



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Análise das Condições Higrotérmicas na Biblioteca Joanina da Universidade de Coimbra

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente na Especialidade de Gestão e Tecnologia do
Ambiente

Autor

Inês Nazaré Catarino

Orientador

Professor Doutor António Rui de Almeida Figueiredo

Júri

Presidente Professor Doutor António Rui de Almeida Figueiredo

Vogais Professor Doutor José Joaquim da Costa

Doutor Jorge Pais de Sousa

Coimbra, Setembro, 2010

Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais quero expressar o meu sincero agradecimento. Assim sendo:

Ao professor doutor António Rui de Almeida Figueiredo o meu mais profundo agradecimento por todo o apoio, confiança, disponibilidade, motivação e conselhos na orientação da dissertação, pois sem ele a elaboração deste trabalho não seria possível;

Ao Dr. Jorge Pais de Sousa e à Dra. Luísa Sousa Machado agradeço a disponibilidade, interesse demonstrado nas várias visitas à casa forte e à Biblioteca Joanina e por toda a informação cedida;

À Alexandra Pinto, amiga e madrinha de curso por toda a ajuda e carinho, ao longo destes cinco anos. Especialmente na elaboração desta tese, pela partilha de conhecimentos, atenção e disponibilidade;

A todos os meus amigos que me acompanharam durante a elaboração da tese por todo o apoio, estímulo, amizade, compreensão, motivação e paciência, o meu muito obrigado;

Aos meus pais, irmã e tios por estarem sempre do meu lado, apoiando-me incondicionalmente em todos os momentos e por acreditarem em mim, expresso os meus mais sinceros agradecimentos.

Resumo

Esta tese surge no âmbito de um protocolo criado entre a ADAI (Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial) e a BGUC (Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra), com o objectivo de analisar as condições higrotérmicas (caracterizadas nomeadamente pelos valores da humidade relativa e temperatura) verificadas na Biblioteca Joanina da UC (Universidade de Coimbra).

Durante a última década, as condições ambientais das instalações destinadas ao alojamento de material bibliográfico têm-se mostrado um factor crucial relativamente à preservação do mesmo. A poluição, a humidade, a temperatura e a iluminação podem eventualmente deteriorar ou mesmo destruir o espólio bibliográfico que é mantido no interior de bibliotecas. Portanto o objectivo da presente tese é analisar e avaliar as condições higrotérmicas na Biblioteca Joanina, desprovida de sistemas de climatização. Em paralelo, iniciou-se no mês de Julho um estudo das condições higrotérmicas existentes no interior da casa forte da Biblioteca Geral.

Através da análise dos valores medidos da temperatura e humidade relativa será possível avaliar o desempenho que o edifício em estudo apresenta para a preservação de acervos bibliográficos.

Para a recolha de dados recorreu-se à utilização de sensores higrotérmicos, de modo a efectuar medições de temperatura e humidade relativa ao longo de um determinado período de tempo. O tratamento de dados realizou-se através do uso de fórmulas matemáticas, programas informáticos (KaleidaGraph e Excel) e, em conjunto com a observação das condições existentes em cada local, através de visitas realizadas, foi possível fazer uma avaliação global das condições do edifício.

O trabalho aqui desenvolvido procura evidenciar a importância do controlo das condições higrotérmicas no interior do edifício na preservação dos acervos e no final do estudo é possível assumir um ambiente higrotérmicamente estável no interior do piso nobre da Biblioteca Joanina, apesar da ligação directa entre o ambiente exterior e o ambiente interior do edifício. Isso justifica-se devido às condições de construção do edifício.

São indicadas ainda algumas sugestões de melhoramento que se podem aplicar de modo a proporcionar condições de preservação e conservação mais adequadas a curto prazo.

Palavras-chave: preservação, condições higrotérmicas, poluição, humidade, temperatura, iluminação, conservação.

Abstract

This thesis comes to light from a protocol established between the ADAI (Association for the Development of Industrial Aerodynamics) and the General Library of the University of Coimbra, with the aim of analyzing the hygrothermal conditions (characterized by particular values of relative humidity and temperature) found in the Joanina Library of the University of Coimbra.

During the last decade, the environmental conditions of facilities for the accommodation of bibliographical material have been a crucial factor for the preservation of said material. Pollution, humidity, temperature and lighting can possibly deteriorate or even destroy the literature assets that are maintained within libraries. Therefore the objective of this thesis is to analyze and evaluate the hygrothermal conditions on the Joanina Library, devoid of air conditioning systems. In July, began a study of hygrothermal control to the vault of the General Library.

Through the analysis of temperature and relative humidity will be possible to evaluate the performance that the studied building has for the preservation of library collections.

To collect data hygrothermal aging sensor were used, so that measurements of temperature and relative humidity were performed over a given period of time. Data processing was carried out by using mathematical formulas, computer software (KaleidaGraph and Excel) and, together with the observation of existing conditions at each site, through visits, it was possible to make a comprehensive assessment of the conditions of the building.

The work developed here seeks to highlight the importance of monitoring the hygrothermal conditions within the building and preservation of collections. At the end of the study is possible to assume a stable hygrothermal environment within the noble floor of the Library Joanina, despite the direct connection between the external environment and the environment within the building. This is justified by the conditions of the building processes applied to the construction of the library.

Some suggestions for the improvement of the preservation and conservation conditions on a short term are listed.

Keywords: preservation, hygrothermal conditions, pollution, humidity, temperature, lighting, stora

ÍNDICE

Índice de Figuras.....	vi
Índice de Tabelas	viii
Siglas.....	ix
Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Breves Considerações	1
1.2 Objectivos	2
Capítulo 2 Estado do tema – Condições Higrotérmicas em Bibliotecas	4
2.1 Introdução	4
2.2 Parâmetros ambientais que afectam o acervo bibliográfico	7
2.2.1 Humidade Relativa	7
2.2.2 Temperatura	10
2.2.3 Efeito da Temperatura vs Humidade Relativa	11
2.2.4 Iluminação	13
2.2.5 Poluição Atmosférica	14
2.2.6 Agentes de Biodeterioração	15
2.2.7 Acção do Homem	15
2.3 Condições Higrotérmicas “Ideais”	16
2.4 Técnicas de Monitorização da Humidade Relativa e Temperatura	18
Capítulo 3 Caracterização das Condições Higrotérmicas na Casa Forte da Biblioteca Geral	20
3.1 Introdução	20
3.2 Caracterização da Casa Forte	22
3.2.1 Interior da Casa Forte	22
3.3 Resultados/Análise dos Resultados	23
3.4 Discussão dos Resultados	25
Capítulo 4 Caracterização das Condições Higrotérmicas na Biblioteca Joanina	28
4.1 Introdução	28
4.2 Caracterização do Edifício Joanino	30
4.3 Planta do Espaço	34
4.4 Resultados/Análise dos Resultados	35

4.4.1	Influência das Condições Climáticas Exteriores	35
4.4.2	Caracterização da sensibilidade interna do edifício às variações de temperatura e humidade exteriores	37
4.4.3	Influência da Permanência das Pessoas	39
4.5	Discussão dos Resultados	43
Capítulo 5	Equipamentos e Métodos Utilizados	43
5.1	Equipamentos	46
5.1.1	Dataloggers	46
5.1.1.1	Calibração dos Dataloggers	47
5.2	Metodologias	50
5.2.1	Metodologia para a recolha de dados de temperatura e humidade relativa	50
Capítulo 6	Conclusões	52
Capítulo 7	Sugestões Futuras	53
Referências Bibliográficas	.....	55
Anexos	.....	60
Anexo A	.....	60
Anexo B	.....	64
Anexo C	.....	66
Anexo D	.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Gráfico higrométrico	8
Figura 3.1 Interior da casa forte	22
Figura 3.2 Unidades de tratamento de ar no interior da casa forte	22
Figura 3.3 Planta de localização do local	23
Figura 3.4 Temperatura e humidade relativa verificadas no interior da casa forte	23
Figura 3.5 Temperatura e humidade relativa verificadas no exterior do edifício da Biblioteca Geral	23
Figura 3.6 Humidade absoluta verificada no interior da casa forte e no exterior do edifício ..	25
Figura 3.7 Frequência Acumulada e Relativa dos valores da humidade relativa no interior da casa forte	26
Figura 3.8 Frequência Acumulada e Relativa dos valores da temperatura no interior da casa forte	27
Figura 4.1 Biblioteca Joanina da Universidade de Coimbra	28
Figura 4.2 Interior da Biblioteca Joanina	32
Figura 4.3 Representação esquemática e orientação do edifício Joanino	33
Figura 4.4 Níveis de insolação e de precipitação, para a Coimbra, entre 1971 e 2000	34
Figura 4.5 Planta da localização dos sensores – piso nobre	34
Figura 4.6 Temperatura e humidade relativa verificadas no exterior do edifício e no piso nobre	36
Figura 4.7 Humidade absoluta verificada no exterior do edifício e no piso nobre	36
Figura 4.8 Correlação entre a temperatura interior/temperatura exterior no piso nobre	38
Figura 4.9 Correlação entre a humidade absoluta interior/ humidade absoluta exterior no piso nobre	38
Figura 4.10 Medição do CO ₂	40
Figura 4.11 Humidade absoluta no interior/Humidade no exterior no piso nobre	40
Figura 4.12 Curva de decaimento do CO ₂	42
Figura 4.13 Frequência acumulada e relativa dos valores da humidade verificados na Biblioteca Joanina	44

Figura 4.14 Frequência acumulada e relativa dos valores da temperatura verificados na Biblioteca Joanina	44
Figura 5.1 Datalogger	47
Figura 5.2 Diferença de humidade relativa entre os sensores S1;3;4;5 (média) e o sensor S2	48
Figura 5.3 Diferença de temperatura entre os sensores S1;3;4;5 (média) e o sensor S2	48
Figura 5.4 Comparação entre a humidade relativa dos 5 sensores (média) com a humidade relativa do sensor de referência	49
Figura 5.5 Comparação entre a temperatura dos 5 sensores (média) com a temperatura do sensor de referência	49
Figura B.1 Localização do datalogger nº 2	64
Figura B.2 Localização do datalogger nº4	64
Figura B.3 Localização do datalogger nº3	64
Figura B.4 Localização do aparelho medidor do CO ₂	64
Figura B.5 Interior da Biblioteca Joanina	65
Figura B.6 Retrato de D. João V	65
Figura B.7 Colunas invertidas	65
Figura B.8 Interior da Biblioteca Joanina	65
Figura B.9 Livros afectados com aspecto degradado	65
Figura D.1 Exemplo de um psicrómetro	68
Figura D.2 Exemplo de um termohigrógrafo	69
Figura D.3 Exemplo de um termohigrómetro	69

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 Formas de degradação provocadas pela temperatura e humidade relativa	12
Tabela 4.1 Valores de CO ₂ para obter o valor médio de renovações de ar	42
Tabela 5.1 Período de recolha de dados	47
Tabela 5.2 Localização e identificação dos vários sensores.....	51
Tabela A.1 Especificações de humidade relativa e temperatura para museus, galerias, bibliotecas e arquivos	60
Tabela A.2 Valores sugeridos para a conservação das obras de arte para as condições climáticas interiores no estado estacionário (UNI 10829)	61

Siglas

ADAI - Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial

BGUC - Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra

DEM - Departamento de Engenharia Mecânica

DGEEI - Divisão de Gestão de Edifícios, Equipamentos e Infra-estruturas

DL - Dataloggers

EMA - Estações Meteorológicas Automáticas

IV - Infra-Vermelho

PI - Performance Index

QAI - Qualidade do Ar Interior

SIBUC - Serviço Integrado de Bibliotecas da Universidade de Coimbra

UC - Universidade de Coimbra

UV - Ultra-Violeta

CAPÍTULO 1 - Introdução

1.1. Breves Considerações

Em geral uma biblioteca é uma instituição permanente, sem fins lucrativos, ao serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, aberto ao público, e que adquire, conserva, estuda, comunica e expõe testemunhos materiais do homem e do seu meio ambiente, tendo em vista o estudo, a educação e a fruição [16]. Já o físico Carl Sagan, no seu livro *Cosmos*, num capítulo significativamente intitulado “a persistência da memória”, escreveu: “ Os livros permitem-nos viajar através do tempo, beber na própria fonte o saber dos nossos antepassados. A biblioteca põe-nos em contacto com as concepções e o saber, a custo extraídos da natureza, das maiores mentes até agora existentes, com os melhores professores, provindos de todo o planeta e de toda a nossa história, para nos instruírem sem nos fatigarmos e para nos inspirarem a dar a nossa contribuição ao saber colectivo da espécie humana.” [2]

A abordagem tradicional das especificações do controlo da qualidade ambiental nos museus/bibliotecas que vigorava nos finais do século XX consistia em encontrar um objectivo único relacionado com as condições “ideais” e, no caso de tal abordagem falhar, em especificar condições de “compromisso” ou um pouco mais “flexíveis”. Partia-se do pressuposto de que quanto mais afastado se estivesse do objectivo ideal, maiores seriam os danos a que as colecções estariam sujeitas. Particularmente, em relação às bibliotecas a caracterização das condições higrotérmicas do ambiente no seu interior é fundamental no que diz respeito à preservação e conservação do espólio bibliográfico. As elevadas flutuações climáticas (temperatura e humidade relativa), a que muitos objectos estão sujeitos podem provocar três tipos de deteriorações: variação dimensional (tamanho e forma), reacções químicas ou biodegradações. Deste modo revestem de elevada importância todos os estudos destinados à monitorização das condições higrotérmicas interiores de espaços dessa natureza.

Um parâmetro fundamental no controlo das condições ambientais é a análise da inércia higroscópica, definida como sendo a capacidade que uma sala ou edifício possui de armazenar humidade relativa em excesso no ar e restituí-la ao ambiente quando a humidade no ar é baixa. Contudo, este parâmetro está mais direccionado para o contexto dos museus e apesar de muito abordado noutros países, em Portugal ainda é muito incipiente.

Esta dissertação está dividida em 7 capítulos em que o primeiro introduz os restantes e define os objectivos. O segundo capítulo inclui numa abordagem geral, as condições higrotérmicas nas bibliotecas; os parâmetros ambientais que afectam os acervos bibliográficos e define os seus “valores ideais”. No terceiro capítulo apresenta-se a Biblioteca Geral, analisa-se e caracteriza-se de uma forma sumária o clima interior na casa forte assim como os respectivos resultados obtidos. No quarto capítulo, há uma descrição exhaustiva do clima interior da Biblioteca Joanina e analisam-se, caracterizam-se e apresentam-se os dados obtidos, sendo este o caso de estudo principal. O quinto capítulo remete-se à exposição dos equipamentos e metodologias utilizadas durante o estudo. O capítulo 6 apresenta as conclusões principais e no último capítulo (capítulo 7) sugerem-se algumas sugestões a desenvolver no futuro.

1.2. Objectivos

Esta dissertação constitui uma pesquisa sobre os factores internos e externos que contribuem para o desgaste dos materiais bibliográficos. Tem como objectivo principal analisar as condições higrotérmicas no interior da Biblioteca Joanina da UC, cujas condições de temperatura e humidade relativa revelam uma grande importância para a conservação dos livros. Um segundo objectivo é o de analisar as condições higrotérmicas, principalmente no controlo da humidade relativa, na casa forte da Biblioteca Geral, visto os problemas de deterioração lá encontrados nos acervos bibliográficos necessitam de especial atenção. Relativamente à Biblioteca Joanina, a análise reverteu-se especificamente ao piso nobre, o qual contém a maior parte do espólio bibliográfico. Sendo assim, os objectivos podem subdividir-se, como se descreve de seguida:

- Avaliar o estado actual das condições internas da Biblioteca Joanina;
- Verificar a existência de desvios das condições de referência de temperatura e humidade;
- Avaliar a relação existente entre as variações internas e externas de humidade e temperatura, procurando assim, através da análise desta relação, conhecer também que tipo de inércia o edifício possui;
- Avaliar a capacidade de conservação apresentada pela Biblioteca Joanina;
- Indicar melhorias, se necessário, para o desempenho do interior do edifício Joanino na conservação dos seus acervos;
- Avaliar a influência que a permanência das pessoas tem na deterioração dos livros, nos meses em que se verifica um aumento de adesão turística;
- Analisar as condições higrotérmicas na casa forte da Biblioteca Geral.

Os espaços em estudo contêm uma grande e raríssima colecção de obras literárias, e tendo em conta que a preservação dos bens culturais em bibliotecas são, actualmente, um tema de grande importância, todos estes objectivos convergem para um objectivo final de modo a mitigar os possíveis problemas existentes nos locais.

CAPÍTULO 2 - Estado do tema: Condições Higrotérmicas em Bibliotecas

2.1. Introdução

Durante as últimas décadas as condições ambientais que se verificam em espaços como museus, bibliotecas e áreas de armazenamento, têm demonstrado ser factores muito importantes no que diz respeito à preservação de materiais bibliográficos e artefactos. As condições higrotérmicas desses locais variam de acordo com a sua posição geográfica e o meio ambiente onde se encontram.

Quando se pensa em material bibliográfico, depara-se com a seguinte questão: o que é o acervo de uma biblioteca? É o suporte que contém as informações necessárias para divulgação da memória histórica, científica e técnica de uma comunidade [26].

O controlo das condições higrotérmicas interiores em bibliotecas é o ponto de partida para a preservação/conservação dos acervos. A colecção, o edifício e o clima exterior são factores que influenciam essas condições, propiciando um estudo bastante complexo.

Antigamente, e um pouco do que se assemelha na actualidade, o controlo dos parâmetros ambientais em museus, bibliotecas e outros locais onde se guarda material bibliográfico não era em geral considerado. Na construção dos edifícios apenas havia, e ainda há, a preocupação pelo conforto das pessoas que neles trabalham e dos visitantes. Mas os requisitos para a conservação ideal dos artefactos culturais não coincidem necessariamente com as de conforto térmico. Isto sugere que um cuidado especial deve ser tomado aquando da avaliação das exigências térmicas interiores desses edifícios, a fim de identificar um conjunto de parâmetros capazes de satisfazer ambas as necessidades. Com base no desenvolvimento social e intelectual europeu, existem actualmente instituições que têm vindo a desenvolver filosofias e práticas comuns no que se refere à protecção do património e à salvaguarda das suas colecções, com o intuito de eliminar o processo de deterioração ou destruição dos mesmos.

Parâmetros ambientais, tais como, humidade relativa do ar, temperatura do ambiente, poluição atmosférica e iluminação podem eventualmente deteriorar ou mesmo destruir ao longo do tempo as diversas exposições culturais que são mantidas, protegidas e expostas nesses espaços, tendo um grande impacto sobre a sua adequada conservação [20]. O papel e o pergaminho são dois dos muitos materiais constituintes dos acervos bibliográficos. Apresentam características higroscópicas muito acentuadas, tendendo a equilibrar o seu teor de humidade com a pressão parcial de vapor da atmosfera envolvente, ou seja, com o valor da temperatura e da humidade relativa desta.

Humidades relativas elevadas (superiores a 60%) conduzem a alterações na composição química e a modificações das propriedades mecânicas do papel, favorecendo o aparecimento de fungos e bactérias quando ocorrem em simultâneo com valores de temperatura elevados. Para valores da humidade relativa inferiores a 40%, o papel perde elasticidade e as colas tornam-se quebradiças e frágeis. Os valores da temperatura e humidade relativa recomendados para a conservação dos livros são respectivamente $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $55\% \pm 5\%$, valores que exigem, quase sempre, o recurso a instalações de climatização excessivamente potentes [10].

A humidade e a temperatura são parâmetros ambientais que contribuem significativamente para a deterioração do material bibliográfico. A humidade é o conteúdo de vapor de água presente no ar atmosférico e é resultante da combinação de fenómenos de evaporação e condensação da água, que estão intrinsecamente relacionados à temperatura ambiental.

Existem diversas fontes de humidade, como as chuvas, os lagos, os rios, as limpezas dos materiais bibliográficos realizadas de forma aquosa, infiltrações por janelas, paredes, tectos defeituosos e a própria transpiração do corpo para finalizar [28].

As variações de humidade e temperatura submetem os materiais bibliográficos a movimentos de estiramento e de contracção, dependendo do maior ou menor nível de humidade e de temperatura que esses materiais possuem. Além disso, esses parâmetros são responsáveis pelo desenvolvimento de microrganismos, pragas e insectos, e por vezes até pelo desenvolvimento de roedores. O montante de danos consequentes está directamente relacionado com o tipo de material, as limitações do material e o número de alterações ambientais [5].

Devido aos perigos a que muitos acervos bibliográficos estão sujeitos, enquanto armazenados e expostos em bibliotecas, recomenda-se que estes sejam guardados em locais onde a humidade e a temperatura possam ser devidamente controladas.

Uma das principais dificuldades na realização deste trabalho foi a falta de informação disponível sobre o tema em estudo. A bibliografia encontrada é maioritariamente de origem italiana e brasileira, uma vez que são países onde a procura de informação e preocupação sobre a conservação dos seus bens culturais tem vindo a despertar o interesse há já algum tempo, muito particularmente em Itália, devido ao riquíssimo e antigo património cultural que possui, sendo um país cheio de história. A Itália foi um dos primeiros países na Europa que formulou regulamentação específica para a conservação de artefactos culturais. Com maior importância destaca-se a norma UNI 10829 de Julho de 1999, intitulado “As condições ambientais para a conservação”. Esta norma fornece uma metodologia detalhada para a medição de parâmetros ambientais que são significativos na conservação de obras de arte. Segundo este padrão, sugere-se medir parâmetros físicos específicos (humidade relativa, temperatura e iluminação), especificando valores preferenciais para estes parâmetros, ou seja, o máximo intervalo de tempo diário, os valores máximos admissíveis e a dose anual de energia absorvida, para cada tipo de objecto, assumindo-se um microclima estável. No anexo A encontra-se uma descrição mais detalhada desta norma bem como os valores recomendados dos parâmetros mencionados anteriormente, podendo ser consultados na tabela A.2.

Ainda nesta perspectiva, a América tem dado alguns dos mais notáveis contributos para o desenvolvimento da conservação, em qualquer dos seus aspectos. Em Portugal, ao longo dos anos 80-90, o conceito de preservação tornou-se familiar para todos os que se ocupam, directa ou indirectamente, de património e a prática da conservação preventiva conheceu avanços significativos. De acordo com Gâel de Guichen, a conservação preventiva pode ser entendida como o conjunto de acções destinadas a assegurar a salvaguarda (ou a aumentar a esperança de vida) de uma colecção, ou de um objecto [1]. Em Portugal o pai desta área da conservação é Luís Efreim Elias Casanova. Apesar da sua vasta actividade docente, muito poucos até hoje seguiram os seus passos, para infortúnio do nosso património.

Apesar do vasto campo de aplicação desta disciplina estar longe de atingir os níveis desejáveis e necessários por parte de algumas instituições, verifica-se vontade expressa de contribuir para o desenvolvimento de uma política de conservação preventiva do património português e mundial, visto que cada vez mais a conservação dos acervos bibliotecários e documentos em suporte de papel tem preocupado bibliotecas e arquivos, com constantes problemas de deterioração desse património e a fragilidade em que se encontram muitos desses acervos [32].

2.2. Parâmetros ambientais que afectam o acervo bibliográfico

Diante de um acervo danificado e em risco de perda, a primeira providência a ser tomada é efectuar um minucioso diagnóstico dos motivos que levaram à sua degradação, e estancar ou minimizar estes agentes agressores. Cada colecção requer cuidados específicos, tendo em conta os seus materiais constituintes e o estado de conservação. Muitos objectos são compostos por mais do que um material, cada um dos quais reagirá de maneira diferente aos factores de degradação.

Em linhas gerais, a poluição atmosférica, a humidade, a temperatura, a iluminação, a acção do homem e os agentes biodeterioradores podem eventualmente deteriorar ou mesmo destruir os bens culturais que são mantidos e protegidos em colecções como se explica detalhadamente nos subcapítulos seguintes.

2.2.1. Humidade Relativa

A humidade é um factor importante a ser verificado em bibliotecas. É tida como “inimiga” dos acervos bibliográficos uma vez que quando se encontra em excesso forma-se bolor que constitui um grande perigo, principalmente, para as encadernações, e quando apresenta valores baixos, produz a secagem do papel.

A humidade relativa mede a quantidade de vapor de água que existe no ar em relação ao máximo que o ar poderia conter à mesma temperatura. Depende não só da quantidade de vapor de água contida no ar, mas também da temperatura deste. Se a quantidade de vapor de água contida no ar permanecer constante, a humidade relativa aumenta se a temperatura

descer. Deste modo, mantendo-se a pressão constante e a mesma massa de ar, os valores da humidade relativa são mais elevados de madrugada, visto as temperaturas serem inferiores. A temperaturas mais elevadas, o ar admite maior quantidade de vapor de água.

A humidade pode ser um conceito difícil de compreender e por isso merece uma explicação de modo a tornar mais fácil a compreensão sobre este parâmetro.

Se se extraísse e pesasse o vapor de água existente num metro cúbico de ar, sujeito a uma pressão atmosférica normal, ficaria a conhecer-se a humidade absoluta de uma amostra de ar, expressa em gramas de água por metro cúbico de ar (g/m^3).

O gráfico higrométrico, que é apresentado em baixo (figura 2.1) demonstra a quantidade máxima de vapor de água que pode estar contida num metro cúbico de ar, a uma determinada temperatura [25].

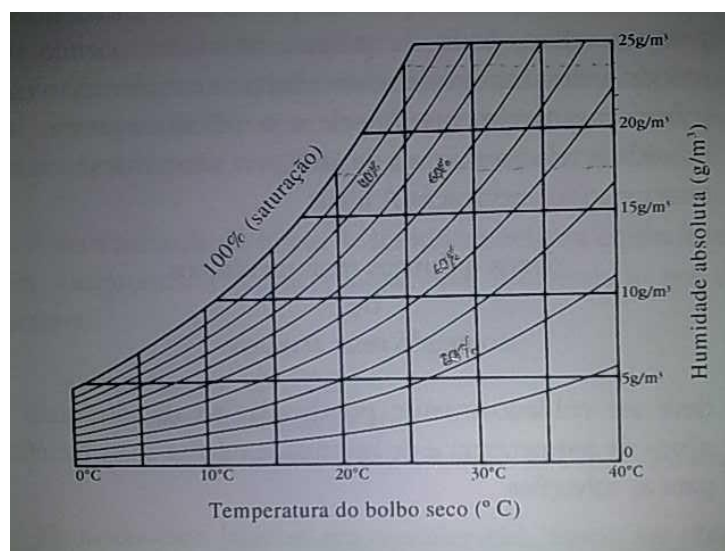


Figura 2.1: Gráfico higrométrico

A uma temperatura de 10°C , o ar não pode conter mais de 9 gramas de vapor de água por m^3 . Quando o ar atinge o seu máximo de humidade absoluta, diz-se que está saturado.

A 20°C o ponto de saturação é $17 \text{ g}/\text{m}^3$ ou ainda a 25°C o ponto de saturação é de $23 \text{ g}/\text{m}^3$.

Portanto, se se tiver um metro cúbico de ar, num recipiente que se encontre fechado a uma temperatura de 20°C , este contém 9 gramas de vapor de água, e a humidade absoluta é

de 9 g/m^3 . Se juntarmos 3 gramas de água ao contentor, a água evapora-se e aumenta a humidade absoluta para 12 g/m^3 . Se juntarmos mais 8 gramas de água, 5 gramas evaporar-se-ão e 3 gramas depositar-se-ão, sob a forma de uma pequena poça, no fundo do recipiente, porque o ar à temperatura de 20°C só pode suportar 17 g/m^3 .

A humidade relativa é expressa sob a forma de percentagem e pode ser calculada a partir da seguinte equação:

$$HR = \frac{\text{Humidade Absoluta da amostra de ar}}{\text{Humidade absoluta da amostra de ar saturado}} \times 100\% \quad (1)$$

A humidade relativa do ar no recipiente, quando estão apenas 9 gramas de vapor de água, seria a seguinte:

$$\frac{\text{H. Absoluta da amostra de ar}}{\text{H. Absoluta da amostra de ar saturado}} \times 100\% = \frac{9}{17} = 53\% \quad (2)$$

A humidade relativa varia com a temperatura. Se não se adicionar humidade ao ar, a humidade relativa diminui à medida que a temperatura aumenta.

Portanto, se o ar contido no recipiente for aquecido até atingir os 25°C , a humidade relativa registaria um decréscimo (o gráfico higrométrico indica que a esta temperatura um metro cúbico de ar pode conter 23 g/m^3 de vapor de água).

$$\frac{9}{23} = 39\% \quad (3)$$

Pelo contrário, se o ar do recipiente for arrefecido até aos 15°C , a humidade relativa aumentará, mesmo que não se adicione mais água. A temperatura de 15°C , o ar só pode conter $12,5 \text{ g/m}^3$ de vapor de água.

$$\frac{9}{12,5} = 72\% \quad (4)$$

Se o ar for arrefecido para 9°C, ficaria saturado de vapor de água e a humidade relativa aumentaria para os 100%. Se o ar fosse ainda mais arrefecido, formavam-se gotículas de água nas paredes laterais do recipiente, uma vez que o ar perde parte da humidade sob a forma de condensação, como exemplo, tem-se o caso do que acontece no Inverno no interior de uma casa, onde o ar interior ao dirigir-se para as vidraças das janelas, as quais estão, normalmente, frias a ponto de arrefecer o ar até temperaturas abaixo do seu ponto de condensação, formando gotas de água na janela.

As causas principais de deterioração química do papel são a oxidação e a hidrólise da celulose. A hidrólise da celulose é a decomposição do papel por exposição à água (incluindo a humidade presente na atmosfera). A taxa de deterioração da celulose por hidrólise está directamente relacionada ao teor de humidade do papel, que por sua vez encontra-se directamente relacionada com a % HR (percentual de humidade relativa) da atmosfera em que o papel se encontra. Pode assim resumir-se o efeito da % de HR da seguinte forma: quanto maior for a % de humidade relativa no ambiente, maior será o teor de humidade no papel, maior a sua taxa de deterioração pela hidrólise e menor a sua expectativa de vida [27].

A hidrólise é catalisada por substâncias que não são consumidas no processo. A oxidação é catalisada por vários metais, como, por exemplo, o ferro e o cobre.

É importante reter que, quanto mais alta é a temperatura, mais rápida é a oxidação e mais acelerada é a hidrólise, que duplica aproximadamente com a subida de 10°C.

2.2.2. Temperatura

O ambiente da biblioteca necessita de boas condições térmicas para que o usuário possa sentir-se disposto a desenvolver as suas actividades (conforto térmico e produtividade estão interligados). Deve ser um local quente no Inverno e fresco no Verão. No entanto a temperatura precisa de ser controlada, bem como a humidade, pois afectam principalmente, o acervo e para isso há soluções naturais e mecânicas (é amplamente reconhecido que a

maioria das reacções químicas desenvolve-se com mais rapidez em função do aumento da temperatura). As portas e janelas devem permanecer fechadas, evitando mudanças climáticas. As variações térmicas causadas por unidades de ar condicionados ligadas durante o dia e desligadas à noite podem ser mais prejudiciais ao acervo do que uma temperatura mais alta, porém, constante.

Estudos comprovaram que a duração média de um livro está directamente ligada ao grau de temperatura do ambiente. Provaram, também, que uma simples diminuição de 2°C na temperatura do ambiente resultou na longevidade sete vezes maior dos livros [24].

2.2.3. Efeito da Temperatura vs Humidade Relativa

Existe uma relação estreita entre a temperatura e a humidade relativa. Num espaço fechado, onde as trocas de ar são lentas, um aumento de temperatura pode baixar significativamente os valores de humidade relativa ou acontecer o caso inverso. Muitos dos objectos são compostos por mais que um tipo de material e cada um destes responde, de modo diferente, ao vapor de água.

Assim, é importante expor e guardar os objectos em ambientes higrotérmicamente estáveis e compatíveis com os diferentes materiais em presença, de maneira a mitigar o risco de danos nos objectos que constituem as colecções. Por exemplo, películas fotográficas e suportes digitais requerem armazenagem a baixas temperaturas e a baixos níveis de humidade relativa, para que seja possível assegurar a sua longevidade. Por outro lado, o pergaminho e o papel são materiais que solicitam níveis de humidade relativa superiores a 50%, no caso de se pretender uma boa flexibilidade. Actualmente, há provas científicas que sugerem que o papel manterá a sua estabilidade química e o seu aspecto químico por mais tempo quando sujeito a valores de armazenagem baixos e constantes de temperatura (abaixo dos 10°C) e de uma humidade relativa entre 30 a 40%.

Se se assumir que o corpo do livro é encadernado a pele ou velino, pode ele próprio beneficiar, quando submetido a uma humidade relativa baixa, no entanto, o mesmo não se verifica em relação à encadernação que sofrerá inevitavelmente. A pele e o velino requerem uma humidade relativa mínima de 50% para não perderem as suas características mecânicas [25].

Efeito das variações da humidade relativa e da temperatura nas colecções

Variações acentuadas ou oscilações na humidade relativa e temperatura provocam danos muitas vezes irremediáveis nos objectos que constituem as colecções devendo, por isso, ser evitadas. Apresentam-se na tabela 2.1 algumas das formas de deterioração provocadas pela humidade relativa e temperatura que afectam sobretudo os materiais higroscópicos.

Tabela 2.1: Formas de degradação provocadas pela humidade relativa e temperatura

Mecanismo de deterioração	Efeitos	Causas
Alterações dimensionais	Deslocação de juntas; destacamento; perda de material; fissuração	<ul style="list-style-type: none"> - Mudança do tempo/clima - Humidade de condensação - Humidade de infiltração - Ventilação insuficiente - Humidade ascensional - Limpeza - Aquecimento inadequado - Iluminação - Isolamento do edificio insuficiente - Controlo do aquecimento insuficiente
Alteração de propriedades	Diminuição da resistência estrutural; aumento da rigidez	
Reacções químicas	Corrosão; alteração de cor; cristalização de sais; desintegração; amarelecimento de papel	
Biodeteriorações	Crescimento de organismos e microrganismos	

Da tabela anterior apresentada, pode concluir-se o seguinte:

- Temperaturas elevadas são prejudiciais para os objectos das bibliotecas, pois potenciam o desenvolvimento de reacções químicas ou reacções físicas;
- A variação da temperatura do ar ao longo do tempo causa *stress* térmico nos objectos, o qual, por sua vez, provoca dilatações e contracções nos materiais que os constituem. Quando os acervos bibliográficos são constituídos por diferentes materiais, o problema torna-se mais grave;
- O aumento da temperatura no interior das bibliotecas pode ser causado pela iluminação (natural/artificial);
- A humidade relativa tem influência nas dimensões, na forma dos objectos e nos processos químicos e biológicos. Em particular:

- ✘ Se o conteúdo de uma sala estiver estabilizado, uma descida súbita da temperatura provocará um rápido aumento da humidade relativa, levando à condensação e, possivelmente, provocando o aparecimento de fungos e de outros problemas associados ao excesso de humidade;
- ✘ Alterações moderadas, durante um longo período de tempo, produzem uma tensão mínima sobre os materiais, que assim ficam protegidos por fenómenos prejudiciais de expansão e contracção;
- ✘ A conjugação de valores de humidade relativa acima dos 65%, com valores de temperatura acima dos 20°C aumenta o risco de desenvolvimento de bolores, acelera o ciclo vital de numerosos insectos e aumenta a perda de resistência do papel;
- ✘ Os danos visíveis nas colecções podem, apresentar a forma de tintas quebradas, capas de livros deformadas e emulsões fotográficas estaladas [8].

O tipo de colecção condiciona as condições higrotérmicas, pois faz parte dos objectivos da biblioteca conservar os acervos para que não se deteriorem, daí a importância de conhecer bem a constituição da colecção para que se possam definir os valores “ideais” das condições higrotérmicas a controlar no ambiente da exposição.

2.2.4. Iluminação

A exposição regular ou prolongada à luz natural ou artificial, pode causar prejuízos irreparáveis no papel, pois actua como um catalisador para a oxidação (a celulose oxida). Quanto maior o tempo de exposição e mais forte a intensidade de iluminação, maior é o dano, tornando os acervos escuros (amarelados), devido à degradação da lenhina presente na sua composição.

Deve ter-se em consideração que a luz solar contém os três tipos de radiação (radiação UV (Ultra-Violeta); radiação IV (Infra-Vermelhos); radiação visível)), facto que faz com que a protecção das janelas com filtros seja um pré-requisito. A luz é uma fonte de energia que gera calor. A deterioração dos objectos resulta de reacções químicas que se

desencadeiam quando essa fonte de energia altera a sua estrutura química. Embora todos os materiais sejam afectados, os de natureza orgânica são os mais susceptíveis.

Se os objectos estiverem em mau estado de conservação ou forem muito frágeis, deve reduzir-se o valor de iluminação ou diminuir-se os tempos de exposição.

O problema da iluminação pode ser ultrapassado recorrendo a interruptores com relógio, a sistemas com reóstatos, a telas, persianas, cortinas ou a materiais difusores.

2.2.5. Poluição Atmosférica

A combustão de combustíveis fósseis tem aumentado a presença de partículas na atmosfera de zonas urbanas. Os principais poluentes são as poeiras, os óxidos de enxofre (sobretudo o dióxido de enxofre), provenientes da indústria e das centrais eléctricas e os óxidos de azoto (genericamente representados por NO_x), provenientes essencialmente do tráfego automóvel, mas também da indústria. Estes podem eventualmente localizar-se nos materiais empregues sobre os acervos constituintes do material bibliográfico (clipes, papéis ácidos, colas, etc.), que poderão sofrer reacções químicas provocando alterações sobre o papel.

O uso de filtros em sistemas de ventilação e ar condicionado podem diminuir ou eliminar a maior parte dos contaminantes do ambiente, principalmente a poeira (cerca de 90% de partículas com diâmetro de 2 μm). No entanto, 20% das partículas têm um diâmetro inferior. Todavia, um sistema de climatização só pode desempenhar um papel importante na redução de pó, partículas e poluentes gasosos se for devidamente inspeccionado e limpo. Em casos mais críticos, recorre-se à substituição ou reciclagem desses filtros periodicamente.

É importante que o acervo seja periodicamente higienizado. A remoção da poeira nos livros deve ser feita com aspiradores de filtro evitando a reposição de poeiras, como também se devem usar todos os meios adequados para vedar correctamente as portas e janelas. Em relação aos gases ácidos, o uso de filtros de carvão activado é o mais indicado para absorver este poluente.

A poluição sonora deve também ser evitada uma vez que pode causar danos nos materiais expostos como cristais, vidro, o deslocamento de peças e o inconveniente aos visitantes. No entanto este é um tema mais abordado nos museus ou em outros espaços destinados a exposições e não em bibliotecas.

2.2.6. Agentes de Biodeterioração

Existem numerosas espécies de agentes de biodeterioração comumente encontrados que vão afectar directamente o acervo. Os materiais orgânicos pela sua composição química constituem o maior factor de risco, podendo ser atacados por diversos organismos e microrganismos (caruncho, traças, baratas, fungos), uma vez que encontram na celulose, uma fonte de nutrição. As colas de origem animal de amido usadas na confecção desses suportes também são favoráveis à sua proliferação, podendo ser identificadas no papel pelo aparecimento de manchas amareladas.

A higienização do acervo e a utilização de uma humidade adequada através do uso de desumidificador em ambientes húmidos são requisitos básicos para evitar ou reduzir o desenvolvimento dos fungos e bactérias.

Os roedores preferem os ambientes quentes, húmidos e escuros causando grandes estragos aos acervos e transmitindo doenças fatais ao homem. Deve evitar-se que os acervos estejam próximos de lugares onde se encontram alimentos ou perto das ruas. Em casos de infestação deve recorrer-se à desratização periódica do ambiente da biblioteca e de todo o edifício.

2.2.7. Acção do Homem

Os critérios para manusear um documento são determinantes para uma maior vida útil do acervo bibliográfico. Recomenda-se portanto, a adopção de normas e procedimentos básicos, como por exemplo o treinamento de pessoal que contribui consideravelmente para a conservação preventiva do acervo. Relativamente ao armazenamento dos documentos, deve dar-se preferência ao mobiliário de metal para materiais compostos por papel (livros, folhetos, etc.). Alguns erros comuns passam por guardar volumes em armários fechados sem ventilação e guardar livros grandes e pesados na vertical, sendo o correcto, armazená-los na horizontal e no máximo dois volumes.

Os incêndios e as inundações estão entre as primeiras causas dos desastres em bibliotecas. Estes danos podem ser evitados ou minimizados na medida em que as bibliotecas tenham um planeamento adequado com programas de protecção contra incêndios e inundações.

Torna-se deste modo evidente que o controlo das condições do meio ambiente onde os acervos bibliográficos estão alojados, é fundamental hoje em dia. Além disso, a criação de locais destinados à protecção e gestão das várias colecções sem ter garantido as condições adequadas para a sua preservação parece um paradoxo. Felizmente e como tem sido mencionado ao longo da dissertação, verifica-se um aumento de pesquisa e interesse pelas condições ambientais interiores adequadas em bibliotecas.

2.3. Condições Higrotérmicas “Ideais”

Não existem os chamados “valores ideais” nem soluções gerais, uma vez que cada peça é um caso e o ambiente em que está inserida é, também, particular. Deste modo, a definição objectiva de valores “ideais” de temperatura e humidade relativa em bibliotecas não é simples. Para além das condicionantes como o clima exterior e o edifício temos a colecção que, pode ser composta por diferentes tipos de materiais que por sua vez requerem condições higrotérmicas “ideais” diferentes, como já vimos anteriormente. Assim, pode dizer-se que existem limites dentro dos quais a preservação das obras estará assegurada. No entanto, o mais importante é garantir que não existem variações bruscas destes parâmetros.

Na literatura encontram-se algumas sugestões de diversos autores, que através de estudos ou experiências acumuladas ao longo dos anos, têm determinado quais os níveis de temperatura e humidade ideais à conservação dos bens culturais. É actualmente reconhecido que é muito difícil manter uma temperatura e uma humidade relativa num edifício ou depósito durante todo o ano, especialmente em zonas com grandes variações térmicas, sem despendar elevadas somas monetárias.

Considere-se o seguinte [25]:

- Se as temperaturas subirem acima dos 20°C, é essencial que os níveis de humidade relativa mantenham os valores aceitáveis, relativamente, constantes.
- Nas instituições, as temperaturas são geralmente ditadas por aquilo que se considera adequado ao conforto humano, isto é, entre os 20 e os 22°C no caso das actividades sedentárias. Os seres humanos são sensíveis às mudanças de temperatura, mas

relativamente insensíveis às variações de humidade. No que se refere à maior parte dos materiais existentes numa biblioteca, verifica-se exactamente o contrário.

Três tipos de temperatura incorrecta:

- Demasiado elevada;
- Superior e inferior a um valor crítico;
- Flutuações em torno de uma média.

Três tipos de humidade relativa incorrecta:

- Humidade visível;
- Superior ou inferior a um valor crítico;
- Flutuações em torno de uma média.

Tendo estes factores em consideração, devem ser observados os seguintes requisitos:

- Um nível de humidade que seja suficientemente elevado para manter a capacidade de flexibilidade dos materiais;
- Um nível de humidade que seja suficientemente baixo para retardar a deterioração dos materiais e controlar o aparecimento de insectos e bolores;
- Um nível de humidade que não cause danos na estrutura do edifício da biblioteca devido à condensação, na estação fria.

Apesar de várias sugestões, existe alguma coerência entre a gama de valores de temperatura e de humidade relativa que são favoráveis à conservação tendo sempre presente o requisito de que o material de uma biblioteca deve ser armazenado e utilizado em condições estáveis, nem demasiado quentes ou frias, nem demasiado secas ou húmidas. Desde o aparecimento dos primeiros números mágicos, a regra dos 60/60, que significava 60°F (15°C) de temperatura e 60% de humidade relativa em qualquer museu para qualquer tipo de colecção e em qualquer parte do mundo, foram várias as tentativas para encontrar esses valores.

Garry Thomson é o autor mais vezes referido no que diz respeito a este assunto, citando para a humidade relativa, o valor médio de 55% com o limite superior 65-70% de forma a prevenir a formação de bolores e o limite inferior 40-45% de forma a evitar fendas em

algum tipo de materiais, constatando que a humidade relativa deve ser estável. No que se refere à temperatura, e à excepção dos casos de armazenamento a longo prazo, os valores “ideais” são os determinados pelo conforto humano, com um intervalo de 5-10°C [6].

Segundo Sarmiento (2003) [12], os níveis de temperatura devem situar-se entre 18 a 22°C e uma humidade relativa entre 45 a 55%. Já na opinião de Mello (et al, 2004) [21], os níveis deviam situar-se entre os 19 a 23°C para a temperatura e a humidade relativa entre os 50 a 60%. Outro exemplo pode ser ainda o sugerido por Mársico [20], que sugere valores respectivamente para a temperatura e humidade relativa de 22 a 25°C e 55%. No entanto, como já foi referido anteriormente, todos os valores se situam numa gama de valores semelhante.

Neste trabalho, os valores considerados como sendo os ideais são respectivamente entre os 18 a 22°C para a temperatura e 50 a 60% para a humidade relativa.

No Anexo A, encontra-se a tabela A.1 que propõe numerosas opções, tanto em valores recomendados como em flutuações admissíveis. Para cada opção, a tabela apresenta os riscos/benefícios para a colecção, a descrição dos riscos relacionados com as condições ambiente que foram evitados e dos que ainda estão presentes. Deste modo, um utilizador desta tabela não poderá seleccionar uma opção, mesmo das chamadas “ideais”, sem ser notificado de quaisquer riscos não resolvidos.

2.4. Técnicas de Monitorização da Temperatura e Humidade

Para prevenir qualquer dano, a primeira medida de controlo ambiental consiste na manutenção dos espaços do edifício, dado que muitas vezes os problemas têm origem em infiltrações, fugas e canalizações, deficientes drenagens ou má calafetagem de portas e janelas. Para proceder ao respectivo controlo, poderá ser necessário recorrer a equipamentos de climatização, ar condicionado, humidificadores/desumidificadores, aquecedores (com termóstato). Contudo, o recurso a esses equipamentos suportam maiores custos monetários associados a essa utilização e não dispensa uma monitorização sistemática, de modo a verificar as condições estabelecidas e detectar eventuais valores desadequados [1]. Por outro lado, a ventilação natural ou forçada pode ser um recurso para o controle simultâneo da humidade e da temperatura.

Ainda em relação à questão da monitorização da temperatura e da humidade relativa do ar, esta pode ser feita de duas maneiras. Há o monitoramento pontual, que consiste em medições com aparelhos que só registam valores pontuais; pode usar-se o psicrómetro (figura D.1, Anexo D) que é um equipamento antigo, mas extremamente útil e preciso. Qualquer instituição tem condições de ter um. Outra opção é o uso de um termohigrómetro (figura D.3, Anexo D) que é um aparelho mais moderno, já com vários fabricantes. É preciso, no entanto, ter muito cuidado com os sensores de humidade, porque eles não são muito precisos. Recomendam-se, para as instituições com expediente de oito horas, pelo menos três medições diárias: às oito horas da manhã, quando a humidade é mais elevada; às duas da tarde, quando a humidade relativa é mais baixa; e a terceira medição deverá ser feita no final do dia.

Há também a opção de se trabalhar com o monitoramento contínuo e, para isso, há o termohigrógrafo (figura D.2, Anexo D) que também é um aparelho tradicional, extremamente preciso e útil; entretanto, o termohigrógrafo, apenas dá a leitura da temperatura e humidade relativa do ar, mas não se pode tratar estatisticamente esses dados; a não ser que isso se faça manualmente, necessitando de despender muito tempo. Mais recentemente, existem os 'dataloggers' (figura 5.1), que são aparelhos de tamanho reduzido, que vêm com um software que é instalado no computador e que podem ser programados para leituras horárias, ou fracções de hora; sendo essas informações descarregadas no computador e elaborando-se posteriormente os respectivos gráficos. Todos são muito úteis e todos têm vantagens e desvantagens [29].

No Anexo D, encontra-se uma explicação detalhada acerca de alguns equipamentos de medida acima mencionados.

CAPÍTULO 3 - Caracterização das Condições Higrotérmicas na Casa Forte da Biblioteca Geral

3.1. Introdução

A BGUC guarda verdadeiras preciosidades bibliográficas que nos trazem à memória mais de cinco séculos do tempo português e mundial. Trata-se de uma biblioteca pública, que tem as suas portas abertas de manhã à noite não só aos estudantes, docentes e investigadores, mas também aos cidadãos em geral. Não se sabe ao certo a sua origem, mas certamente desde que há Estudo Geral em Portugal que há um sítio para os livros necessários ao estudo. A origem da biblioteca da Universidade pode ser datada, pelo menos, do ano de 1513, pelo que brevemente deverão ser comemorados os quinhentos anos da biblioteca.

Inicialmente, existiu apenas uma biblioteca, mas com o rápido crescimento dos espaços de ensino, das disciplinas e também das obras, as bibliotecas da UC cresceram e multiplicaram-se. Hoje, são mais de oitenta, apesar de unidas numa rede, gerida pelo SIBUC (Serviço Integrado de Bibliotecas da Universidade de Coimbra), que se quer cada vez mais coerente [2].

A BGUC encontra-se repartida por dois edifícios, o chamado edifício novo, situado no Largo da Porta Férrea e a Biblioteca Joanina situada no Pátio da Universidade [30].

No século XX, no âmbito do projecto de realização de obras na Cidade Universitária, deu-se prioridade à adaptação das instalações da antiga Faculdade de Letras (edificada sobre as estruturas do Teatro Académico) a uma nova biblioteca, construída entre 1952 e 1958, que, só em 1962, entrou em pleno funcionamento, conhecida como o edifício novo, com uma área de cerca de 7000m², tendo sofrido algumas obras de adaptação ao longo do tempo, designadamente no último piso, na Sala do Catálogo e recentemente no átrio, agora a funcionar como Loja da Universidade. Por sua vez, com o benefício do Depósito Legal, que deteve desde 1932, aquisições, várias doações e incorporações, trouxeram um progressivo e importante crescimento do espólio bibliotecário, constituindo actualmente uma das maiores

bibliotecas do país e da Europa, com um acervo fabuloso de enorme valor e o desenvolvimento de serviços de grande valor acrescentado para a comunidade [31] [4].

Apesar do seu maior tamanho, o edifício novo está hoje próximo da saturação, proclamando-se a ocupação de outra casa, com acrescida funcionalidade. Se a biblioteca, com cerca de um milhão de volumes, é a segunda biblioteca nacional, ela e o conjunto das restantes bibliotecas de Coimbra, com o total de cerca de dois milhões de volumes, formam uma das maiores bibliotecas do país, comparável à Biblioteca Nacional de Portugal, em Lisboa.

Dentro das obras que se encontram na Biblioteca Geral, é obrigatório referir a colecção de três mil e quinhentos manuscritos, que por sua própria natureza são únicos e onde virgula a colecção de manuscritos autografados de Almeida Garrett, os livros do fundo antigo guardados em parte na casa forte, entre os quais sobressai uma Bíblia da escola de Gutenberg e uma primeira edição d' *Os Lusíadas*, a secção de música, que engloba boa parte dos tesouros musicais do Mosteiro de Santa Cruz [2].

Devido à enorme quantidade e variedade de colecções, obras de arte e bens culturais, que representam grandiosos exemplos de arte humana e que se encontram expostas/armazenadas nas instalações da Biblioteca Geral, o controlo das condições ambientais dos espaços existentes irá requerer cuidados especiais, uma vez que tem um papel fundamental na preservação dos materiais.

Actualmente há ainda muito a fazer no sentido de restauro físico dos livros antigos. A BGUC está a promover a campanha “SOS Livro Antigo”, no âmbito da qual empresas poderão utilizar o espaço histórico da Biblioteca Joanina mediante uma contrapartida financeira que reverte integralmente para o restauro dos livros. Está também prevista a criação de um laboratório de restauro, sob a responsabilidade dos SIBUC, que prestará apoio nesta área, nomeadamente no aspecto de cursos especializados de conservação e restauro que a UC promove. Neste sentido, é de salientar ainda a proveitosa colaboração com os sectores das Ciências da Vida da UC num projecto de investigação de fungos em livros antigos, a respeito da identificação das espécies de morcegos que frequentam a Biblioteca Joanina. Assim como a colaboração com o DEM (Departamento de Engenharia Mecânica) da UC na monitorização das condições ambientais nos depósitos e salas do edifício da

BGUC e acrescenta-se com este trabalho a monitorização das condições ambientais na Biblioteca Joanina [2].

3.2. Caracterização da Casa Forte

3.2.1. Interior da Casa Forte

A casa forte é constituída pelo espaço interior e exterior. O presente estudo é apenas destinado ao interior da casa forte. Este espaço localiza-se na cave do edifício e não partilha nenhuma parede com o exterior estando localizado no interior do edifício. Está praticamente isolado, verificando-se apenas a existência de pequenas grelhas que funcionaram no passado como respiradouros, não se sabendo se estão ainda activos. A área deste espaço é de 83,2 m² e tem uma altura de 4,44 m.

Nele estão depositados documentos muito importantes pelo que o seu acesso é restrito. Este espaço tem aparelhos destinados ao controlo da temperatura e humidade (figura 3.2). Existe um equipamento instalado que está programado para manter os valores de temperatura e humidade no interior do espaço relativamente constantes, sendo respectivamente de 20,5°C e 55%. Ultimamente foi ainda instalado um desumidificador. As estantes, utilizadas para o armazenamento do material, são constituídas essencialmente por metal (figura 3.1) [25].



Figura 3.1: Interior da casa forte



Figura 3.2: Unidades de tratamento de ar no interior da casa forte

Seguidamente, (figura 3.3) localiza-se o respectivo local, anteriormente descrito, na planta da BGUC.

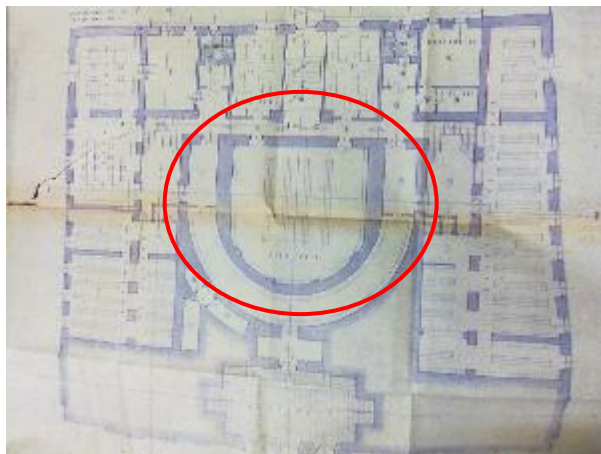


Figura 3.3: Planta de localização do local

3.3. Resultados / Análise dos Resultados

3.3.1. Influência das Condições Climáticas Exteriores

Os programas que se utilizaram para o tratamento dos dados higrotérmicos foram o KaleidaGraph e o Excel, conforme se verifica mais detalhadamente no capítulo 5. A partir do programa KaleidaGraph, obtiveram-se os seguintes resultados:

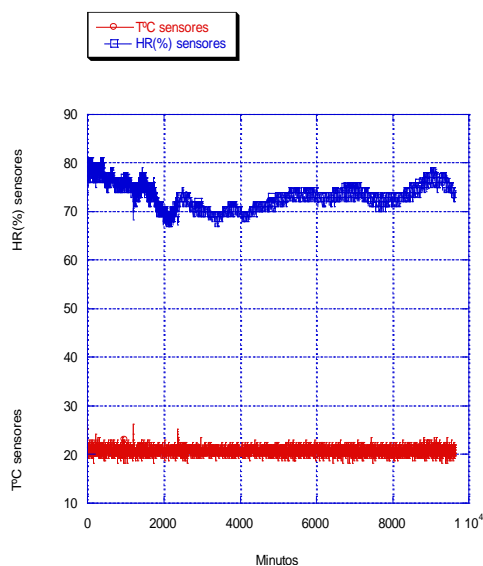


Figura 3.4: Temperatura e humidade relativa verificadas no interior da casa forte

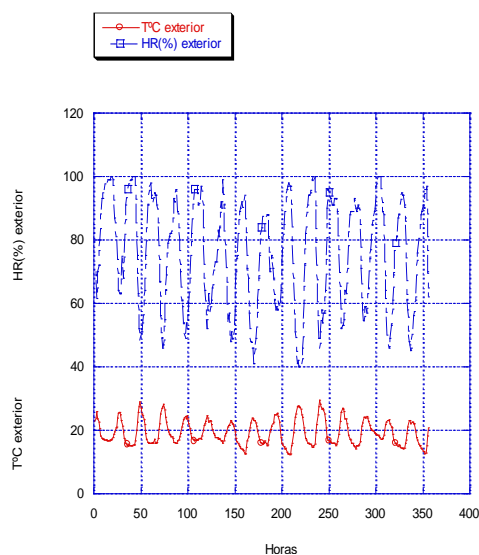


Figura 3.5: Temperatura e humidade relativa verificadas no exterior do edifício

As figuras anteriores descrevem separadamente o comportamento da temperatura e humidade relativa no interior da casa forte e no exterior do edifício da Biblioteca Geral, figura 3.4 e 3.5 respectivamente, desde as 15h do dia 8 de Julho de 2010 até às 10h do dia 23 de Julho de 2010, o que perfaz um total de aproximadamente 356 horas. A apresentação dos dados em separado deve-se ao facto de os períodos de aquisição serem diferentes em cada figura (de minuto a minuto na figura 3.4 e de hora a hora na figura 3.5). A partir da observação da figura 3.5 é possível verificar que existe uma relação entre a humidade relativa e a temperatura e é também perceptível que um aumento de temperatura resulta numa diminuição da humidade relativa e vice-versa, estando portanto, estes dois parâmetros relacionados.

Observam-se vários picos, associados não só às variações de temperatura e humidade relativa que se fazem sentir entre o dia e a noite, mas também, face às oscilações que foram ocorrendo.

A figura 3.4 mostra a evolução dos dados higrotérmicos registados no interior da casa forte.

Comparando as duas figuras, é possível concluir-se que o interior da casa forte manifesta variações apesar de controladas, não tendo variações acentuadas e também que é um espaço termicamente estável, mantendo-se a temperatura bem controlada em torno do valor de referência ($20,5^{\circ}\text{C}$). Relativamente à humidade relativa, verifica-se que esta varia entre os 70 e 80%, intervalo de valores claramente acima do valor de referência (55%). Estes factos põem em dúvida o bom funcionamento, no que respeita ao controlo da humidade, da unidade de ar condicionado acima descrita.

A figura 3.6 representa a mesma evolução dos dados higrotérmicos relativos à humidade absoluta.

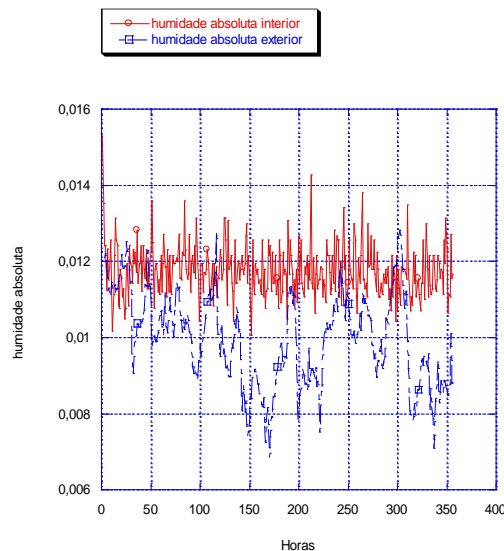


Figura 3.6: Humidade absoluta verificada no interior da casa forte e no exterior do edifício

A partir da observação das figuras anteriores e tendo em conta estudos anteriores pode concluir-se que o ambiente do interior da casa forte é ligeiramente influenciado pelo exterior. No entanto e como já mencionado anteriormente, os valores mantêm-se relativamente constantes em torno de um valor médio.

3.4. Discussão dos Resultados

Através da análise dos dados pode compreender-se melhor o clima interior da casa forte. Ao analisar as figuras anteriores pode constatar-se que os valores médios da temperatura se encontram muito próximos dos valores de referência. O mesmo não se pode afirmar para a humidade relativa, visto esta registar valores entre 70 e 80%. Toda via, como já foi mencionado ao longo da dissertação, o mais importante é assegurar que não existem variações bruscas ou de amplitude elevada, sendo estas mais prejudiciais do que valores higrotérmicos elevados, porém, constantes.

Ainda da análise das figuras verifica-se que o clima exterior na Biblioteca Geral influencia ligeiramente o interior da casa forte. A causa provável para este facto deve-se à presença dos respiradouros e dos tubos mal dimensionados dos aparelhos lá existentes que dão para o exterior e para os restantes andares do edifício por onde antigamente se fazia a

renovação do ar. Estes deixam escapar ar, provocando assim interferência nos valores registados.

Não foi realizada uma análise exaustiva do desempenho desta sala, pois não era objectivo principal deste estudo, mas apenas avaliar as condições gerais deste espaço em termos de comportamento da humidade relativa e da temperatura.

De modo a permitir uma análise mais eficaz, recorreu-se ao índice sintético PI (“Performance Index”), cujo objectivo é avaliar a QAI (Qualidade do Ar Interior). O PI indica uma gama de valores que podem ser aceitáveis para a QAI. Calcula a probabilidade de ocorrência dos valores da temperatura e da humidade relativa, dando indicações sobre o seu maior ou menor afastamento relativamente aos valores de referência (18-22°C e 50-60%), analisando, assim, se o referido espaço tem ou não condições razoáveis para conservação do espólio.

Aplicando este índice ao caso de estudo calcularam-se as frequências relativas e acumuladas dos valores de temperatura e humidade relativa, que se registaram no espaço em análise ao longo do mês de recolha de dados, e que se podem observar nas figuras seguintes.

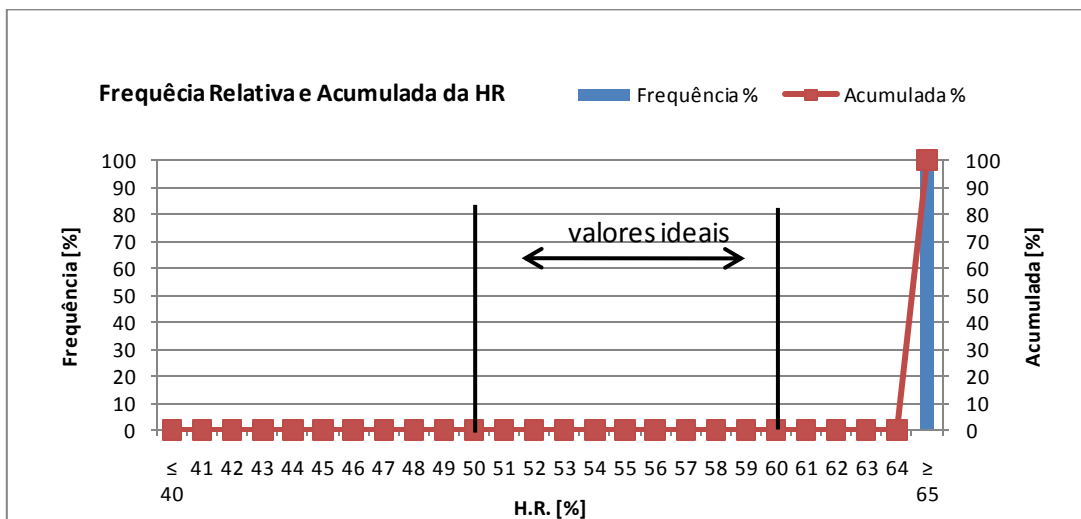


Figura 3.7: Frequência Acumulada e Relativa dos valores da humidade relativa no interior da casa forte

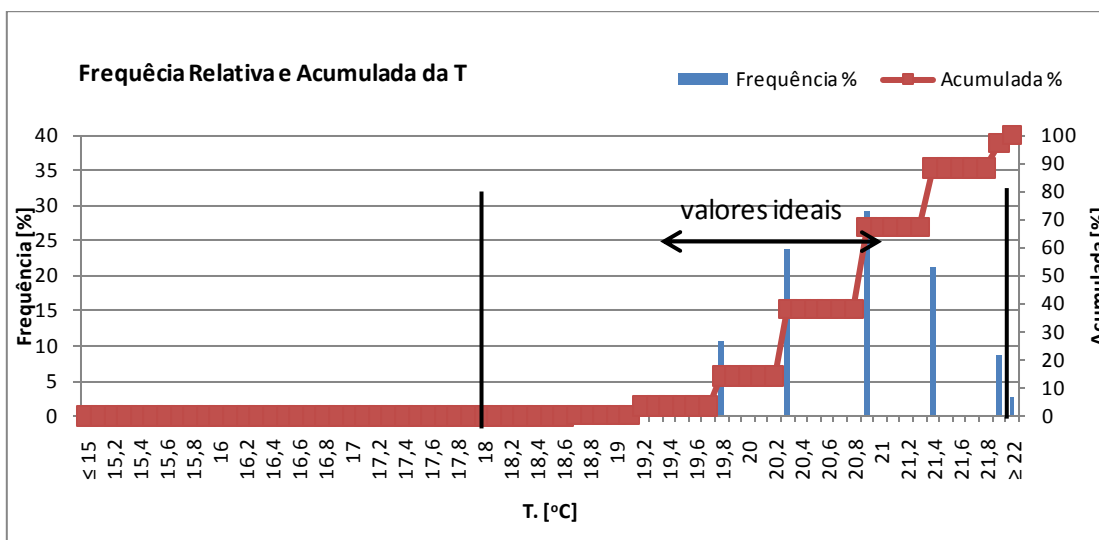


Figura 3.8: Frequência Acumulada e Relativa dos valores da temperatura no interior da casa forte

Como já se referiu a casa forte localiza-se na cave do edifício e não apresenta janelas viradas para o exterior. É o único espaço da Biblioteca Geral que possui um sistema de controlo de temperatura e humidade relativa em constante funcionamento, devendo por isso ter registos de valores de temperatura e humidade relativa estáveis ao longo do tempo, conforme a pré-programação do equipamento (o equipamento instalado está programado para manter a temperatura a $20,5^{\circ}\text{C}$ e humidade relativa a 55%).

Relativamente à humidade relativa este espaço possui valores muito acima do esperado, estando 100% dos valores acima dos 65% o que se justifica pelo aparelho não ter funcionado correctamente ou ter sido pré-programado para valores diferentes dos estabelecidos inicialmente. Contudo, em relação à temperatura, quase 100% dos valores estão dentro da gama pretendida. Para a temperatura o aparelho funciona correctamente.

Quanto à produção de vapor, a variação interior é muito menos acentuada que a variação exterior, notando-se mesmo algum desfasamento.

Com a compilação de toda a informação pode constatar-se que este espaço tem condições térmicas aceitáveis. Porém, verificando os valores da humidade relativa estes são muito elevados, os quais comparados aos valores de referência, se tornam inaceitáveis. Todavia, os valores encontram-se numa gama de valores estáveis ao longo do tempo de análise, pelo que não se pode concluir em absoluto que seja prejudicial aos acervos.

CAPÍTULO 4 - Caracterização das Condições Higrotérmicas na Biblioteca Joanina

4.1. Introdução

O primeiro contacto com a história da Biblioteca Joanina pôde já ser consultada no capítulo anterior, contudo neste capítulo haverá uma abordagem mais específica, sendo este o local principal escolhido para a monitorização das condições higrotérmicas.



Figura 4.1: Biblioteca Joanina da Universidade de Coimbra

A Biblioteca Joanina da UC (figura 4.1) é uma biblioteca do século XVIII, que nos dias de hoje constitui uma extensão da moderna Biblioteca da Universidade, a que foi até à constituição desta, simplesmente a Casa da Livraria, como durante mais de dois séculos ficou conhecida.

Na grande obra de edificação dos gerais universitários (o complexo das novas salas de aulas, construído em finais do século XVII) a existência da biblioteca seria consagrada, logo à entrada do recinto, como certifica a decoração da respectiva porta, a que dava acesso à velha guarda-roupa real onde, desde o século XVI, a Livraria se alojava. Contudo, essas mesmas obras, ao mexerem na estrutura de um edifício de 700 anos, provocaram estragos na

própria sala destinada à biblioteca, a ponto de os livros terem de ser recolhidos ao cartório, no piso superior, onde ficariam durante os anos iniciais do século XVIII. É neste contexto que o reitor, Nuno da Silva Teles se dirige a D. João V, em 1716 e, expondo não ter a Universidade sala capaz para uma boa livraria, como ordenavam os Estatutos, obtém, em 31 de Outubro desse ano, a autorização necessária, que irá pôr em marcha o prodigioso processo de construção daquela que, cem anos mais tarde, o erudito conde Racinski haveria de classificar como "*la bibliothèque la plus richement ornée que j'aie jamais visitée*". Depois de ter percorrido até ao século XVIII espaços provisórios nos gerais universitários, a Livraria era finalmente instalada de forma condigna.

Tendo, nas suas origens, a velha imposição estatutária da existência de uma biblioteca pública na Universidade, a sua construção, em pleno palácio universitário, decorreu entre 1717 e 1728 e nela, assim como na sua magnífica decoração, colaborariam numerosos artistas, interagindo em harmonia, de forma a convertê-la na mais extraordinária biblioteca universitária do mundo, com um singular escrínio ornamental onde se conserva um valiosíssimo acervo bibliográfico.

O investimento estético da biblioteca deve-se ao facto de que sendo uma instituição corporativa de raiz medieval, como a universidade, o êxito da intervenção regida dependia em grande parte da sua própria capacidade de afirmação; isto é, da força que fosse capaz de demonstrar. Numa sociedade barroca, contudo, dependia também da sua eloquência; isto é, da capacidade que tivesse de organizar um discurso, de construir imagens e de com elas seduzir. E será essa missão da livraria: impor à velha escola, apoiado na matriz católica e contra-reformista do sistema sob o selo inquestionável do poder real, uma nova *oratio sapientiae* – grandiosa e arrebatadora mas, sobretudo, demonstrativa da ambicionada harmonia da razão e da religião.

A construção do edifício Joanino "representou um dos passos mais decisivos, senão o mais decisivo na história secular da instituição", devendo, como já referido anteriormente, o seu nome ao monarca D. João V, o Rei magnânimo, como historicamente ficaria conhecido em legítima consagração da sua extensíssima acção mediática, em prol da cultura, da ciência e das artes e que nesta biblioteca, justamente, assentaria um dos ângulos do seu programa cultural.

Marco incontornável do barroco europeu e, em particular, da chamada “arte das bibliotecas”; a Biblioteca Joanina ficaria, pelo tempo fora, conhecida como um ícone inultrapassável da universidade que lhe serve de escritório, fascinando as centenas de milhar de visitantes que anualmente aí se dirigem (“*la bibliothèque la plus fastueuse que j’aie jamais vue*”, haveria de referir-se-lhe Germain Bazin) [2] [4].

Com o passar dos tempos, o novo sistema de ensino superior trouxe uma maior adesão às bibliotecas escolares, gerando deste modo, sobre o antigo instituto Joanino uma pressão crescente. É assim, que a partir de 1913 se começaria a edificar a Biblioteca Geral, onde aos actuais leitores é facultado o espólio precioso albergado na Biblioteca Joanina. Cuidados estes que se devem precisamente ao facto de se tratar de livros antigos (as colecções datam dos séculos XV, XVII e XVIII) que na sua maioria representam o que de melhor havia na Europa daquele tempo.

Como mencionado no capítulo anterior, ultimamente, novos projectos foram promovidos pela BGUC e pelo SIBUC cujo objectivo é precisamente a conservação do património bibliográfico. Relativamente à Biblioteca Joanina, apoiado pelo Programa Operacional, vale a pena referir o programa *Biblioteca Joanina Virtual*, que consiste numa reconstituição tridimensional de todo o espaço da Biblioteca Joanina (uma vez que nem todo ele é visitável pelo público) de modo a permitir uma visita virtual, possibilitando assim, digitalizar algumas obras do fundo antigo, de edição portuguesa, complementarmente ao trabalho efectuado nesta área pela Biblioteca Nacional de Portugal [2].

4.2. Caracterização do Edifício Joanino

A biblioteca estruturou-se como uma edificação de acentuada verticalidade, fundamental para vencer o elevado desnível fazendo assentar, sobre o piso térreo onde se englobavam os restos da antiga cadeia e destinado a armazéns, um andar intermédio concebido como suporte do superior onde se encontram os gabinetes dos professores e abrindo as salas públicas ao nível do pátio.

O edifício tem três andares, havendo no piso nobre (aquele que se visita e o local principal do estudo desta dissertação) cerca de quarenta mil volumes. O interior do piso nobre (figura 4.2) é formado por três salas que comunicam entre si por arcos decorados, com

estrutura idêntica à do portal, destituído das colunas, mas superado, de forma idêntica, de uma cartela heráldica coroada, albergando as insígnias das faculdades universitárias. Cada uma das salas é constituída por estantes de dois andares, em madeiras exóticas, douradas e policromadas apoiadas em parelhas de colunas piramidais invertidas (figura B.7 e B.8, Anexo B) formando uma elegante e sinuosa cinta, que envolve todo o recinto e que oculta o acesso aos gabinetes privados de leitura, alojados sob seis grandes janelas de iluminação das salas principais, com as cortinas sempre corridas protegendo o interior dos raios UV e do calor (figura B.5, Anexo B).

As estantes, decoradas por Manuel da Silva, durante quarenta meses, proporcionam unidade ao interior da biblioteca, quebrando a hipotética monotonia pela diversidade das cores: sucessivamente verde, vermelha e negra. Relativamente aos tectos, da autoria dos pintores lisboetas António Simões Ribeiro e Vicente Nunes, igualmente diversos sob o mesmo aparente esquema geral, bem como com os pavimentos, de pedra branca e cinza e com desenhos diversos nas três salas. A sequência dos arcos comunicantes das três salas induz, uma atenção no pólo oposto ao da entrada, onde, se destaca, o retrato do monarca D. João V, da autoria de Domenico Duprà (figura B.6, Anexo B). E todo um conjunto de orlas e cartelas distinguem um percurso minuciosamente codificado e destinado, desde logo, a exaltar o patrocínio real à obra de edificação da nova e magnificente livraria universitária: do portal exterior onde, em caracteres latinos, se afirma que *Esta é a sede que a Augusta Coimbra deu aos livros, para que a biblioteca lhe coroe a frente*; aos tectos das três salas, figurando, no primeiro, a própria biblioteca, recebendo o seu saber das quatro partes do mundo; no segundo a universidade, cercada dos atributos que a devem rodear no exercício da sua missão: "Honra", "Virtude", "Fortuna" e "Fama", e no terceiro ainda, enquanto síntese do conhecimento universal; ao trajecto definido pela sequência heráldica das insígnias coroadas das faculdades universitárias, que replicam numa e noutra face dos arcos interiores o esquema do portal de acesso, rematando sobre o retrato do monarca e sublinhando, o que sob a sua imagem se proclama: *O retrato régio que contemplas está na tua frente como um espelho: nesse espelho vês tudo o que este palácio contém. E tudo o que de majestoso ostenta realizou-o João Quinto. Viva a eterna a obra juntamente com o príncipe* [2] [4].



Figura 4.2: Interior da Biblioteca Joanina

A construção do edifício foi pensada para ser uma “casa de livros”, tendo a protegê-los paredes exteriores de 2,11 metros de espessura. A porta deste “cofre” é feita em madeira de teca, o que permite ter uma temperatura relativamente constante de 18 a 20°C [19].

Além das diferenças de humidade e temperatura, os livros têm outro inimigo: os insectos que se alimentam de papel. Neste edifício, não há qualquer problema com esses papirógrafos, pois as estantes são feitas de madeira de carvalho, que, para além de ser muito densa, dificultando a penetração dos insectos, emite um odor que os repele. Os livros contam com outro aliado: no interior da biblioteca, habita uma colónia de morcegos que, durante a noite, se alimentam dos insectos. A presença dos mamíferos alados requer um cuidado adicional para prevenir danos causados pelos seus dejectos nas madeiras preciosas das mesas: todos os dias, ao fechar a biblioteca, um funcionário cobre as mesas com umas toalhas de couro e, de manhã, remove-as e limpa o chão. Relativamente à envolvente do edifício, existe uma preocupação e manutenção para com a existência de objectos, ervas que possam potenciar riscos nomeadamente os de incêndio. Contudo, este edifício é dotado de um plano de emergência activo em que cada funcionário tem ao seu encargo uma respectiva função, reagindo ao respectivo sinal, comprovado pelo simulacro de incêndio realizado no dia 14 de Dezembro de 2009, no âmbito do cumprimento do Plano de Segurança do Pátio das Escolas, sendo accionado o plano de emergência interno. O plano foi implementado pelo Grupo de Segurança de Edifícios, Equipamentos e Ambiente da DGEEI tendo sido constituídas equipas de primeira intervenção. O bom resultado ficou a dever-se à colaboração destas e à boa cooperação de todos os colaboradores e visitantes [3].

Sendo este um edifício muito visitado pelos turistas principalmente no Verão, é importante considerar o impacto que isto pode vir a ter em relação ao transporte de partículas do exterior; na libertação de vapor de água (transpiração), bem como o aumento de turbulência que potencia a deposição de partículas.

No espaço estão armazenados predominantemente livros muito antigos, com aspecto envelhecido e até mesmo degradados pelo tempo, livros raros e mesmo únicos feitos de uma variedade de materiais que vão desde pergaminho, papel e pele. Actualmente, com excepção do último piso, não existe mais espaço disponível para novas colecções, transpondo estas directamente, para a BGUC.

Este é um edifício antigo desprovido de equipamentos mecânicos para o controlo no interior das condições ambientais mas em dias de mais calor, recorre-se a abertura das janelas dos gabinetes dos professores embora por curtos períodos de tempo.

O edifício está orientado a Sudeste, sendo a maior incidência solar ao final da manhã e da parte da tarde como se verifica na figura 4.3 [10].

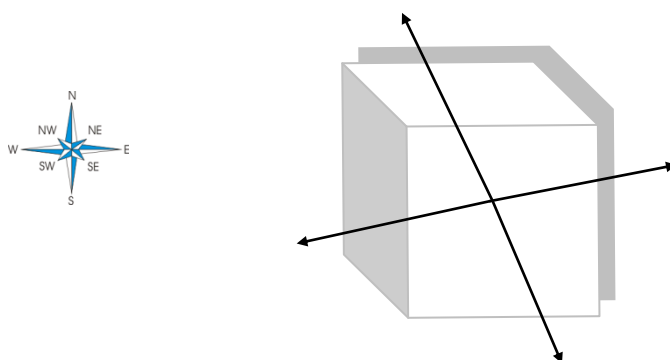


Figura 4.3: Representação esquemática e orientação do edifício Joanino

O distrito de Coimbra está localizado na região da Beira Litoral, encontra-se a uma latitude de 40-12N, longitude de 008-25W e altura de 140m e apresenta aproximadamente a configuração de um rectângulo, numa área de 3974,9 km² e distribuída por dezassete concelhos.

Coimbra, é um distrito de contrastes onde a vizinhança do mar e a zona montanhosa cria grandes diferenças no clima, havendo zonas de clima temperado, muito próximo do clima mediterrâneo e zonas muito frias no interior onde é frequente a precipitação. É

atravessada pelo rio Mondego, o maior rio que nasce em Portugal, que em muito condiciona a vida de todo o distrito, tanto no aspecto económico como social.

O clima de Coimbra é temperado, sendo as temperaturas no Verão entre 25°C e no Inverno entre 3 a 10°C. No Outono e Inverno chove frequentemente [7].

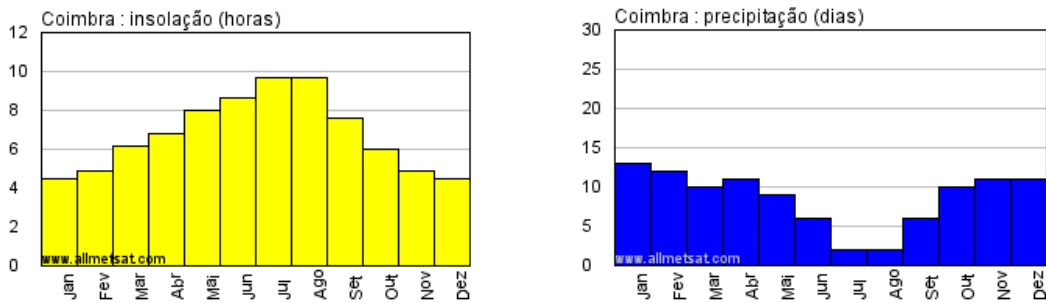


Figura 4.4: Níveis de insolação e de precipitação, para a Coimbra, entre 1971 e 2000 [7]

4.3. Planta do Espaço

Como visto anteriormente, o espaço onde se procedeu à recolha de dados foi no piso nobre. Foram colocados quatro sensores (S1; S2; S3; S4) pelas três salas e um outro (S5) inicialmente num espaço exterior. A representação da planta relativamente ao piso nobre com os respectivos sensores pode ser observada na figura seguinte.

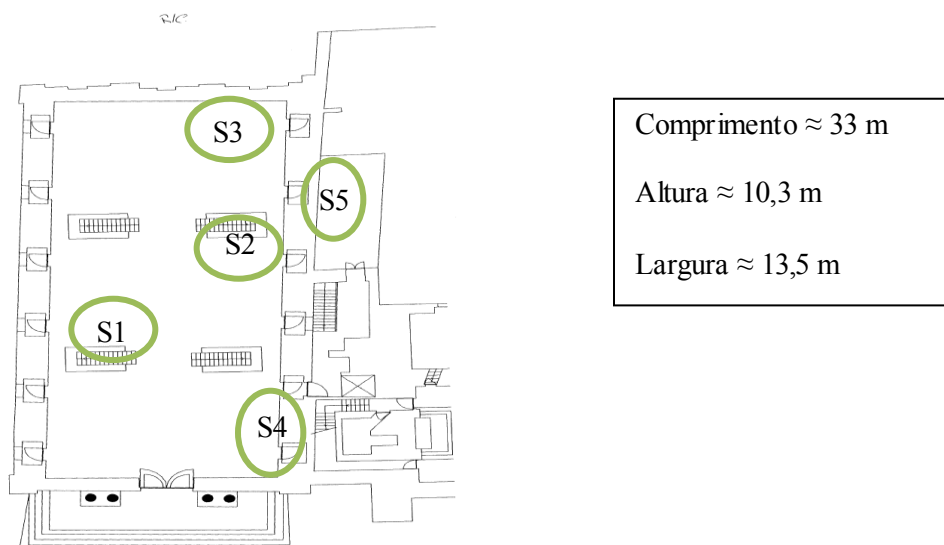


Figura 4.5: Planta da localização dos sensores – piso nobre

4.4. Resultados / Análise dos Resultados

4.4.1. Influência das Condições Climáticas Exteriores

Primeiramente, enumerar-se-ão alguns aspectos a ter em conta na análise e interpretação dos resultados obtidos:

- Não existe sistemas mecânicos de ventilação e climatização;
- Não há sistemas de ventilação natural a funcionar constantemente mas isso não é considerado um problema porque as salas são grandes, têm tectos altos e o número de visitantes é relativamente modesto;
- Apenas a primeira sala do piso nobre tem uma porta em contacto para o exterior, aberta com mais frequência nos meses de maior adesão turística, constituindo as trocas de ar com o exterior mais relevantes;
- O piso é constituído por 6 grandes janelas fechadas e cobertas por cortinas;
- Existe uma janela na sala 1 aberta por curtos períodos de tempo;
- As paredes do edifício têm uma espessura considerável de 2,11 metros;
- O edifício encontra-se na alta de Coimbra, com pouca ou nenhuma vegetação ao redor sendo um microclima seco em dias quentes de Verão;
- O estudo processou-se entre Março e Julho, meses relativamente quentes.

A figura 4.6 descreve o comportamento da temperatura e da humidade relativa no exterior do edifício comparando-o com o clima interior desde o dia 22 de Março de 2010 até ao dia 29 de Julho de 2010, traduzindo-se num total de 3095 horas. De modo semelhante à figura 3.5 do capítulo anterior, é perceptível a relação que existe entre a temperatura e a humidade relativa no exterior, verificando-se facilmente que um aumento da temperatura provoca uma diminuição da humidade relativa e vice-versa.

Observam-se igualmente picos associados não só às variações da temperatura e humidade relativa que se fazem sentir entre a transição dia e noite, mas também devido às variações climáticas que foram ocorrendo ao longo do tempo de estudo.

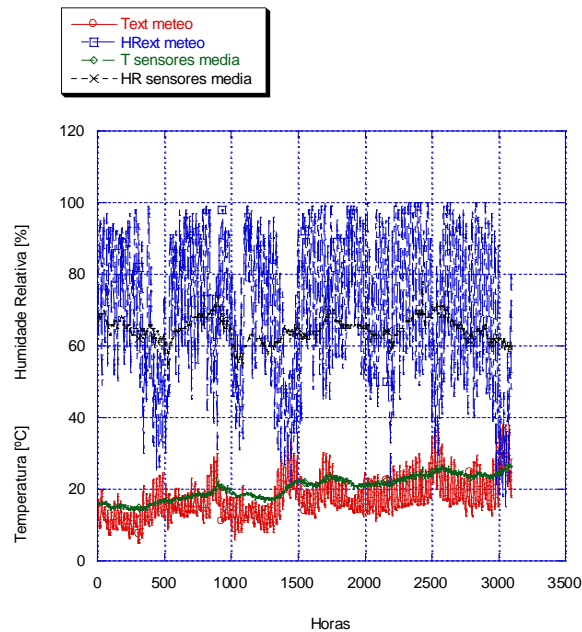


Figura 4.6: Temperatura e humidade relativa verificada no exterior do edifício e no piso nobre

A figura 4.7 mostra a evolução dos dados higrotérmicos relativamente à humidade absoluta.

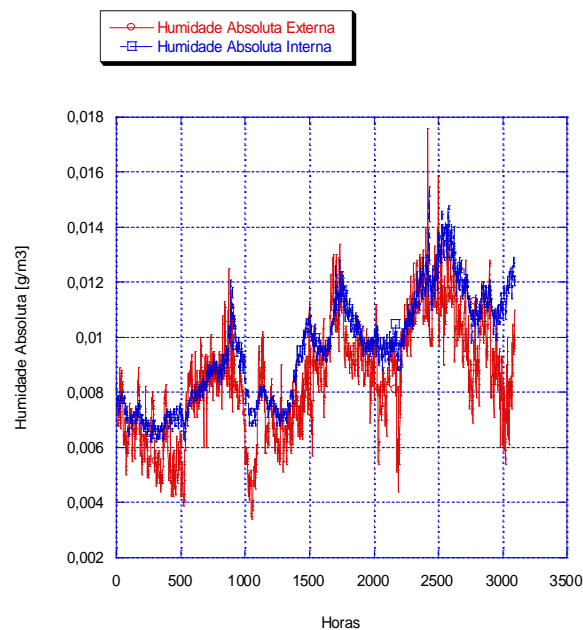


Figura 4.7: Humidade absoluta verificada no exterior do edifício e no piso nobre

Ao analisar as figuras anteriores constata-se que, em geral, os valores médios da temperatura encontram-se dentro da gama pretendida. Em contrapartida os valores da humidade relativa surgem ligeiramente acima do limite suposto, ou seja, entre os 60 e 65%.

É claramente observável que o clima interior do edifício apresenta um comportamento higrotérmico estável. Porém, é evidente que as variações higrotérmicas exteriores influenciam as condições interiores, sendo estas amortecidas pelo próprio edifício.

A figura 4.7, relativa à humidade absoluta confirma o mencionado anteriormente, na medida em que a variação da humidade absoluta interior praticamente acompanha de forma contínua a variação da humidade absoluta do exterior.

4.4.2. Caracterização da sensibilidade interna do edifício às variações de temperatura e humidade exteriores

De modo a caracterizar a *inércia térmica* do edifício, aqui tomada no sentido do tempo de resposta que o edifício apresenta face às variações climáticas exteriores, recorreu-se à função de correlação. Esta função, que se define abaixo (expressão (5)), permite caracterizar o grau de dependência, ou correlação, entre dois sinais. Se uma das grandezas depender da outra e responder sempre a esta ao fim de um certo intervalo de tempo, o chamado coeficiente de correlação apresentará um máximo para esse valor.

Aplicando a este caso de estudo e utilizando a temperatura interna e externa e a humidade absoluta interna e externa como parâmetros correlacionáveis, através da utilização da função de correlação,

$$g(j) = \frac{1}{n_j} \sum_j T_{\text{int}(j)} \times T_{\text{ext}(j+\Delta t)} \quad (5)$$

obtiveram-se os seguintes resultados:

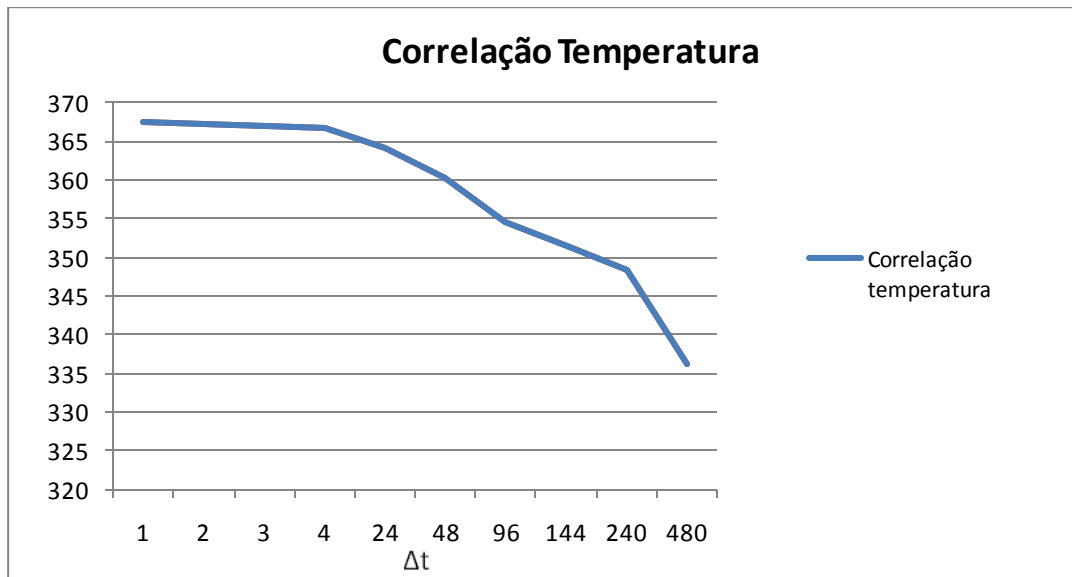


Figura 4.8: Correlação entre temperatura interior/temperatura exterior no piso nobre

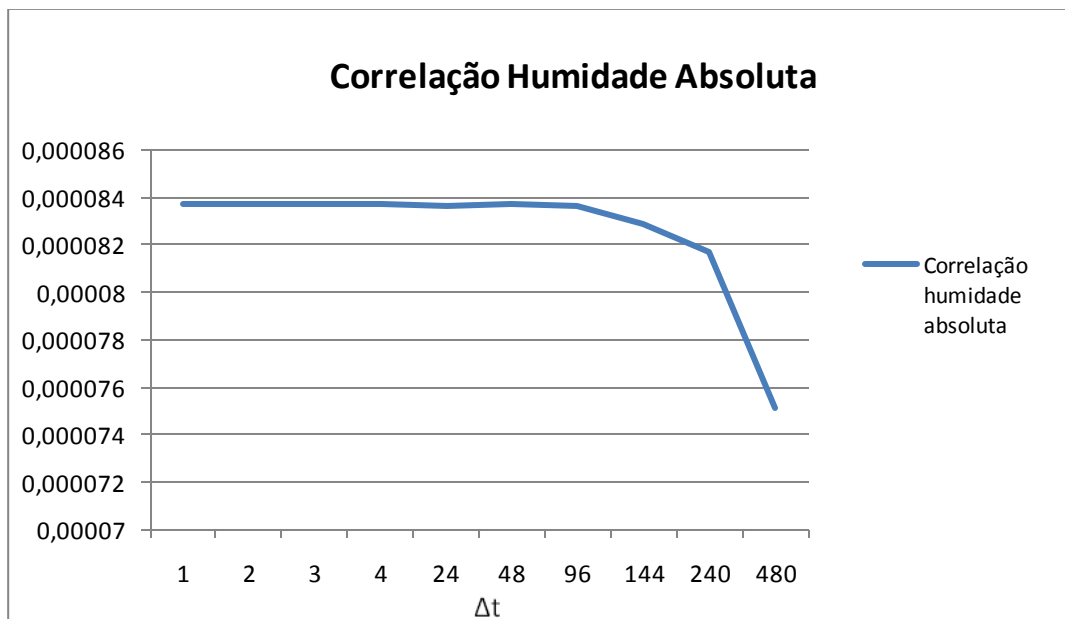


Figura 4.9: Correlação entre a humidade absoluta interior/ humidade absoluta exterior no piso nobre

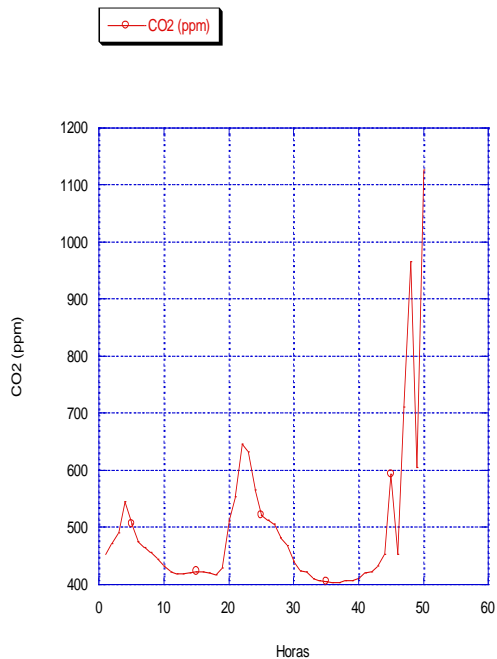
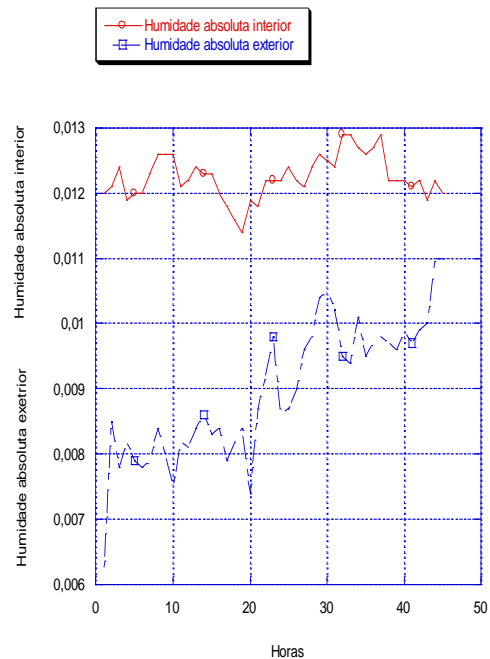
Pela observação das figuras, é possível afirmar que o edifício responde rapidamente às variações do exterior de uma forma consistente, sendo verificados valores máximos para esse coeficiente para intervalos de tempo da ordem de uma hora, para a temperatura, e de cerca de quatro horas para a humidade absoluta, tempo que o interior do edifício demora a responder às solicitações higrotérmicas do exterior.

A grande permeabilidade do edifício será em princípio a responsável por esta estreita relação, sendo as condições interiores amortecidas pelo próprio edifício como mencionado anteriormente. No entanto é claramente observável que o tempo de resposta entre as temperaturas coincide com o tempo que a humidade absoluta interior demora a responder às variações da humidade absoluta exterior estando relacionadas entre si (figura 4.8 e 4.9).

4.4.3. Influência da Permanência das Pessoas (CO₂)

Para estudar a influência da permanência das pessoas no interior do edifício Joanino, realizou-se uma recolha de dados entre os dias 27 de Julho de 2010 e 29 de Julho de 2010. O aparelho de medição de CO₂ foi pré-programado para adquirir valores de 30 em 30 segundos (figura B.4, Anexo B). Escolheu-se este período de tempo, apesar de apenas consistir numa amostra representativa, uma vez que coincide com uma época com grande adesão turística, verificando-se no mês de Julho uma média de 30 pessoas por grupo durante 5 a 10 minutos no interior da biblioteca.

A figura 4.10 representa o comportamento do CO₂ a partir das 14:20 do dia 27 de Julho até ao dia 29 de Julho. Analisando o gráfico, pode verificar-se 3 picos que correspondem aos momentos diurnos, ocorrendo uma diminuição nos momentos nocturnos que se caracterizam a partir do momento de encerramento do horário de funcionamento. O comportamento do terceiro pico deve-se ao facto do aparelho estar a detectar dados exteriores ou anómalos e não são de considerar nesta análise. Comparando com a figura 4.11, da humidade absoluta no mesmo período de aquisição de dados, verifica-se que a permanência das pessoas afecta ligeiramente o comportamento da humidade absoluta interior mas esta essencialmente varia em conformidade com a humidade absoluta exterior.

Figura 4.10: Medição do CO₂Figura 4.11: Humidade absoluta interior/
humidade exterior no piso nobre

A forma da curva de concentração de CO₂, apresentando em cada dia um ponto de concentração máxima e subsequente decaimento ao longo do tempo (os dois picos acima referidos) permite usar a chamada técnica dos gases traçadores. Na aplicação desta técnica várias metodologias podem ser utilizadas para a monitorização do gás e neste estudo optou-se pela chamada metodologia da *concentração decrescente*, a qual permite obter, de uma forma simples, a taxa de renovação do ar, n , no compartimento onde se monitoriza a concentração do gás.

A taxa de renovação de ar, n , é expresso em [h⁻¹], e é dada pela razão entre o caudal volúmico de ar que entra num determinado compartimento (\dot{V}), e o volume efectivo desse compartimento (V), isto é:

$$n = \frac{\dot{V} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]}{V \left[\text{m}^3 \right]} \quad (6)$$

onde:

V - Volume de ar do compartimento, [m³]

$\dot{V}(t)$ - Caudal volúmico de ar através do compartimento, [m³/h]

O caudal volúmico de renovação do ar pode ser determinado através de:

$$\dot{V}(t) = \frac{S(t) - V \cdot \frac{dC(t)}{dt}}{C(t) - C_{ext}} \quad (7)$$

onde:

$C(t)$ - Concentração de gás traçador existente no ar do compartimento, [m³/m³]

t - Tempo, [h]

$S(t)$ - Caudal volúmico de gás traçador injectado no compartimento, [m³/h]

C_{ext} - Concentração de gás traçador existente no ar exterior ao compartimento, [m³/m³]

Admitindo que a concentração máxima que ocorre no interior da Biblioteca Joanina corresponde, ao fim de cada tarde, ao momento em que deixa de haver presença de pessoas no seu interior, a respectiva curva de decaimento (figura 4.12) pode ser usada para a determinação do número de renovações horárias admitindo as seguintes hipóteses:

i) Como gás traçador foi utilizado CO₂; ii) admite-se que há uma boa mistura do gás traçador com o ar ambiente do compartimento em estudo; iii) durante a realização do ensaio não é introduzido gás traçador no compartimento (ausência de pessoas já referido acima). Tendo em conta estas considerações, a equação anterior reduz-se à forma:

$$\dot{V}(t) = \frac{-V \cdot \frac{dC(t)}{dt}}{C(t) - C_{ext}} \quad (8)$$

Embora esta equação possa ser usada para determinar o caudal instantâneo, também pode servir para calcular a sua média durante um período de medida, Δt , de modo a obter-se um valor médio para o caudal:

$$\bar{V} = \frac{-V}{\Delta t} \cdot \ln \left(\frac{C_{final} - C_{ext}}{C_{inicial} - C_{ext}} \right) \quad (9)$$

O valor médio de renovações de ar no compartimento em estudo pode ser determinado por:

$$\bar{n} = \frac{-1}{\Delta t} \cdot \ln \left(\frac{C_{final} - C_{ext}}{C_{inicial} - C_{ext}} \right) \quad (10)$$

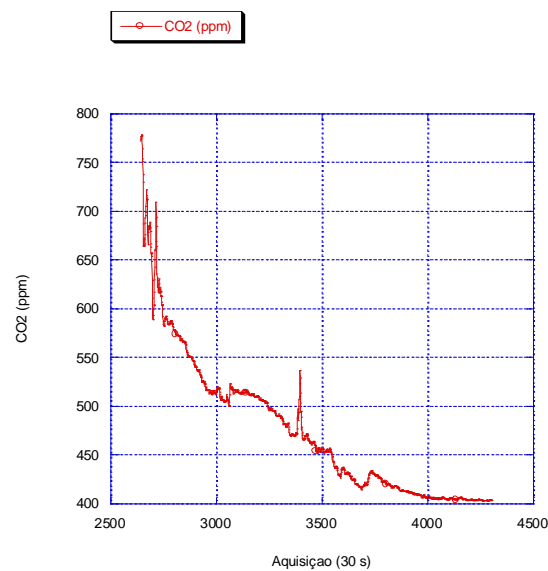


Figura 4.12: Curva de decaimento do CO₂

Do gráfico anterior, o valor médio de renovações de ar no piso nobre pode ser calculado com os seguintes valores:

Tabela 4.1: Valores de CO₂ para obter o valor médio de renovações de ar

	x [C _{Inicial}]	x [C _{Final}]	C _{Inicial} [ppm]	C _{Final} [ppm]	C _{Exterior} [ppm]	Valor médio de renovações de ar, [h ⁻¹]
A	2640	3500	750	450	403	0,28
B	2660	3070	700	500		0,3

Utilizaram-se duas situações diferentes (A e B) com o objectivo de minimizar a hipótese de dúvidas. Sendo assim, a partir da tabela 4.1 e da expressão (10) pode concluir-se que cerca de 30% do ar é renovado por hora, confirmando a elevada permeabilidade e sensibilidade do edifício às condições exteriores. Tendo em conta que o volume do piso nobre é aproximadamente 4589 m³, em termos de caudal pode afirmar-se que equivale a uma renovação de ar por hora de 1376 m³/h.

Outro impacto nas condições interiores do edifício consiste no transporte de partículas externas pelos turistas e na turbulência que potencia a deposição das partículas. Na área limitada aos visitantes existe um tapete e, em geral, os tapetes devem ser evitados (com excepção dos tapetes de vinil), pois armazenam pó que é libertado para o ar à passagem das pessoas. Além disso, os tapetes são materiais orgânicos e frequentemente higroscópicos, que tendem também a equilibrar o teor de humidade com pressão parcial de vapor da atmosfera envolvente. Sobre este factor não se realizou nenhum estudo, no entanto durante às várias visitas ao local, principalmente nos meses de maior adesão turística, sentiu-se um ambiente com mais concentração de pó suspenso que ao depositar-se sobre os acervos constitui numa desvantagem para estes.

4.5. Discussão dos Resultados

De acordo com o estudado até aqui, verifica-se que as condições higrotérmicas exteriores influenciam as condições higrotérmicas interiores.

Para uma análise mais eficaz dos resultados, recorreu-se novamente ao índice sintético PI para avaliar a qualidade do ar interior, acompanhando os parâmetros ambientais a médio/longo prazo. Este procedimento pode ser facilmente aplicado à análise de todos os aspectos ambientais em espaços fechados.

O acompanhamento dos dados deve ser sempre contínuo, sendo essencial para detectar acontecimentos e para colectar dados com informação satisfatória e relevante. O processo de acompanhamento também deve ser seguro e fiável.

O procedimento proposto foi aplicado ao caso de estudo a fim de se calcularem as frequências relativas e acumuladas, dos valores da temperatura e da humidade relativa que

se registaram no piso nobre ao longo do tempo de aquisição de dados, como se verifica nas figuras seguintes.

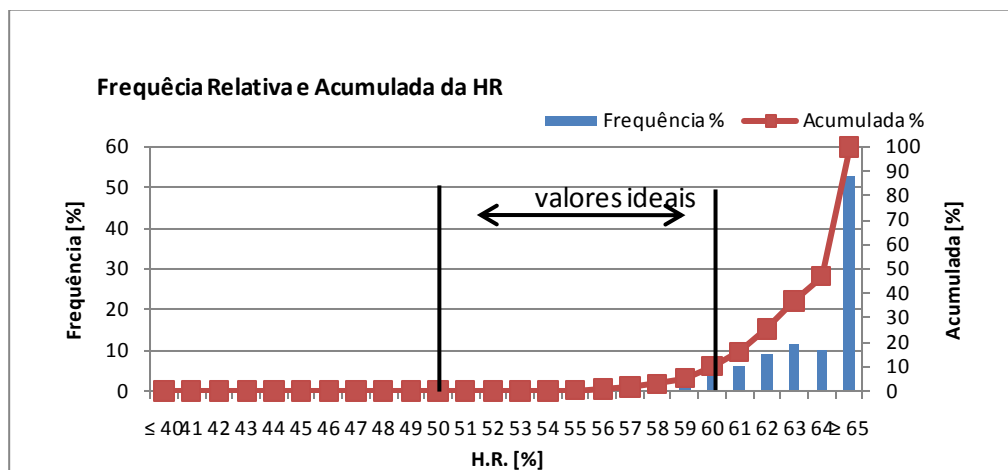


Figura 4.13: Frequência acumulada e relativa dos valores da humidade verificados na Biblioteca Joanina

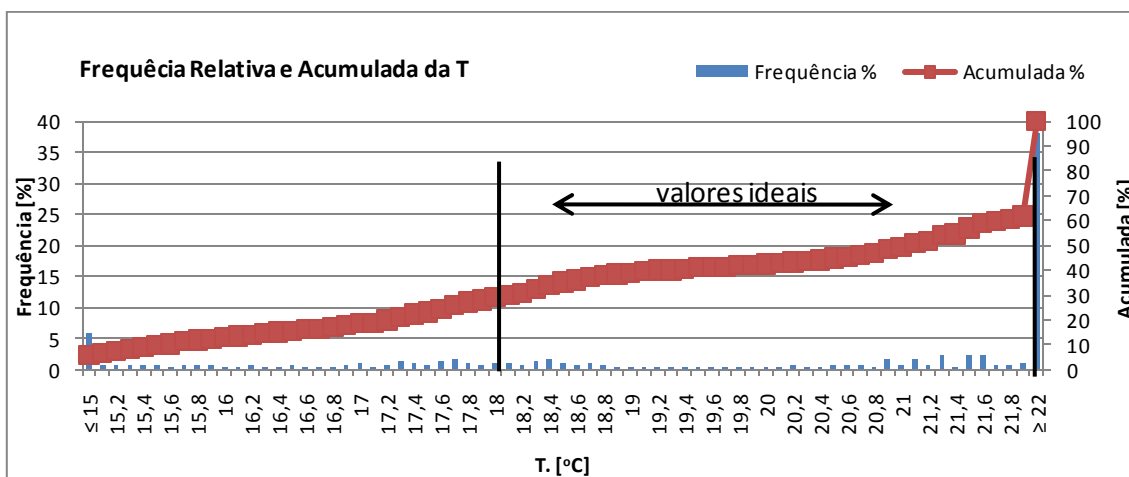


Figura 4.14: Frequência acumulada e relativa dos valores da temperatura verificados na Biblioteca Joanina

Analisando as figuras anteriores, verifica-se que em relação à humidade relativa (figura 4.13), os valores registados são cerca de 90% acima de 60%, ou seja, do limite estabelecido e apenas 10% dentro do intervalo considerado “ideal”. Porém, apesar de serem valores altos verifica-se um comportamento relativamente estável ao longo do tempo. Quanto à temperatura (figura 4.14), obtiveram-se 27,9% valores abaixo do limite inferior, e 19% dos valores encontram-se acima dos 22°C. Isto resulta em 53,1% dos valores

corresponderem à gama pretendida. É ainda de notar que as temperaturas mais vezes registadas correspondem a valores iguais ou inferiores a 15°C (5,78%) e iguais ou superiores a 22°C (38,1%). Sendo um edifício permeável, esses valores são derivados das variações climáticas que caracterizam esses meses e das diferenças entre o dia e a noite.

Comparando os intervalos de variação dos valores da temperatura e humidade relativa no interior do edifício com os valores “ideais” estabelecidos pode afirmar-se que o clima interior da Biblioteca Joanina é aceitável. Verifica-se que o clima interior é afectado pelas condições exteriores apesar do amortecimento pelo próprio edifício que se traduz num espaço higrotérmicamente estável. Este tipo de controlo é possível, uma vez que se trata de um edifício histórico com paredes muito espessas, revestidas em madeira que naturalmente tendem a suavizar os ciclos diários da temperatura e humidade relativa e com uma única porta para o exterior que só é aberta quando solicitada durante o horário de funcionamento.

A propósito da humidade absoluta, esta varia em conformidade com a humidade absoluta exterior, devido à permeabilidade que caracteriza o edifício permitindo uma humidade relativa estável.

Em síntese, é possível afirmar-se que o piso nobre da Biblioteca Joanina apresenta condições higrotérmicas aceitáveis, não se verificando oscilações acentuadas, sendo tal factor vantajoso para a conservação dos acervos lá existentes. O facto de existir uma única porta para o exterior, mas de grandes dimensões, traduz-se numa importante influência do clima exterior no clima interior, permitindo a circulação de ar sem criar impactos significativos.

CAPÍTULO 5 - Equipamentos e Métodos Utilizados

5.1. Equipamentos

5.1.1. Dataloggers

O acompanhamento da campanha foi realizado por meio de micro DL (dataloggers) (figura 5.1). A relação particular entre os valores de temperatura e da humidade relativa de um ambiente foi o principal factor a considerar na escolha do equipamento. Sendo assim, faz todo o sentido que se utilize um único aparelho de medida [13].

Ao escolher-se o equipamento, teve-se em conta entre outros parâmetros: a continuidade do registo e o seu armazenamento, o manuseio do equipamento, a calibração, a precisão dos resultados, a capacidade de memória e a duração da bateria [22].

O DL é um equipamento portátil relativamente pequeno que através da utilização de sensores electrónicos e de um chip no seu interior permite registar a temperatura e a humidade relativa em intervalos de tempo determinados pelo utilizador, que programa o chip usando um computador que contém software compatível ao DL. Os dados são, transferidos do DL para o computador por meio de um cabo.

Relativamente ao estudo das condições higrotérmicas na Biblioteca Joanina, os dados foram recolhidos por 4 períodos (tabela 5.1); na casa-forte, o estudo realizou-se apenas durante o mês de Julho, sendo assim definido como sendo o mês introdutório a projectos de monitorização futura no respectivo espaço.

As suas vantagens mais relevantes consistem na variabilidade do intervalo de tempo de medição, na capacidade de armazenamento dos vários registos e na facilidade com que é possível tratar os resultados. Todavia, apresenta como desvantagem a manutenção e a fragilidade, ou seja, a elevada probabilidade de quebra.

Tabela 5.1: Período de recolha de dados

Período	Data e Hora		Notas
	INÍCIO	FIM	
1º PERÍODO	22/Março/2010 às 11:30	28/Abril/2010 às 10:15	O sensor nº 5 não estava no exterior!
2º PERÍODO	28/Abril/2010 às 10:41	1/Junho/2010 às 10h:10	O sensor nº 5 foi colocado no exterior! registou dados!
3º PERÍODO	1/Junho/2010 às 10:30	1/Julho/2010 às 15:15	O sensor nº 5 foi novamente colocado no exterior! Não registou dados!
4º PERÍODO	1/Julho/2010 às 15:30	29/Julho/2010 às 11:00	O sensor nº 1 foi transferido para a casa forte.

**Figura 5.1:** Datalogger

5.1.1.1. Calibração dos Dataloggers

Com o objectivo de evitar futuras anomalias durante a aquisição de dados relativos à temperatura e humidade relativa, através dos sensores DL e sendo estes susceptíveis de levantar dúvidas acerca da sua rigorosidade, procedeu-se no início deste trabalho à calibração dos cinco sensores que vão ser imprescindíveis durante o estudo para uma correcta e mais rigorosa aquisição de dados. A calibração baseou-se em duas aquisições e os dados foram adquiridos minuto a minuto. A primeira aquisição teve início às 16:49 do dia 8 de Março de 2010 e terminou às 11:05 do dia 15 de Março de 2010. O objectivo desta aquisição foi verificar a veracidade dos valores obtidos, comparando-os com um sensor de referência (*Indoor Air Quality Monitor PS 32*). A segunda aquisição teve início às 10:07 do dia 16 de Março de 2010 e terminou às 12:25 do dia 17 de Março de 2010 e teve como objectivo reforçar a fidelidade da primeira aquisição.

A partir das figuras seguintes, pode verificar-se com clareza a diferença entre a média dos sensores S1; S3; S4; S5 e o sensor S2 (figura 5.2 e 5.3) e comparar o

comportamento da humidade relativa e temperatura, adquirida pelos cinco sensores (já com o S2 corrigido) e o sensor de referência (figura 5.4 e 5.5).

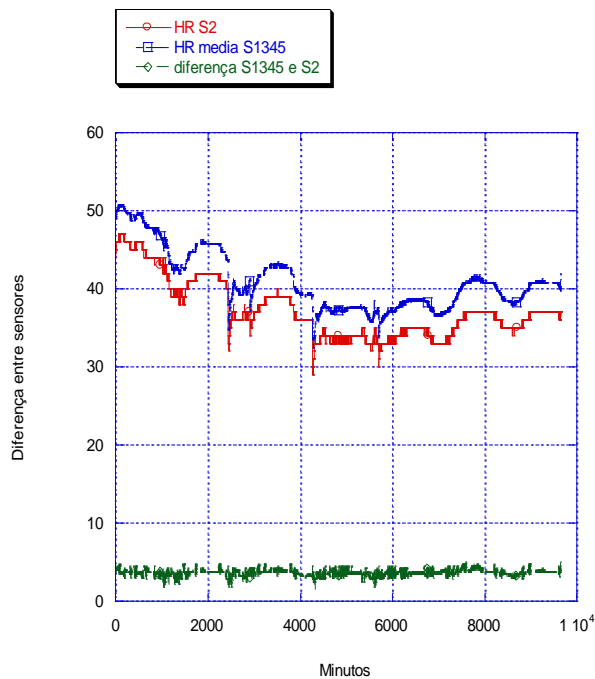


Figura 5.2: Diferença de humidade relativa entre os sensores S1;3;4;5 (média) e o sensor S2

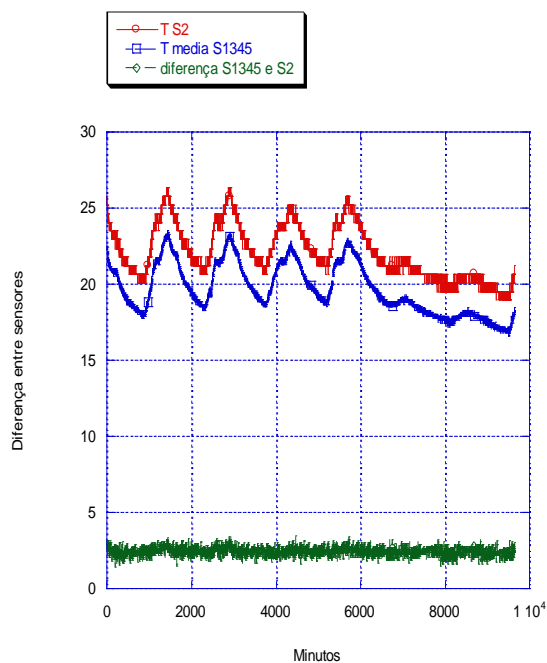


Figura 5.3: Diferença de temperatura entre os sensores S1;3;4;5 (média) e o sensor S2

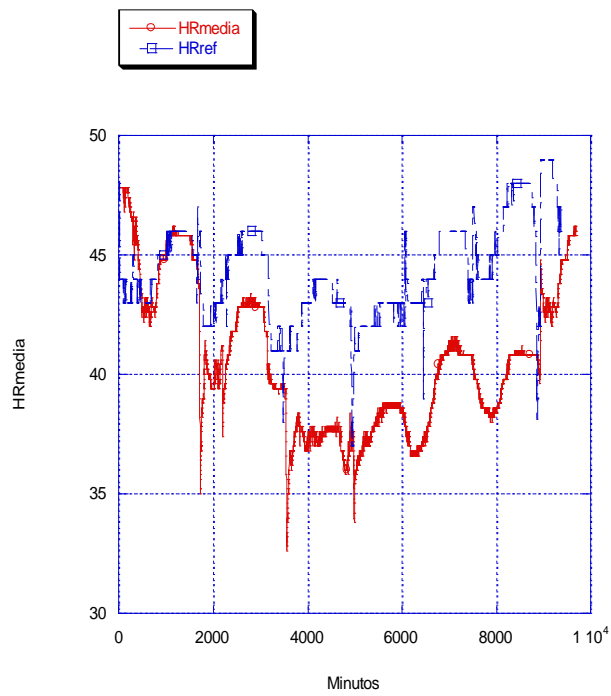


Figura 5.4: Comparação entre a umidade relativa dos 5 sensores (média) com a umidade relativa do sensor de referência

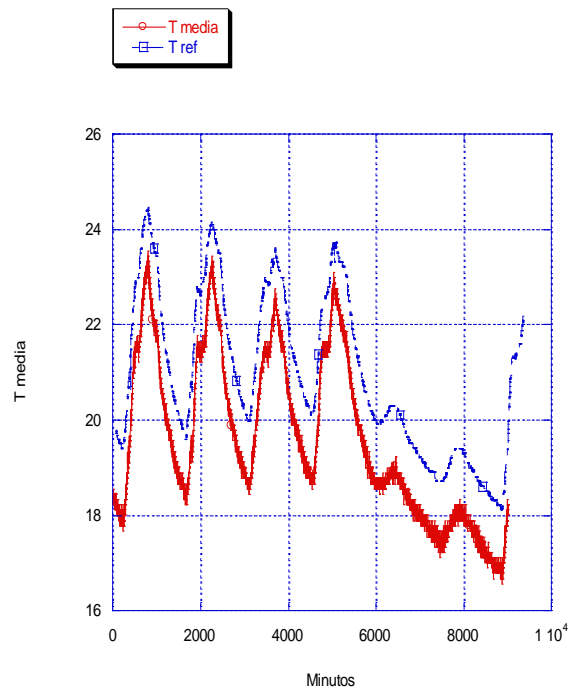


Figura 5.5: Comparação entre a temperatura dos 5 sensores (média) com a temperatura do sensor de referência

Após a análise das primeiras duas figuras, verificou-se que relativamente à temperatura (figura 5.3), o sensor S2 apresenta um desvio que indica aproximadamente 2,5°C acima da temperatura “normal” e portanto os valores referentes a este sensor foram posteriormente corrigidos para valores com menos 2,5°C. Relativamente à humidade relativa (figura 5.2), o mesmo sensor apresenta um desvio de aproximadamente 3,6% e procedeu-se à mesma prática descrita para a correcção da temperatura com a diferença de que enquanto na temperatura subtrai-se, na humidade relativa, o S2 é corrigido para mais 3,6%. Quanto aos restantes aparelhos, estes não apresentaram qualquer desvio anormal que mereça especial atenção.

Nas duas últimas figuras, verificou-se que a diferença entre a média dos cinco sensores e o sensor de referência regista um valor de aproximadamente 1,5°C para a temperatura (figura 5.5) e um valor de aproximadamente 5% para a humidade relativa (figura 5.4); pelo que ao longo de todo o trabalho, desconsiderou-se os dados obtidos pelo aparelho de referência, apostando apenas na credibilidade dos cinco sensores com que se realizaram os ensaios.

5.2. Metodologias

5.2.1. Metodologia para recolha de dados de temperatura e humidade relativa

A metodologia aplicada baseou-se, essencialmente, na recolha de dados internos (espaços interiores) e externos (ambiente exterior do edifício), tratamento e análise dos dados.

Relativamente à recolha dos dados internos, a metodologia consistiu na utilização de equipamento apropriado que torna possível a colecta de dados de temperatura e humidade relativa simultaneamente (sensor higrotérmico - DL).

Inicialmente os equipamentos foram colocados nos diversos espaços, anteriormente descritos, segundo uma discriminação, que identifica cada DL ao respectivo espaço em que se encontra, conforme nos indica a tabela 5.2, a fim de colectar dados higrotérmicos. No final do estudo a recolha de dados derivou apenas de três dos cinco sensores iniciais, como se justifica nas notas da tabela 5.1.

Tabela 5.2: Localização e identificação dos vários sensores

Sensor nº	Localização
1	Piso Nobre, sala 2
2	Piso Nobre, sala 2
3	Piso Nobre, sala 3
4	Piso Nobre, sala 1
5	Depósito 4

Os equipamentos foram programados para efectuar registos horários, num período de tempo compreendido entre o dia 22 de Março de 2010 e o dia 29 de Julho de 2010. A recolha de dados foi efectuada quatro vezes durante esse período, de modo a não sobrecarregar o equipamento, evitando uma possível perda de dados. Os valores horários finais da temperatura e humidade relativa foram calculados como o valor médio dos sensores higrotérmicos.

A partir dos dados colectados, foi possível obter perfis dos parâmetros higrotérmicos e dos valores estocásticos que foram essenciais para avaliar a qualidade ambiental dos vários espaços, através de um programa de gráficos existente, o KaleidaGraph e ainda a partir do Excel, que permitiu converter os dados numéricos em dados gráficos, sendo assim mais perceptível, a visualização do comportamento da temperatura e humidade relativa ao longo do tempo e sua análise.

Muitas vezes a monitorização do ambiente exterior não é efectuada e os dados são recolhidos em estações meteorológicas próximas do local ou então são fornecidos pelo Instituto de Meteorologia. A metodologia aplicada na recolha dos dados externos consistiu na utilização do site do Instituto da Meteorologia, onde foram retirados os respectivos dados [15].

Procedeu-se à análise dos gráficos disponíveis na secção Gráficos de Observação, relativos ao período de recolha de dados referido anteriormente (22 de Março a 29 de Julho), de igual modo, para a temperatura e humidade, de modo a coincidir com os dados interiores.

Neste trabalho, os dados foram recolhidos segundo uma variação horária e sobre uma rede EMA (Estações Meteorológicas Automáticas), mais propriamente, pela estação de captação localizada no Aeródromo de Coimbra, sendo assim um tipo de rede representativo do local onde se localiza a Biblioteca Joanina e a Biblioteca Geral.

CAPÍTULO 6 – Conclusões

O desenvolvimento desta dissertação incidiu sobre a importância das condições higrotérmicas na preservação e conservação dos acervos bibliográficos na Biblioteca Joanina e na casa forte da BGUC. A maior parte das conclusões têm vindo a ser referidas ao longo deste estudo, no entanto, apresenta-se neste capítulo numa perspectiva geral as considerações finais.

Um controlo das condições interiores onde se aloja espólio bibliográfico é uma ferramenta útil na luta contra o tempo, uma vez que um bom ambiente pode retardar a deterioração. A vida dos materiais bibliográficos pode prolongar-se se a temperatura e a humidade relativa forem mantidas numa gama de valores seguros. Em particular, as flutuações de temperatura e humidade relativa devem ser evitadas.

Sendo os espaços analisados constituídos por um acervo bibliográfico de enorme variedade e riqueza, é importante o controlo das condições higrotérmicas interiores com intuito de preservar e conservar os objectos que constituem o seu espólio.

Relativamente ao piso nobre da Biblioteca Joanina, a realização do estudo permite afirmar que os exemplares bibliográficos estão em boas condições porque apesar da ligação directa entre o ambiente exterior e interior, evidente através das correlações obtidas para a temperatura e humidade absoluta, e pelo valor médio de renovações de ar no interior do compartimento em estudo, justificando assim a elevada permeabilidade, o edifício proporciona um ambiente estável ao longo do tempo de estudo. A permanência dos turistas parece não ter impacto significativo nas colecções mas é um aspecto que certamente merecerá atenção no futuro.

O interior da casa forte apresenta condições de preservação preocupantes no que respeita aos valores observados da humidade relativa, registando-se valores elevados quando comparados com os valores de referência (55%). No entanto, como não se verificam flutuações acentuadas, pode assumir-se um comportamento higrotérmico aceitável, porém a curto prazo.

Espera-se que com este trabalho, esteja claro a importância de se controlar as condições higrotérmicas no interior dos edifícios e que sirva para orientar e consciencializar todos aqueles que lidam directa ou indirectamente com este tipo de material.

CAPÍTULO 7 – Sugestões Futuras

Ao terminar este trabalho, pode afirmar-se que no que se refere à preocupação e cuidado no controlo das condições higrotérmicas, o caminho a traçar é longo.

Neste sentido, algumas sugestões serão mencionadas começando primeiramente por referir que, é necessário ter em conta que todas as bibliotecas projectadas deverão possuir um mapa climático. Para o ajuste dos equipamentos conforme os resultados das simulações que deverá ser considerado pelo critério do especialista. Uma base micro climática é importante para assegurar que o prognóstico esteja dentro do esperado sendo o especialista o responsável pela decisão final.

A implementação de um sistema de regras fundamentais, cuja utilização seja obrigatória dentro de todos os organismos públicos, poderá constituir um meio eficaz para a sensibilização da importância de preservar e conservar o espólio bibliográfico e na aquisição de uma consciência de partilha de responsabilidades pela preservação do património cultural, uma vez que, para se manter o acesso às amplas colecções de materiais bibliográficos, tem-se uma tarefa árdua a desenvolver: programas de mobilização para o planeamento da preservação.

Especificamente em relação aos espaços estudados, nomeadamente no interior da casa forte, de modo a minimizar os efeitos negativos provocados pela humidade relativa, deve calibrar-se o aparelho para 55% cumprindo assim com o valor “ideal” estabelecido e posteriormente haver uma manutenção periódica para que este funcione correctamente, assim como melhorar o isolamento térmico. Em relação à Biblioteca Joanina, sendo este um espaço que regista valores aceitáveis, a sugestão passa pelo controlo contínuo das condições higrotérmicas na estação Outono/Inverno, uma vez que o estudado até aqui reverteu-se às estações Primavera/Verão e deste modo, obtém-se um estudo mais completo.

Para além dos parâmetros estudados podem também introduzir-se outras variáveis como por exemplo:

- O efeito da iluminação ou o nível registado de poluentes do interior do espaço;

- Estudar em laboratório o comportamento de materiais com características higroscópicas no que diz respeito à inércia higroscópica sazonal.

Referências Bibliográficas

- [1] Alarcão, C. (2007), “*Prevenir para preservar o património museológico*”, Revista Museal – Revista de Museologia do Museu Municipal de Faro, 2. Consultado em 2 de Julho de 2010, em: <http://mnmachadodecastro.imcip.pt/Data/Documents/Prevenir%20para%20preservar%20o%20patrimonio%20museo1%C3%B3gico.pdf>.
- [2] Amaral, A. E. (2009), “*Tesouros da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra*”, Imprensa da UC. Consultado em 21 de Junho de 2010
- [3] Biblioteca Geral. Página consultada em 25 de Junho de 2010 e disponível em: <http://www.uc.pt/bguc/destaques/SimulacroPatioEscolas>.
- [4] Biblioteca Joanina. Página consultada em 2 de Março de 2010, em: http://bibliotecajoanina.uc.pt/o_edificio.
- [5] Busse, H.J., Camuffo D. e Grieken R.V. (2001), “*Environmental monitoring in four European museums*”, Journal Atmospheric Environment 35 Supplement, 1, S127-S140. Consultado em 26 de Julho de 2010.
- [6] Casanovas, L. (2006), “*Conservação preventiva e preservação das obras de arte. Condições- ambiente e espaços museológicos em Portugal*”. Tese de Doutoramento em História da Arte. Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa. Consultado em 24 de Maio de 2010.
- [7] Clima de Coimbra. Página consultada em 25 de Junho de 2010 e disponível em: <http://portugal.veraki.pt/distritos/distritos.php?iddist=16>.
- [8] D’Ambrosio, F. e d’Agostino V. (2006), “*Microclimate and cultural heritage*”. Euroacademy on Ventilation and Indoor Climate. Course 1 – Indoor Air and Thermal Comfort. Bulgária: Marie Curie Actions, 90-118.
- [9] Ferreira, C. (2008), “*Importância da Inércia Higroscópica em Museus*”. Tese de mestrado em Engenharia Civil na especialidade de Reabilitação do Património Edificado. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.
- [10] Gaspar, A. R., Quintela, D. A. e Figueiredo, A. R. (1994), “*ASPECTOS DO COMPORTAMENTO HIGROTÉRMICO DE UM EDIFÍCIO DE ELEVADA INÉRCIA TÉRMICA*”. CASO DE UMA BIBLIOTECA DO SÉCULO XVIII”. Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra, Coimbra. Consultado em 20 de Maio de 2010.

-
- [11] Gennusa, M. [et al.] (2005), “*Control of indoor environments in heritage buildings: experimental measurements an old Italian museum and proposal of a methodology*”, Journal of Cultural Heritage, Elsevier Science S.A, ISSN 1296-2074, Vol. 6, 2, 147-155. Consultado em 10 de Julho de 2010, em: <http://www.sciencedirect.com>.
- [12] Gianfranco, R., Gianluca, S., Maria, La G. e Giovanni, L. (2008), “*Conflicting needs of the thermal indoor environment of museums: In search of a practical compromise*”, Journal of Cultural Heritage, 9, 125 e 134. Consultado em 2 de Agosto de 2010 em: <http://www.sciencedirect.com>.
- [13] Instruction manual for use of Temperature and RH Logger R3120. Página consultada em 15 de Março de 2010, em: <http://www.cometsystem.cz/english/manuals/ie-log-r3120.pdf>.
- [14] Instituto de Meteorologia, IP, Portugal. Página consultada em 28 de Junho de 2010 e disponível em: http://www.meteo.pt/pt/oclima/normais/index.html?page=normais_cbr.xml.
- [15] Instituto de Meteorologia, IP, Portugal. Página consultada entre 20 de Março de 2010 a 29 de Julho de 2010, para recolha de dados horários de temperatura e humidade relativa na cidade de Coimbra, em: <http://www.meteo.pt/pt/otempo/graficosobservacao>.
- [16] Instituto Português dos Museus (2005), “*O panorama museológico em Portugal: [2000-2003]*”. Lisboa: Observatório das Actividades Culturais. ISBN 972-8488-29-7. Consultado em 23 de Maio de 2010.
- [17] Jarek, K., Juha, V., Minna, K. e Targo, K. (2009), “*The effects of ventilation systems and building fabric on the stability of indoor temperature and humidity in Finnish detached houses*”, Journal of Building and Environment, 44, 1643–1650. Consultado em 23 de Maio de 2010.
- [18] Júnior, J. S. (1997), “*A conservação de acervos Bibliotecários & Documentais*”. Fundação Biblioteca Nacional, Departamento de processos técnicos, Rio de Janeiro, Brasil. Consultado em 23 de Maio de 2010.
- [19] Madeira teca. Página consultada em 25 de Junho de 2010 e disponível em <http://www.tecamadeiras.com.br/v2/hotsite2/index.php>.
- [20] Mársico, M. A. de V. (2007), “*Noções Básicas de preservação de Livros e Documentos*”, Brasil. Consultado em 24 de Maio de 2010
- [21] Mello, P. M. C. de, Santos e M. J. V. da C. (2004), “*Manual de Conservação de Acervos Bibliotecários da UFRJ*”. Série Manual de Procedimentos no 4. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. Consultado em 22 de Junho de 2010
-

-
- [22] Padfield, T., “*Dataloggers for climate measurement in museums and in transport cases*”. Página consultada a 27 de Abril de 2010, em: <http://www.natmus.dk/cons/tp/datalog/datlog1.htm>.
- [23] Pavlogeorgatos, G. (2003), “*Environmental parameters in museums*”, *Journal of Building and Environment*, 38, 1457 – 1462. Consultado em 24 de Maio de 2010.
- [24] Pereira, A. G., Berto, L. e Barros, R., “*Ventilação, Humidade e Temperatura*”. Consultado em 24 de Maio de 2010 e disponível em: <http://campus.fortunecity.com/mcat/102/ventila.htm>.
- [25] Pinto, A. (2009), “*Análise das Condições Higrotérmicas em espaços da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra*”. Tese de mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- [26] Sarmiento, A. G. da S. (2003), “*PRESEVAR PARA NÃO RESTAURAR*” II CIBERética, Simpósio Internacional de Propriedade intelectual, Informação e Ética, VIII Encontro Nacional de Informação e Documentação Jurídica, 22º Painel Biblioteconomia em Santa Catarina. Florianópolis, Brasil. Consultada em 24 de Maio de 2010.
- [27] Sebera, D. K. (2001), “*ISOPERMAS: uma ferramenta para o gerenciamento Ambiental*”, 2ª Edição (18). Projecto Conservação preventiva em Bibliotecas e Arquivos, Rio de Janeiro, Brasil.
- [28] Thomson, G. (1986), “*The museum environment. Second edition*”. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann. ISBN 0-7506-2041-2. Consultado em 24 de Maio de 2010.
- [29] Toledo, F., “*O controle climático em museus quentes e úmidos. Conservação preventiva e o controle climático*”. Consultado em 5 de Julho de 2010, em: http://www.museuvicormeirelles.org.br/agenda/2003/seminario/franciza_toledo.htm.
- [30] Universidade de Coimbra. Página consultada em 15 de Março de 2010, em: <http://www.uc.pt/informacaosobre/universidadecoimbra/>.
- [31] Universidade de Coimbra (prospecto 2003 – 2004). Página consultada em 17 de Março de 2010, e disponível em: <http://www1.ci.uc.pt/prospecto/bibliotecas/geral.html>.
- [32] Yamashital, M. M. e Paletta, F. A. C. (2006), “*Preservação do Património Documental e Bibliotecário com ênfase na Higienização de livros e documentos textuais*”. Universidade de São Paulo, Brasil. Consultado em 24 de Maio de 2010

Bibliografia

Arenstein, R.P. (1995), “*Datalogger applications in monitoring the museum environment, Part I: Comparison of Temperature and Relative Humidity Dataloggers*”. Conserve O Gram. National Park Service. N.º 3/3. Consultado a 15 de Março de 2010 em: <http://www.nps.gov/history/museum/publications/conserveogram/03-03.pdf>.

Camuffo, D. [et al.] (2004), “*The impact of heating, lighting and people in re-using historical buildings: a case study*”, *Journal of Cultural Heritage*, Elsevier Science S.A., Vol. 5, 409–416. Consultado em 2 de Agosto de 2010 em <http://www.sciencedirect.com>.

Conrad, E. [et al.] (2007), “*Passive design, mechanical systems, and doing nothing. A Discussion about Environmental Management*”, *Conservation*, The Getty Conservation Institute Newsletter. Los Angeles: Jeffrey Levin. Vol. 22, 1, 10-16.

Costanzo, S. [et al.] (2006), “*Preservation of the artistic heritage within the seat of the Chancellorship of the University of Palermo. A proposal on a methodology regarding an environmental investigation according to Italian Standards*”, *Building and Environment*, Elsevier Science S.A., ISSN 0360-1323. Vol 41, 12, 1847-1859. Consultado em: <http://www.sciencedirect.com>.

Dardes, K., Druzik, J. (2000), “*Managing the Environment. An Update on Preventive Conservation*”, in *The Getty Conservation Institute Newsletter*, Volume 15, 2, 4-9.

Doyle, B. e Herskovitz, B., “*Getting a handle on the museum environment*”. Tech talk – Museum Environments. Consultado em: <http://www.mnhs.org/about/publications/techtalk/TechTalkMarch1999.pdf>

Fjaestad, M. (2000), “*Classification of museum environments as a tool to improve the air quality*”. Stockholm: National Heritage Board. Third Indoor Air Quality Meeting 2000. Consultado a 25 de Maio de 2010 em: http://iaq.dk/iap/iaq2000/2000_06.htm

Gysels, K. [et al.] (2004), “*Indoor environment and conservation in the Royal Museum of Fine Arts, Antwerp*”, *Journal of Cultural Heritage*, Elsevier Science S.A., Vol. 5, 2, 221-230, Belgium. Consultado em: <http://www.sciencedirect.com>.

Keene, S. (2002), “*Managing Conservation in Museums*”, Second Edition, Butterworth-Heinemann, Great Britain.

Knell, S. (1994), “*Care of collections*”, Routledge, London.

Michalski, S., “*As condições ambiente ideais, a gestão de riscos, um capítulo do Manual da ASHRAE — American Society of Heating and Air Conditioning Engineers, as flutuações comprovadas e por fim um modelo integrado de análise de riscos*”. Tradução de Luís

Casnovas. Consultado a 23 de Julho de 2010 em:
<http://si.artes.ucp.pt/citar/pt/areas/02/results.php>.

Moreira, N., “*Conservação preventiva e orçamentos, equilíbrio entre utopia e realidade*”,
Revista Museu, Edição Brasileira. Consultado em:
http://www.revistamuseu.com.br/artigos/art_.asp?id=1108.

ANEXO A - Condições Higrotérmicas de Referência

Tabela A.1: Especificações de humidade relativa e temperatura para museus, galerias, bibliotecas e arquivos. [9]

Tipo	Valores de Referência ou Média Anual	Flutuações Máximas e Gradientes em Espaços Controlados			Riscos e Benefícios para as Coleções
		Classe de Controlo	Pequenas Flutuações	Ajustes sazonais dos valores de referência	
Museus em geral, Galerias de Arte, Bibliotecas e Arquivos Salas de consulta e leitura, salas para armazenamento de coleções quimicamente estáveis em particular se forem mecanicamente vulneráveis	50% HR (ou a média anual histórica para as coleções permanentes)	AA Controle de precisão, sem correção sazonal	$\pm 5\%$ HR, $\pm 2^\circ\text{C}$	HR sem alteração. T 5°C acima do valor de referência e 10°C abaixo	Nenhum risco de degradação mecânica para a maior parte dos artefactos e da pintura. Alguns metais e minerais poderão degradar-se se um valor da HR de 50% exceder um valor crítico. Objectos quimicamente instáveis estarão inutilizáveis dentro de décadas.
	Temperatura: um valor entre 15 e 25°C Nota: Nas salas destinadas a exposições temporárias deve ser possível o valor solicitado pela entidade que empresta, tipicamente 50% , 21°C mas por vezes 55 ou 60% .	A Controle de precisão, alguns factores ou alterações sazonais mas não os dois	$\pm 5\%$ HR, $\pm 2^\circ\text{C}$	Aumentar ou reduzir a HR 10% , aumentar a Temperatura 5°C ou reduzi-la 10°C	Risco reduzido de degradação mecânica para artefactos muito sensíveis, nenhum risco para a maior parte dos artefactos, pintura, fotografias e livros.
		B Controle de precisão de alguns factores mais um ajuste da temperatura de Inverno	$\pm 10\%$ HR, $\pm 5^\circ\text{C}$	Mais 10% , menos 10% HR; mais 10°C mas não acima de 30°C , diminuir até um valor suficientemente baixo para manter o controlo da HR	Risco moderado de degradação mecânica em objectos muito sensíveis, risco muito pequeno para a maior parte da pintura e da fotografia, alguns livros e artefactos e risco praticamente nulo para muitos artefactos e a maior parte dos livros. Os objectos quimicamente instáveis ficarão inutilizados dentro de décadas, menos se estiverem regularmente a 30°C , mas os períodos frios do Inverno duplicam a sua vida.
		C Evitar os extremos mais perigosos	HR mantida entre 25% e 75% durante todo o ano, temperatura raramente acima dos 30°C , normalmente inferior a 25°C		Risco elevado de degradação mecânica para artefactos muito vulneráveis, risco moderado para a maior parte da pintura e da fotografia e alguns artefactos e alguns livros e um pequeno risco para muitos artefactos e a maior parte dos livros. Os objectos quimicamente instáveis ficarão inutilizados dentro de décadas, menos se estiverem regularmente a 30°C , mas os períodos frios do Inverno duplicam a sua vida.
		D Evitar a humidade	HR mantida de forma segura a um valor inferior a 75%		Risco elevado de deterioração mecânica brusca ou acumulada para a maior parte devido à fractura por humidade relativa demasiado baixa, mas são evitadas as deformações provocadas por humidade elevada especialmente nos embutidos, pintura, papel e fotografias. Os objectos quimicamente instáveis ficarão inutilizados dentro de décadas, menos se estiverem regularmente a 30°C , mas os períodos frios do Inverno duplicam a sua vida.
Arquivos, Livrarias Salas para armazenamento de coleções quimicamente instáveis	Sala fria -20°C 40% HR	$\pm 10\%$ HR, $\pm 2^\circ\text{C}$		Objectos quimicamente instáveis estarão inutilizados num milénio. Flutuações de HR durante um mês não afectam propriamente os registos do armazenamento a esta temperatura (o tempo fora do armazenamento torna o tempo de vida determinante)	
	Sala fria 10°C , 30 a 50% HR	(Mesmo que esta diminuição seja apenas no Inverno, é considerada uma vantagem para as coleções semelhantes desde que não fiquem sujeitas à humidade)		Objectos quimicamente instáveis estarão inutilizados num século ou mais. Materiais como livros e papéis tendem a ter baixa vulnerabilidade mecânica às flutuações.	
Coleções de Metais esp.	Sala seca: 0 a 30% HR	A humidade relativa não pode exceder nenhum valor crítico, tipicamente 30% HR			

Tabela A.2: Valores sugeridos para a conservação das obras de arte para as condições climáticas interiores no estado estacionário (UNI 10829). [12]

Work of art materials	θ_0 (°C)	$\Delta\theta_{\max}$ (°C)	u_0 (%)	Δu_{\max} (%)
<i>Organic materials/objects</i>				
Paper, papier mâché, paper artwork, tissue-paper, wallpaper, stamp collections, manuscripts, papyri, printings, cellulose materials	18–22 15–24	1.5	40–55 50–60	6
Fabric, veils, drapery, carpets, fabric tapestry, arras, silk, costumes, dresses, religious vestments, natural fibre materials, sisal, jute	19–24	1.5	30–50 40–60	6
Wax, anatomical waxes	<18	N.S.	N.S.	N.S.
Herbaria and botanical collections	21–23	1.5	45–55 40–60	2
Entomological collections	19–24	1.5	40–60	6
Animals and anatomical organs preserved in formalin	15–25	–	N.S.	N.S.
Animals, dried anatomical organs, mummies	21–23 19–24	1.5	20–35 40–60	–
Furs, feathers, stuffed animals and birds	4–10 15–21	1.5	30–50 45–60	5
Water-colours, drawings, pastels	19–24	1.5	45–60 50–60	2
Ethnographic collections, masks, leather, leather clothes	19–24	1.5	45–60 50–60	6
Painting on canvas, oil painting on cloth and canvas, tempera, gouaches	19–24	1.5	40–55 35–50	6
Documents, file material	13–18	–	50–60	–
Books of great value, leather-bound books, leather bindings, parchment, miniatures	19–24	1.5	45–55 50–60	6
Lacquer, inlaid, decorated or lacquer furniture	19–24	1.5	50–60	2
Polychromatic wood carvings, painted wood, paintings on wood, icons, wood pendulum-clocks, wood musical instruments	19–24	1.5	50–60 45–65	2
Unpainted wood carvings, wickerwork, wood or bark panels	19–24	1.5	45–60 40–65	2
<i>Inorganic materials/objects</i>				
Porcelain, ceramics, stoneware, terracotta, tiles and demineralised tiles from excavation	N.S.	–	N.S. 20–60	10
Stones, rocks, ore and stable (porous) meteorites	19–24	–	40–60	6
Stone mosaics, stones, rocks, ore, meteorites (non porous), fossils and stone collections	15–25	–	20–60 45–60	10
Metals, smoothed metals, metal alloys, silver, armour, weapons, bronze, coins, copper objects, tin, iron, steel, lead, pewter	N.S.	–	<50 <55	–
Metals with active corrosion sites	N.S.	–	<40	–
Gold	N.S.	–	N.S. <45	–
Gypsum and plaster	21–23	1.5	45–55	2
Unstable, iridescent and sensitive glass, sensitive glass mosaics	20–24	1.5	40–45	–
<i>Various objects</i>				
Murals, frescoes, sinopite (detached)	10–24 6–25	–	55–65 45–60	–
Dry murals (detached)	10–24 6–25	–	50–45 45–60	–
Ivories, horns, malacological collections, eggs, nests, corals	19–24	1.5	40–60 45–65	6
Phonographic records	10–21	–	40–55 40–60	2
Man-made fibres	19–24	–	40–60	–
Film, colour photograph	0–15	–	30–45	–
Film, black and white photograph	–15 to –5 5–15 2–20	–	30–50 40–60 20–30	–
Organic material objects coming from damp excavation areas (before treatment)	19–24	–	Saturated air 50–65	–
Plastics	19–24	–	30–50	–

N.S. = not significant.

Análise da Norma Italiana UNI 10829

A norma UNI 10829 descreve o procedimento de recolha de informações sobre a história climática das obras, sugere uma metodologia de análise ambiental e fornece instruções úteis para decidir se os artefactos estão em boas condições e mantidos fora de risco de deterioração.

Com o objectivo de obter informações sobre a história climática, a norma UNI 10829 fornece um formulário para colectar dados ambientais a que a obra tenha sido submetida anteriormente.

A norma UNI 10829 recomenda a realização de uma campanha de medição para adquirir dados de hora a hora durante um período significativo dando especial atenção no caso de se verificar grandes variações ambientais. É por isso que é importante avaliar não só a média dos valores micro climáticos mas também o quão rápido e como eles variam em torno desses valores médios. Esses valores médios devem ser próximos dos valores da história climática da obra ou de valores de referência. Quanto à radiação da luz, o parâmetro que mede o risco de deteriorização da obra é a energia armazenada: esta é facilmente obtida registando valores de hora a hora de iluminação.

Para executar o levantamento dos dados ambientais, a norma prescreve uma metodologia dividida em duas fases. Durante a primeira fase, os sensores são usados primeiramente para uma abordagem geral acerca do local de estudo. Numa segunda fase, os sensores são fixos e instalados nos locais de interesse de acordo com os dados obtidos na primeira fase.

Para verificar se os valores estão mantidos dentro da gama de referência, a norma recomenda avaliar alguns índices de risco, definida como “indicadores de desvio” obtidos por meio da elaboração de dados usando método estatístico da frequência acumulada. Analisando o diagrama de frequência acumulada de uma quantidade monitorizada referente a 1 mês, é possível calcular o indicador de desvio: este representa o tempo percentual durante o qual a quantidade considerada está fora dos valores aceitáveis.

Os valores de referência usados para calcular o desvio têm de ser naturalmente decididas em conjunto com pessoas encarregadas da preservação de artefactos.

A norma UNI 10829 é essencialmente uma metodologia para analisar e avaliar as condições ambientais e dá valores “óptimos” de referência úteis para o planeamento de equipamentos de ar condicionado.

Os valores da tabela A.2 referem-se principalmente às condições de preservação relacionadas com a temperatura e a humidade relativa e eles também podem ser considerados para prevenir danos microbiológicos às obras de arte. Referem-se a 33

categorias de materiais e objectos guardados em ambientes com microclima estável. Essas categorias são divididas em 3 grupos: material orgânico/ material inorgânico/ material misto.

ANEXO B - Imagens dos Diferentes Espaços

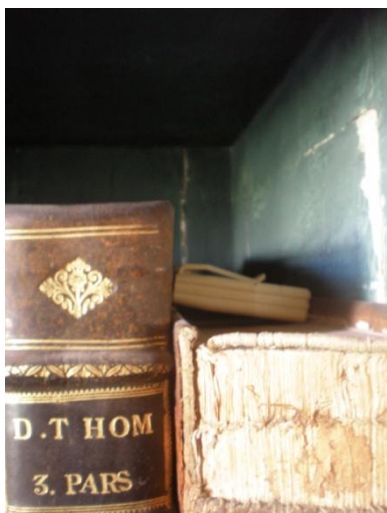


Figura B.1: Localização do DL nº 2



Figura B.2: Localização do DL nº4



Figura B.3: Localização do DL nº3



Figura B.4: Localização do aparelho medidor do CO₂

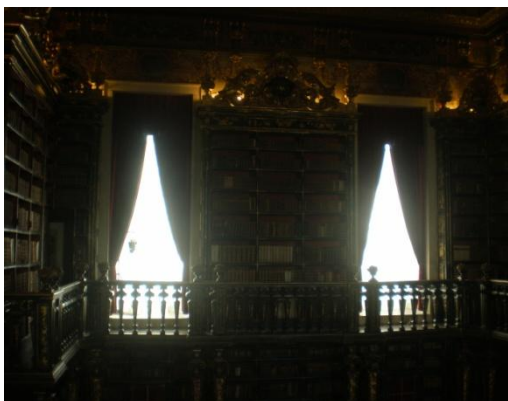


Figura B.5: Interior da Biblioteca Joanina



Figura B.6: Retrato de D. João V

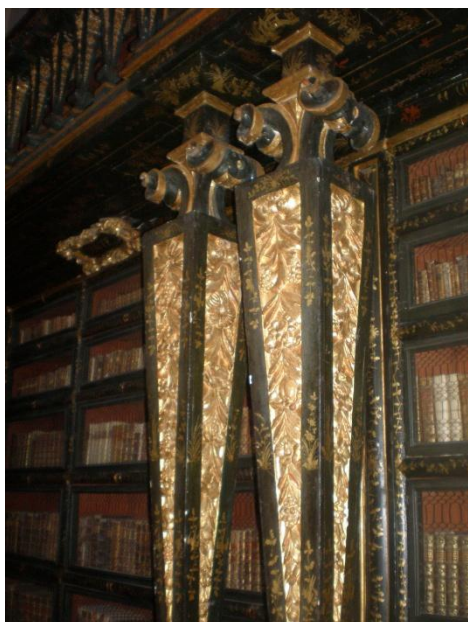


Figura B.7: Colunas invertidas



Figura B.8: Interior da Biblioteca Joanina



Figura B.9: Livros afectados com aspecto degradado

ANEXO C - Cálculo da Humidade Absoluta

Para o cálculo da humidade absoluta que se verifica nos vários espaços do edifício utilizou-se a seguinte equação:

$$W = 0,622 \times \frac{\phi \times p_{vs}}{P_{atm}} \quad (11)$$

W – Humidade absoluta (kg água/kg ar seco);

ϕ – Humidade Relativa;

p_{vs} – Pressão de Saturação (bar);

T – Temperatura (°C);

P_{atm} – Pressão atmosférica (bar).

Para calcular a Pressão de Saturação recorreu-se à fórmula seguinte:

$$p_{vs}(T) = 0,0069133 \times e^{0,059018 \times T} \quad (12)$$

ANEXO D – Equipamentos de Medida

No capítulo em que foi introduzido os equipamentos de monitorização, alguns exemplos tais como o psicrómetro, termohigrómetro, termohigrógrafo e os dataloggers foram mencionados. Para que não haja repetição de informação, neste anexo, apenas será acrescentado mais detalhe ao psicrómetro, termohigrógrafo e termohigrómetro.

D.1 Psicrómetro

Os psicrómetros são instrumentos que medem pontualmente a temperatura e a humidade relativa de uma forma indirecta. São constituídos por dois termómetros idênticos, um de bolbo húmido e outro de bolbo seco, que servem para avaliar a quantidade de vapor de água contida no ar (humidade absoluta do ar).

O termómetro de bolbo húmido tem o bolbo coberto por uma malha porosa (geralmente de algodão ou gaze), que se encontra mergulhado num recipiente com água destilada. Esta malha permanece húmida devido ao efeito de capilaridade. A evaporação da água contida na malha envolvente retira calor ao bolbo, como consequência, o termómetro de bolbo húmido regista uma temperatura mais baixa do que a do outro termómetro, que indica a temperatura ambiente. Essa evaporação, e consequentemente a diminuição da temperatura do bolbo húmido, é tanto maior quanto mais seco está o ar atmosférico e é nula quando a atmosfera está saturada de vapor de água.

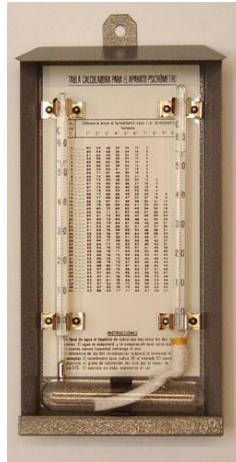


Figura D.1: Exemplo de um psicrómetro [27]

Calcula-se a diferença entre a temperatura do bolbo húmido e a do bolbo seco e determina-se a humidade relativa com base numa tabela higrométrica. Embora a medição pareça muito exacta, o erro humano durante a leitura e no cálculo pode facilmente causar resultados enganadores.

D.2 Termohigrógrafo

Os termohigrógrafos são instrumentos que medem e registam continuamente os valores de temperatura e humidade relativa de um determinado ambiente. São constituídos por um sensor bi-metálico que tem como função medir a temperatura e um sensor de cabelo humano que mede a humidade relativa. Os dois sensores expandem ou contraem conforme as variações de humidade e de temperatura a que estão sujeitos.

A temperatura e a humidade relativa são registadas simultaneamente através da utilização de duas esferográficas que marcam numa folha de papel gráfico envolvida num tambor de rotação.



Figura D.2: Exemplo de um termohigrógrafo

O termohigrógrafo é um instrumento muito sensível que requer uma calibração frequente. Para que a sua utilização seja o mais eficaz possível, aconselha-se que estes instrumentos sejam colocados num determinado local, de forma a evitar sucessivas deslocações e conseqüentemente a sua descalibração.

D.3 – Termohigrómetro

O essencial acerca deste aparelho de medição foi referido no subcapítulo 2.4 e portanto mostrar-se-á de seguida apenas uma imagem deste tipo de equipamento.



Figura D.3: Exemplo de um termohigrómetro