, Special Issue*, 524-537.
- Li, C., Liu, Y., Tian, J., Zhu, Y., & Fan, J. (2020). Changes in sucrose metabolism in maize varieties with different cadmium sensitivities under cadmium stress. *PLoS One*, 15(12), 1-16  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243835>



- Livermore, P. W., Finlay, C. C., & Bayliff, M. (2020). Recent north magnetic pole acceleration towards Siberia caused by flux lobe elongation. *Nature Geoscience*, 13(5), 387-391. <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0570-9>
- Lopes, T., & Precioso, J. (2022). Avaliação da qualidade dos exames de Biologia e Geologia do ensino secundário português. *Revista Portuguesa de Educação*, 35(2), 211-227. <http://doi.org/10.21814/rpe.21651>
- Lucas, W. J., Groover, A., Lichtenberger, R., Furuta, K., Yadav, S. R., Helariutta, Y., He, X., Fukuda, H., Kang, J., Brady, S. M., Patrick, J. W., Sperry, J., Yoshida, A., López-Millán, A. Grusak, M. A. & Kachroo, P. (2013). The plant vascular system: Evolution, development and functions. *Journal of integrative plant biology*, 55(4), 294-388. <https://doi.org/10.1111/jipb.12041>
- Lunn, J. E. (2016). *Sucrose metabolism*. Encyclopedia of Life Science (ELS), John Wiley & Sons, Ltd, <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0021259.pub2>
- Marletta, M. (2013). Dogmatism, Learning and Scientific Practices. *European journal of pragmatism and American philosophy*, 2.1-18
- Mao, W. L., Shen, G., Prakapenka, V. B., Meng, Y., Campbell, A. J., Heinz, D. L., Shu, J., Hemley, R. J. & Mao, H. K. (2004). Ferromagnesian postperovskite silicates in the D "layer of the Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(45), 15867-15869. <https://doi.org/10.1073/pnas.0407135101>
- Martins, I. (2011). *Ciência e cidadania: perspectivas de Educação em Ciência*. Actas do XIV Encontro Nacional de Educação em Ciências, 21-31.
- McElrone, A. J., Choat, B., Gambetta, G. A. & Brodersen, C. R. (2013) Water uptake and transport in vascular plants. *Nature Education Knowledge* 4(5), 1-16.
- McNear, D. H. (2013) The rhizosphere - roots, soil and everything in between. *Nature Education Knowledge* 4(3). 1-15
- Mendonça, P. C. C. (2020). De que conhecimento sobre natureza da Ciência estamos falando?. *Ciência & Educação (Bauru)*, 26, 1-16. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200003>
- Ministério da Educação (2018). Aprendizagens Essenciais de Biologia e Geologia - 10.º ano - Ensino Secundário. República Portuguesa.

- Monteiro, I., Quinta, M., & Ribeiro, V. (2019). História da Ciência na Formação de professores—um projeto interdisciplinar. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, 20, 15-25.  
<http://dx.doi.org/10.23925/2178-2911.2019v20p15-25>
- Moreira, C. (2014). Absorção radicular. *Revisa Ciência Elementar*. 2(1), 004.  
<http://doi.org/10.24927/rce2014.004>
- Moreira, C. (2015a). Floema, *Revisa Ciência Elementar*. 3(1), 057.  
<http://doi.org/10.24927/rce2015.057>
- Moreira, C., (2015b), Xilema, *Revisa Ciência Elementar*. 3(3),149.  
<http://doi.org/10.24927/rce2015.149>
- Moreira, M. A. (2006). *Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica*. In Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha.
- Mussett, A. E., & Khan, M. A. (2000). *Looking into the earth: an introduction to geological geophysics*. Cambridge University Press.
- Nagem, R. L., de Oliveira, D. C., & Teixeira, J. A. D. Y. (2001). Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. *Revista Portuguesa de Educação*, 14(1), 197-213.
- Nelissen, H., Gonzalez, N., & Inze, D. (2016). Leaf growth in dicots and monocots: So different yet so alike. *Current opinion in plant biology*, 33, 72-76. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2016.06.009>
- Nobel, P. S. (2017). Basic water relations. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, 1, 105-109.  
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00070-8>
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). The theory underlying concept maps and how to construct them. *Florida Institute for Human and Machine Cognition*, 1(1), 1-31.
- Nunes, I. & Dourado, L. (2015). As atividades laboratoriais e de campo e a educação ambiental: o caso do programa charcos com vida na EBS de Airões. *Experiências em Ensino de Ciências*, 10(2) 70-82.
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: *An overview*. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>

- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias didácticas*, 37(2), 5-24.
- Ozdem-Yilmaz, Y., & Bilican, K. (2020). Discovery Learning—Jerome Bruner. In: B., Akpan, T.J., Kennedy, (eds) *Science Education in Theory and Practice. Springer Texts in Education*. Springer, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9_13)
- Peduzzi, L. O., & Raicik, A. C. (2020). Sobre a natureza da Ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da Ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(2), 19-55. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p19>
- Penciner, R. (2013). Does PowerPoint enhance learning?. *Canadian Journal of Emergency Medicine*, 15(2), 109-112. <https://doi.org/10.2310/8000.2013.130756>
- Pérez-Atilano, Y., Reyes-Silva, J. A., López-Soto, D., Huerta-Pioquinto, A., & Hernández-Atilano, A. (2023). Reino Plantae: Características y clasificación. *Uno Sapiens Boletín Científico de la Escuela Preparatoria 1*, 5(10), 8-10.
- Pfalzner, S., Davies, M. B., Gounelle, M., Johansen, A., Münker, C., Lacerda, P., Zwart, S. P., L Testi, L., Tieloff, M. & Veras, D. (2015). The formation of the solar system. *Physica Scripta*, 90(6), 1-18 <https://doi.org/068001.10.1088/0031-8949/90/6/068001>
- Pintassilgo, J. & Oliveira, H. (2013). A formação inicial de professores em Portugal. Reflexões em torno do atual modelo. *Revista Contemporânea de Educação*, 8(15). 24-40 <https://doi.org/10.20500/rce.v8i15.1684>
- Pinto, R., Torres, J., Moutinho, S., Almeida, A., & Vasconcelos, C. (2015). Promover o questionamento junto de estudantes de Ciências do ensino básico. *Interações*, 11(39), 667-679. <https://doi.org/10.25755/int.8767>
- Reece, J. B., Wasserman, S. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2015). *Biologia de Campbell*. (10.<sup>a</sup> ed.). Artmed Editora.
- Rola, A., & Gomes, C. (2009). *Actividades práticas sobre magmatismo e rochas magmáticas nos manuais de Biologia e Geologia do 11.º ano*. Actas do XIII Encontro Nacional de Educação em Ciências, 1023-1032.

- Rubie, D. C., Jacobson, S. A., Morbidelli, A., O'Brien, D. P., Young, E. D., de Vries, J., Nimmo, F., Palme, H., & Frost, D. J. (2015). Accretion and differentiation of the terrestrial planets with implications for the compositions of early-formed Solar System bodies and accretion of water. *Icarus*, *248*, 89-108. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2014.10.015>
- Rubie, D. C., Nimmo, F., & Melosh, H. J. (2007). Formation of Earth's core. *Evolution of the Earth*, *9*, 51-90. <https://doi.org/10.1016/B978-044452748-6.00140-1>
- Sadava, D., Hillis, D. M., Heller, H. C., & Berenbaum, M. R. (2014). *Life The science of Biology* (10th ed.). W. H. Freeman
- Santos, P. J., & Rodrigues, S. V. (2022). A utilização da aprendizagem cooperativa na formação inicial de professores: uma investigação qualitativa. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *98*(36.2), 189-206. <https://doi.org/10.47553/rifop.v98i36.2.89815>
- Schneider, H., Smith, A. R., Hovenkamp, P., Prado, J., Rouhan, G., Salino, A., Sundue, M., Almeida, T. E., Parris, B., Sessa, E. B., Field, A. R., Gasper, A., Rothfels, C. J., Windham, M. D., Lehnert, M., Dauphin, B., Ebihara, A., Lehtonen, S., Schwartsburd, P. B. ... & Zhou, X. (2016). A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of systematics and evolution*, *54*(6), 563-603. <http://doi.org/0.1111/jse.12229>
- Schroeder, N. L., Nesbit, J. C., Anguiano, C. J., & Adesope, O. O. (2018). Studying and constructing concept maps: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, *30*, 431-455. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9403-9>
- Sevanto, S., Ryan, M., Dickman, L. T., Derome, D., Patera, A., Defraeye, T., Pangle, R. E., Hudson, P. J. & Pockman, W. T. (2018). Is desiccation tolerance and avoidance reflected in xylem and phloem anatomy of two coexisting arid-zone coniferous trees?. *Plant, Cell & Environment*, *41*(7), 1551-1564. <https://doi.org/10.1111/pce.13198>
- Siddiqui, H., Sami, F., & Hayat, S. (2020). Glucose: Sweet or bitter effects in plants-a review on current and future perspective. *Carbohydrate Research*, *487*, 107884. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2019.107884>

- Silva, B. D., Alves, E. J., & Pereira, I. C. A. (2017). Do quadro negro ao tablet: desafios da docência na era digital. *Revista Observatório*, 3(3), 532-560. <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2447-4266.2017v3n3p532>
- Silva, H., Lopes, J., & Dominguez, C. (2019). A aprendizagem cooperativa e os mapas de conceitos na promoção do pensamento crítico e criativo: uma experiência no ensino superior. *Revista Lusófona de Educação*, 45(45). <https://doi.org/10.24140/issn.1645-7250.rle45.1>
- Soares, D. R., Abrantes, I., Callapez, P. M. & Lopes, B. (2020) De trás para a frente: um retrato da Universidade de Coimbra na formação de professores de Biologia & Geologia. In I. Abrantes, P. M. Callapez, G. P. Correia, E. Gomes, B. Lopes, F. C. Lopes, E. Pires, & A. Rola (Eds.), *Uma visão holística da Terra e do Espaço nas suas vertentes naturais e humanas. Homenagem à Professora Celeste Romualdo Gomes (vol. 3)*.(pp. 113-135) CITEUC.
- Soares, D., Borges, F., Abrantes, I., Magalhães, P., Lopes, B., & Baptista, A. V. (2017). A 'Questão-Problema' nos relatórios do tipo 'V de Gowin': um estudo exploratório no 11.º ano de Biologia do ensino secundário português. *Indagatio Didactica*, 9(4), 385-406. <https://doi.org/10.34624/id.v9i4.1009>
- Sobral, S. R. (2021). Bloom's Taxonomy to improve teaching-learning in introduction to programming. *International Journal of Information and Education Technology*, 11 (3). 148-153 <https://doi.org/10.18178/ijiet.2021.11.3.1504>
- Sousa, M. T., & Santos, L. (2021). Articular práticas de avaliação pedagógica para aprender em Ciências experimentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(2), 333-348 <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n2p333>
- Stacey, F. D., & Davis, P. M. (2008). *Physics of the Earth*. Cambridge University Press.
- Stammen, A. N., Malone, K. L., & Irving, K. E. (2018). Effects of modeling instruction professional development on biology teachers' scientific reasoning skills. *Education Sciences*, 8(3), 119. <https://doi.org/10.3390/educsci8030119>

- Svoboda, J., & Passmore, C. (2013). The strategies of modelling in biology education. *Science & Education*, 22, 119-142.  
<https://doi.org/10.1007/s11191-011-9425-5>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. (6.<sup>a</sup> ed.). Artmed Editora.
- Tarback, E., & Lutgens, F. (2013). *Ciencias de La Tierra. Una Introducción a la Geología Física*. (10<sup>a</sup> ed). Pearson Educación.
- Torres, J., & Vasconcelos, C. (2015). Nature of science and models: Comparing Portuguese prospective teachers' views. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(6), 1473-1494.  
<https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1407a>
- Torres, J., & Vasconcelos, C. (2021) Models and the nature of science: What mediates their implementation in Portuguese Biology and Geology classes? *Education Sciences*, 11. 688.  
<https://doi.org/10.3390/educsci11110688>
- Torres, J., Almeida, A., & Vasconcelos, C. (2015). Questionamento em manuais escolares: um estudo no âmbito das Ciências Naturais. *Ciência & Educação (Bauru)*, 21, 655-671.  
<https://doi.org/10.1590/1516-731320150030009>
- Tsiganis, K., Gomes, R., Morbidelli, A., & Levison, H. F. (2005). Origin of the orbital architecture of the giant planets of the Solar System. *Nature*, 435(7041), 459-461. <https://doi.org/10.1038/nature03539>
- Urry, L. A., Meyers, N., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., Orr, R., Da Silva, K. B., Parkinson, A., Lluca, L., Chunduri, P., & Campbell, N. A. (2021). *Campbell Biology: Australian and New Zealand version*. Pearson Australia.
- Valadares, J. (2006). O ensino experimental das Ciências: do conceito à prática: investigação/Ação/Reflexão. *Revista Proformar on-line*, 13, 1-15
- Valadares, J. (2011). A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(1), 36-57.
- Vasconcelos, C., Praia, J. F. & Almeida, L. S. (2003) Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das Ciências: da instrução à aprendizagem. *Psicologia Escolar e Educacional*, 7(1), 11-19.  
<https://doi.org/10.1590/S1413-85572003000100002>

- Vaz-Rebelo, P., Morgado, J. & Fernandes, P. (2020) Razões para (não) perguntar: incertezas metacognitivas e emoções. In I. Abrantes, P. M. Callapez, G. P. Correia, E. Gomes, B. Lopes, F. C. Lopes, E. Pires, & A. Rola (Eds.), *Uma visão holística da Terra e do Espaço nas suas vertentes naturais e humanas. Homenagem à Professora Celeste Romualdo Gomes* (vol. 3) (pp. 17-28). CITEUC.
- Veríssimo, A., & Ribeiro, R. (2001). Educação em Ciências e cidadania: porquê, onde e como. *Ensino Experimental das Ciências*, 155-163.
- Vieira, R. M., & Tenreiro-Vieira, C. (2005). O trabalho laboratorial na educação em Ciências do ensino básico na perspectiva da promoção do pensamento crítico. *Enseñanza de las ciencias, (Extra)*, 1-4.
- Walter, M. J., & Trønnes, R. G. (2004). Early earth differentiation. *Earth and Planetary Science Letters*, 225(3-4), 253-269.  
<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2004.07.008>
- Weiss, B. P., Bai, X. N., & Fu, R. R. (2021). History of the solar nebula from meteorite paleomagnetism. *Science Advances*, 7(1), eaba5967.  
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aba5967>
- Wicander, R. & Monroe, J. S. (2009). *Fundamentos de Geologia*. São Paulo, Cengage Learning.
- Willbold, M., & Elliott, T. (2017). Molybdenum isotope variations in magmatic rocks. *Chemical Geology*, 449, 253-268.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2016.12.011>
- Yoon, J., Cho, L. H., Tun, W., Jeon, J. S., & An, G. (2021). Sucrose signalling in higher plants. *Plant Science*, 302, 110703.  
<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110703>
- Zhang, R. D., Zhou, Y. F., Yue, Z. X., Chen, X. F., Cao, X., Xu, X. X., Xing, X. F., Jiang, B. Al, X.Y. & Huang, R. D. (2019). Changes in photosynthesis, chloroplast ultrastructure, and antioxidant metabolism in leaves of sorghum under waterlogging stress. *Photosynthetica*, 57(4), 1076-1083.  
<https://doi.org/10.32615/ps.2019.124>