



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# **Análise das Condições Higrotérmicas em Espaços da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra**

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

**Autor**

**Nélida Cristina Delgado Rocha**

**Orientador**

**Professor Doutor António Rui de Almeida Figueiredo**

**Júri**

**Presidente Professor Doutor José Joaquim da Costa**

**Vogais Professor Doutor António Rui de Almeida Figueiredo**

**Vogais**

**Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar**

**Coimbra, Setembro, 2011**

## Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta reúne à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais desejo exprimir os meus mais sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, ao meu orientador professor Doutor António Rui de Almeida Figueiredo agradeço profundamente, por todo o apoio, partilha de conhecimentos já consolidados pela experiência, disponibilidade, motivação e conselhos durante a orientação da dissertação, pois sem ele a elaboração deste trabalho não seria possível;

Ao Doutor Jorge Pais de Sousa agradeço, por sempre se mostrar interessado e disponível nas várias visitas aos espaços em estudo e por toda a informação cedida;

Ao Doutor João Gonçalves, docente do IPV, um muito obrigado pelo apoio dado na realização dos testes com gás traçador.

Ao Engenheiro Vitor Silva agradeço imenso pela ajuda dada na obtenção dos dados meteorológicos.

Aos meus Pais, irmãos, e todos os familiares, pelo apoio e estímulo incondicional em todos os momentos e por acreditarem em mim expresso os meus sinceros agradecimentos.

Um obrigado muito especial ao meu querido Juarez Júnior por toda a tolerância, incentivo e dedicação, sempre me apoiando em todos os momentos;

A todos os meus amigos, especialmente os de infância e adolescência que apesar de ausentes, a amizade esteve sempre presente, motivando-me nos momentos mais difíceis;

Um muito obrigado à Edna Cardoso, Alexandra Pinto, Inês Catarino, Marisa Correia Simões e Cristina Figueiredo pela ajuda e incentivo.

A todas as pessoas não mencionadas anteriormente, que de alguma forma contribuíram para a minha evolução pessoal e académica, particularmente na elaboração desta dissertação.

## Resumo

O controlo das condições higrotérmicas em bibliotecas é indispensável para a preservação e conservação dos seus acervos. É neste contexto que se enquadra a presente dissertação, realizada no decorrer de um protocolo criado entre a ADAI (Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial) e a BGUC (Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra). O principal objectivo é analisar e avaliar as condições higrotérmicas (valores da humidade relativa e temperatura) verificadas em três espaços da BGUC, nomeadamente, o depósito de periódicos, o depósito de livros e o depósito de manuscritos musicais. Inicialmente fez-se a inspecção visual dos espaços, onde foi possível recolher toda a informação necessária para a descrição destes.

Para a avaliação do desempenho que o edifício apresenta para a preservação dos seus acervos, recorreu-se a recolha de dados de humidade relativa e temperatura ao longo de um determinado período de tempo utilizando sensores higrotérmicos. Posteriormente procedeu-se ao tratamento dos mesmos, através da utilização de fórmulas matemáticas e programas informáticos (KaleidaGraph e Excel).

Determinou-se também a taxa de renovação de ar no depósito de manuscritos musicais, um espaço que alberga antigos e valiosíssimos documentos.

Com a compilação de todas as informações foi possível fazer uma avaliação global das condições dos espaços, onde se concluiu que o depósito de periódicos apresenta um comportamento higrotérmico aceitável, mas a curto prazo. Quanto ao depósito de livros e de manuscritos musicais, estes não apresentam boas condições de preservação.

Ao longo do estudo foram detectadas algumas anomalias no que respeita a manutenção do edifício e ao controlo dos níveis dos parâmetros higrotérmicos. Neste sentido, apresentou-se algumas sugestões de melhoramento que se podem aplicar a fim de proporcionar melhores condições de preservação e conservação a curto prazo.

**Palavras-chave:** Condições higrotérmicas, humidade relativa, temperatura, conservação, preservação.

## Abstract

Hygrothermic conditions control in libraries is essential for the preservation and conservation of their archives.

The present dissertation is based on this pretext, made according to the protocol created between ADAI (Association for the Development of Industrial Aerodynamics) and BGUC (General Library of the University of Coimbra). The main goal is to analyze and evaluate the hygrothermal conditions (values of relative humidity and temperature) that were recorded in three spaces of BGUC, the periodic deposit, the book deposit and the musical manuscripts deposit. It was made initially a visual inspection of the spaces, where was possible to recover the necessary information for their description.

For the performance evaluation presented by the building for the preservation of their archives, it was collected data of the relative humidity and temperature over a given period of time using hygrothermal sensors. Afterwards the data was treated using mathematical formulas and computer programs (KaleidaGraph e Excel).

It was also determined the rate of air exchange in the storage of musical manuscripts, a space that houses old and valuable documents.

With the compilation of all information it was possible to make an overall assessment of the conditions of the spaces, concluding that the periodic deposit presents a short term, acceptable hygrothermal behavior. As for the book and musical manuscripts deposits, they don't present good conditions of preservation.

Throughout the study some anomalies were detected with regard to building maintenance and monitoring of the hygrothermal parameters levels. Thus, where presented some suggestions for improvement that can be applied in order to provide better conditions of preservation and conservation in the short term.

**Key-words:** Hygrothermal conditions, relative humidity, temperature, conservation, preservation.

## Índice

Índice de Figuras .....	vi
Índice de Tabelas .....	viii
Lista de Abreviaturas .....	ix
Capítulo 1 - Introdução .....	1
1.1. Considerações Gerais .....	1
1.2. Objectivos da Dissertação .....	2
1.3. Estrutura da Dissertação .....	3
Capítulo 2 - Estado da Arte .....	4
2.1. Introdução .....	4
2.3. Principais Factores de Degradação do Material Bibliográfico .....	7
2.3.1. Humidade Relativa .....	8
2.3.2. Temperatura .....	10
2.3.3. Iluminação .....	12
2.3.4. Poluição Atmosférica .....	13
2.3.5. Agentes Biodeterioradores .....	14
2.3.6. Acção do Homem .....	14
2.4. Definição de Valores Higrotérmicos "Ideais" .....	15
2.5. Técnicas de Monitorização da Temperatura e Humidade .....	18
Capítulo 3 - Enquadramento da BGUC .....	19
3.1. Introdução .....	19
3.2. Descrição Sucinta dos Espaços Monitorizados .....	21
3.2.1. Depósito de Periódicos .....	22
3.2.2. Depósito de Livros .....	23
3.2.3. Depósito de Manuscritos Musicais .....	24
Capítulo 4 – Equipamentos e Metodologia .....	25
4.1. Equipamentos .....	25
4.1.1. Dataloggers .....	25
4.2. Metodologia .....	26
4.2.1. Metodologia para a Recolha de Dados da Temperatura e Humidade Relativa .....	26
4.2.2. Metodologia para a Determinação da Taxa de Renovação de Ar .....	27
Capítulo 5 – Medições Realizadas .....	28
5.1. Resultados/Análise dos Resultados .....	28
5.1.1. Influência das Condições Climáticas Exteriores .....	29
5.1.2. Caracterização da Resposta do Edifício às Variações de Temperatura e Humidade Exteriores .....	35
5.1.3. Determinação da Taxa de Renovação de Ar .....	37
5.2. Discussão dos Resultados .....	40
5.3. Detecção de Anomalias e Propostas de Correção .....	46
Capítulo 6 – Conclusões .....	47
6.1. Considerações Finais .....	47
6.2. Sugestões Futuras .....	48
Referências Bibliográficas .....	49

Anexo A – Gráficos de Correlação referentes aos Restantes Espaços .....	53
Anexo B – Condições Ambientais de Referência .....	55
Anexo C – Imagens dos Diferentes Espaços e do Medidor da Concentração de CO <sub>2</sub> .....	57
Anexo D - Cálculo da Humidade Absoluta .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Gráfico higrométrico.....	9
Figura 3.1: Planta do 1º pavimento (cave). .....	21
Figura 3.2: Planta do 3º pavimento. ....	22
Figura 3.3: Desumidificador no depósito de periódicos.....	23
Figura 3.4: Estantes no depósito de periódicos. ....	23
Figura 3.5: Estantes no depósito de livros.....	23
Figura 3.6: Desumidificador no depósito de manuscritos musicais. ....	24
Figura 3.7: Estantes no depósito de manuscritos musicais.....	24
Figura 4.1: Datalogger.....	26
Figura 5.1: Temperatura e humidade relativa verificada no exterior do edifício da BGUC. .....	29
Figura 5.2: Temperatura e humidade relativa verificada no exterior e no depósito de periódicos. ....	30
Figura 5.3: Humidade absoluta verificada no exterior do edifício e no depósito de periódicos. ....	31
Figura 5.4: Temperatura e humidade relativa verificada no exterior e no depósito de livros. .....	32
Figura 5.5: Humidade absoluta verificada no exterior e no depósito de livros. ....	32
Figura 5.6: Temperatura e humidade relativa verificada no exterior e no depósito de manuscritos musicais.....	33
Figura 5.7: Humidade absoluta verificada no exterior e no depósito de manuscritos musicais. ....	34
Figura 5.8: Correlação entre temperatura interior/temperatura exterior no depósito de periódicos. ....	36
Figura 5.9: Correlação entre humidade absoluta interior/ humidade absoluta exterior no depósito de periódicos. ....	36
Figura 5.10: Diferentes tipos de frinchas no edifício. ....	37
Figura 5.11: Evolução temporal da concentração de CO <sub>2</sub> .....	39
Figura 5.12: Decaimento da concentração de CO <sub>2</sub> .....	39
Figura 5.13: Frequência relativa e acumulada dos valores da humidade verificados no depósito de periódicos. ....	41
Figura 5.14: Frequência relativa e acumulada dos valores da temperatura verificados no depósito de periódicos. ....	41
Figura 5.15: Frequência relativa e acumulada dos valores da humidade verificados no depósito de livros.....	42
Figura 5.16: Frequência relativa e acumulada dos valores da temperatura verificados no depósito de livros.....	43
Figura 5.17: Frequência relativa e acumulada dos valores da humidade verificados no depósito de manuscritos musicais. ....	44
Figura 5.18: Frequência relativa e acumulada dos valores da temperatura verificados no depósito de manuscritos musicais. ....	44

---

Figura A.1: Correlação entre temperatura interior/temperatura exterior no depósito de livros.....	53
Figura A.2: Correlação entre humidade absoluta interior/humidade absoluta exterior no depósito de livros.....	53
Figura A.3: Correlação entre temperatura interior/temperatura exterior no depósito de manuscritos musicais.....	54
Figura A.4: Correlação entre humidade absoluta interior/humidade absoluta exterior no depósito de manuscritos musicais. ....	54
Figura C.1: Localização do DL nº3.....	57
Figura C.2: Localização do DL nº4.....	57
Figura C.3: Localização do DL nº5.....	57
Figura C.4: Livros com aspecto degradado.....	57
Figura C.5: Janela com o vidro partido no depósito de periódicos.....	58
Figura C.6: Medidor da concentração de CO <sub>2</sub> Sensotron PS32.....	58



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1: Período de recolha de dados. ....	25
Tabela 4.2: Localização e identificação dos sensores. ....	26
Tabela 5.1: Mínimos, máximos e médias dos resultados obtidos. ....	35
Tabela B.1: Valores higrotérmicos recomendados para as condições “ideais” de conservação química e física de objectos.....	55
Tabela B.2: Valores sugeridos para a conservação das obras de arte para as condições climáticas interiores no estado estacionário (UNI 10829).....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS

ADAI - Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial

BGUC - Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

DEM - Departamento de Engenharia Mecânica

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

DL - Dataloggers

EMA – Estações Meteorológicas Automáticas

IV – Infravermelha

NO<sub>x</sub> - Óxido de azoto

O<sub>3</sub> - Ozono

PI - Performance Index

QAI - Qualidade do Ar Interior

SIBUC - Serviço Integrado de Bibliotecas da Universidade de Coimbra

SO<sub>2</sub> - Dióxido de Enxofre

UC - Universidade de Coimbra

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e  
Cultura

UV - Ultra-violeta

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

### **1.1. Considerações Gerais**

Através da existência das bibliotecas, hoje é possível conhecer um pouco da história e da cultura das antigas civilizações.

A biblioteca é uma instituição permanente, sem fins lucrativos, ao serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, aberto ao público, 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 [21]. Manter e preservar os seus suportes de informações não são tarefas fáceis. Para que o desempenho dessas funções seja realizado dentro das condições satisfatórias, é necessário a elaboração de uma política de preservação a longo prazo, cujo objectivo seja prevenir, estabilizar ou retardar a deterioração dos bens culturais.

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].

Numa biblioteca o ponto de partida para a preservação/conservação dos documentos está em monitorizar as condições higrotérmicas, quer no interior do edifício, quer no seu exterior. Estudos destinados a monitorização da humidade relativa e temperatura tornam-se indispensáveis no controlo das elevadas flutuações climáticas a que muitos objectos estão expostos. Estas podem provocar nos documentos deteriorações, que vão desde alterações no tamanho e forma, reacções químicas, até biodeterioração.

Segundo Toledo (2003) [36], o edifício pode contribuir para acelerar o processo de degradação das obras, ou pode ajudar a suavizar ou reter o processo de envelhecimento das mesmas.

Torna-se deste modo essencial a análise da inércia higroscópica do edifício. O conceito desta surge associado ao de materiais higroscópicos e define-se como sendo a capacidade que uma sala ou um edifício possui de armazenar humidade relativa em excesso no ar e restituí-la ao ambiente quando a humidade no ar é baixa.

Em Portugal, o estudo deste parâmetro só começou a ser desenvolvido ultimamente, todavia, em certos países é muito abordado, mas, encontra-se mais direccionado aos museus.

## **1.2. Objectivos da Dissertação**

O trabalho desenvolvido nesta dissertação tem como principal objectivo a aquisição de conhecimentos teóricos e práticos para analisar as condições higrotérmicas que actualmente se verificam em alguns espaços da BGUC. Essas condições revelam uma enorme importância para a conservação dos acervos.

A análise foi realizada no depósito de periódicos, no depósito de livros e no depósito de manuscritos musicais, os quais contêm muitos e diversos documentos. Com o decorrer do trabalho foram-se definindo alguns objectivos, que se apresentam de seguida:

- Descrever os principais factores ambientais que influenciam as condições higrotérmicas no interior das bibliotecas;
- Avaliar a relação existente entre as variações internas e externas de humidade e temperatura, buscando assim, através da análise desta relação, caracterizar a resposta do edifício face às variações climáticas exteriores.
- Averiguar a existência de desvios das condições de referências apresentadas na literatura como as condições “ideais” de temperatura e humidade relativa para a preservação e conservação de acervos;
- Avaliar a capacidade de conservação apresentada pela BG (Biblioteca Geral);
- Determinar a taxa de renovação de ar no depósito de manuscritos musicais;
- Enumerar possíveis medidas de melhoria, se necessário, para o desempenho da BG na conservação dos seus acervos.

Os objectivos apresentados irão possibilitar a minimização dos possíveis problemas existentes nos espaços que albergam uma grande e valiosa colecção de obras literárias e tendo em conta que a preservação dos bens culturais em bibliotecas é actualmente, um tema bastante importante.

### **1.3. Estrutura da Dissertação**

A presente dissertação encontra-se organizada em 6 capítulos, em que o primeiro descreve os objectivos deste trabalho.

No segundo capítulo disponibiliza-se em linhas gerais, informações sobre as condições higrotérmicas nas bibliotecas, assim como os factores ambientais de degradação dos acervos bibliográficos e ainda a definição dos valores higrotérmicos “ideais”.

Para o terceiro capítulo, apresenta-se a BGUC e faz-se a descrição dos espaços em estudo, com a indicação da presença ou não de equipamentos de climatização.

No capítulo 4 identificam-se os equipamentos de medição e as metodologias utilizadas durante o estudo.

O capítulo 5 trata da exposição dos resultados, a respectiva análise e discussão de todas as medições efectuadas, e ainda identifica-se algumas anomalias encontradas, enumerando algumas propostas de correcção.

A título de finalização, no sexto capítulo são contempladas as principais conclusões e apontam-se algumas sugestões de trabalhos a desenvolver no futuro.

## CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE

### 2.1. Introdução

A consciência da importância de um bem cultural é condição primordial para a sua preservação e conservação [38]. Durante dois séculos, a conservação dos bens culturais caracterizou-se por ser uma prática institucional que visava preservar os bens dos riscos maiores como incêndios, roubos, etc. Resumia-se assim a uma actividade estática, cuja acção principal era “abrigar” esses bens, colocando-os apenas sob protecção física e jurídica [6].

Além disso, a construção dos edifícios relacionados com a cultura e o controlo das condições ambiente tinham como objectivo proporcionar o conforto térmico das pessoas que neles ocupavam. Esta concepção evoluiu ao longo das últimas décadas, e as condições ambientais verificadas em espaços como bibliotecas, arquivos e museus têm demonstrado ser factores bastante importantes no que diz respeito à preservação e conservação de materiais bibliográficos e artefactos.

Particularmente em relação aos espécimes bibliográficos, mesmo tendo todas as propriedades físicas e químicas que os façam durar séculos, sofrem várias influências susceptíveis de os prejudicar.

Na opinião de Ogden (2001) [28], para fins de preservação o mais importante é o acervo e não o conforto das pessoas que são menos sensíveis. Mas, em espaços destinados a consulta e leitura há que garantir o mínimo de conforto térmico para os ocupantes. Sendo assim, deverá haver uma cautela especial aquando da avaliação dos requisitos térmicos desses edifícios, para poder-se estabelecer um conjunto de parâmetros satisfatórios a ambas as necessidades.

Os progressos recentes da Física das Construções, mais concretamente do estudo dos processos de transferências de calor, ar e humidade através de elementos construtivos, possibilitam uma avaliação mais precisa da importância da inércia higroscópica nos edifícios [31]. Além disso, hoje muitas instituições já se preocupam em controlar os parâmetros ambientais no interior dos espaços de salvaguarda dos seus patrimónios culturais, com o objectivo de minimizar os processos de degradação dos mesmos.

A humidade relativa e a temperatura do ambiente são parâmetros ambientais que contribuem significativamente para a deterioração dos materiais. Aliados a estes, estão a iluminação e a poluição atmosférica que podem mesmo destruir a longo prazo as diversas colecções armazenadas.

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 [18].

A humidade é o conteúdo de vapor de água existente no ar atmosférico e resulta da combinação de fenómenos de evaporação e condensação da água. Por sua vez, esses fenómenos relacionam-se com as variações da temperatura ambiente. Um cuidado especial deverá haver, aquando da tentativa de corrigir um destes factores dentro de um edifício, visto que poderá alterar o equilíbrio de outros.

As fontes de humidade são inúmeras, citando-se como exemplos as chuvas, os lagos, os rios, as limpezas dos materiais bibliográficos realizadas de forma aquosa, infiltrações pelas janelas, paredes, tectos defeituosos e finalizando, a própria transpiração do corpo [23].

Os acervos de uma biblioteca são distintos e abrangem diferentes tipos de materiais, tamanhos e formatos, neles contêm informações necessárias para divulgação da memória histórica, científica e técnica de uma sociedade. Dois desses materiais são o papel e o pergaminho, que por serem materiais com características higroscópicas muito acentuadas, tendem 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.

A celulose é o principal componente da matéria fibrosa que constitui a estrutura do papel, é insolúvel em água, porém, apresenta grande afinidade com ela. Esta característica higroscópica do papel faz com que tenha a capacidade de absorver ou perder água. Consequentemente as fibras dilatam-se ou contraem-se à medida que os níveis de humidade

relativa sobem ou descem, ocasionando danos na estrutura do papel. Os danos consequentes estão directamente relacionados com o tipo de material, as suas limitações e o número de alterações ambientais [8]. Desta forma, torna-se indispensável armazenar os documentos em locais secos, onde os parâmetros ambientais possam ser muito bem controlados.

Uma das principais dificuldades na realização deste trabalho foi adquirir informações suficientes sobre o tema em estudo. A bibliografia encontrada é maioritariamente de origem brasileira e italiana. São os países onde a pesquisa de informação e cuidado com a conservação dos seus bens culturais tem vindo a estimular o interesse há já algum tempo. Sobretudo a Itália, um país cheio de história, que possui um antigo e riquíssimo património cultural. Foi nesse país, na cidade de Florença, que o marco impulsionador para a busca da renovação dos paradigmas da preservação teve início.

No dia 4 de Novembro de 1966, o rio Arno rompeu suas margens, inundando completamente a parte da cidade mais rica em história e arte. Dentre os edifícios inundados encontrava-se a Biblioteca Nacional, onde meio milhão de livros e manuscritos foram atingidos. Um enorme esforço de salvamento internacional foi montado pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura) que reuniu restauradores e conservadores de toda a parte do mundo. Esse facto desencadeou bastante interesse pela conservação de documentos a escala mundial [7].

A UNESCO criou o *Programa “Memória do Mundo”* em 1992, tendo três objectivos principais: facilitar a preservação do património documental mundial mediante as técnicas mais adequadas; facilitar o acesso universal ao mesmo; criar uma maior consciência em todo o mundo da existência e importância do património documental. O conhecimento crescente do estado lamentável de conservação desse património e do deficiente acesso a este em diferentes partes do mundo foi o que deu o impulso a este programa [14].

Em Portugal existe um conjunto de recomendações muito vagas, onde referem valores de referências para as condições higrotérmicas. Mas, estes direccionam-se sobretudo ao contexto dos museus, no entanto, o recurso a normas nunca teve muito predomínio na Europa. A única referência encontrada onde mencionam este recurso foi a norma italiana UNI 10829 que também se refere especialmente aos materiais museológicos – “Beni di interesse storico e artistico – Condizioni ambientali di conservazione – Misurazione ed



análisi” [27]. Esta norma define e refere processos de inspecção e de monitorização, classifica os objectos a serem conservados em três grupos (orgânicos, não orgânicos e mistos) e 33 categorias. Além disso, refere os parâmetros mais relevantes a considerar na monitorização, estabelece o processo a seguir nas medições, define índices de risco, sugere métodos de análise de dados e alguns parâmetros para gerir e avaliar as condições ambientais de risco [13].

No Anexo B (tabela B.1) encontram-se valores higrotérmicos recomendados para as condições de conservação química e física de objectos, resultantes de experiências e estudos feitos ao longo dos anos. Apresentam-se ainda no mesmo anexo (tabela B.2) os valores definidos pela UNI 10829 para a conservação das obras de arte.

### **2.3. Principais Factores de Degradação do Material Bibliográfico**

Os principais factores de degradação dos acervos podem ser divididos em duas categorias [24]:

- Factores de degradação Internos (Intrínsecos);
- Factores de degradação Externos (Extrínsecos).

Os factores de degradação internos relacionam-se com a própria estrutura do material (papel) e dependem essencialmente do tipo de fibras, tipo de cola, resíduos químicos e partículas metálicas utilizadas no fabrico do material. A única forma de minimizar esses factores é estabilizando as condições ambientais dos espaços de armazenamento e do manuseio do público.

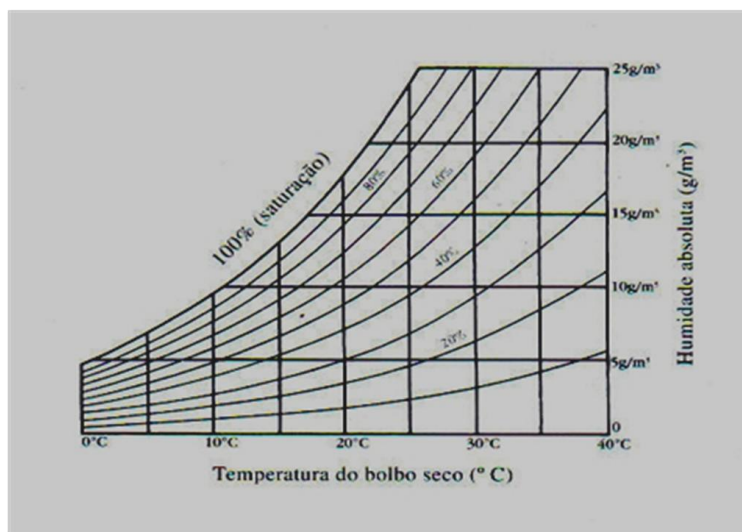
Os factores de degradação externos estão relacionados com as condições ambientais em que o objecto está guardado. Temos a humidade relativa, a temperatura, a iluminação (estes três conhecidos como agentes físicos), a poluição atmosférica (agente químico), os agentes biodeterioradores (agentes biológicos) e a própria acção do homem (agente físico-mecânico).

### 2.3.1. Humidade Relativa

Sabe-se que a humidade relativa afecta significativamente o conforto e a saúde dos ocupantes, a QAI (Qualidade do Ar Interior), a durabilidade do edifício e dos seus materiais e o consumo de energia [15]. Deste modo torna-se indispensável o controlo deste parâmetro dentro de uma biblioteca. A humidade relativa representa a relação entre a quantidade de vapor presente num determinado volume de ar e a quantidade máxima de vapor que esse mesmo volume pode conter a mesma temperatura. Depende da quantidade de vapor de água contida no ar, e também da temperatura deste. Isso porque, tendo uma quantidade de vapor de água no ar constante, a humidade relativa aumenta se a temperatura descer e diminui se a temperatura subir.

Saber a quantidade de vapor de água contida no ar e a humidade absoluta, não é suficiente para compreender o conceito da humidade relativa, porque não determina se o ar está saturado, húmido ou seco, merecendo assim uma explicação de modo a tornar mais fácil a compreensão deste parâmetro. Portanto, recorreu-se a informação disponível pela IFLA (International Federation of Library Associations and Institutions) que foi uma das primeiras organizações não-governamentais, sem fins lucrativos, a promover a causa dos bibliotecários. Sua função básica é encorajar, patrocinar e promover a cooperação internacional, o debate e a investigação em todos os campos da actividade bibliotecária e a partilhar as suas descobertas com toda a comunidade.

Segundo a IFLA (2004) [19], 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 ( $\text{g/m}^3$ ). O gráfico higrométrico, a seguir apresentado (figura 2.1) demonstra a quantidade máxima de vapor de água que pode estar contida num metro cúbico de ar, a uma determinada temperatura. À medida que a temperatura do ar aumenta, essa quantidade de vapor de água também aumenta.



**Figura 2.1:** Gráfico higrométrico.

A uma temperatura de 10 °C, o ar não pode conter mais de 9 gramas de vapor de água. Quando o ar atinge o seu máximo de humidade absoluta, diz-se que está saturado. A 20 °C o ponto de saturação é 17 g/m<sup>3</sup> ou ainda a 25 °C o ponto de saturação é de 23 g/m<sup>3</sup>.

Portanto, se se tiver um metro cúbico de ar num recipiente fechado a uma temperatura de 20 °C, este contém 9 gramas de vapor de água, e a humidade absoluta é de 9 g/m<sup>3</sup>. Se juntarmos 3 gramas de água ao recipiente, esta evapora-se e a humidade absoluta aumenta para 12 g/m<sup>3</sup>. 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<sup>3</sup>.

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

$$HR = \frac{\text{Humidade absoluta da amostra de ar}}{\text{Humidade absoluta da amostra do ar saturado}} \quad (1)$$

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

$$HR = \frac{\text{Humidade absoluta da amostra de ar}}{\text{Humidade absoluta da amostra do ar saturado}} = \frac{9}{17} = 53\% \quad (2)$$

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<sup>3</sup> de vapor de água). A humidade relativa neste caso seria 39%. Pelo contrário, se o ar do recipiente for arrefecido até aos 15°C, a humidade relativa aumentará, mesmo que não se adicione mais água.

À temperatura de 15°C, o ar só pode conter 12,5 g/m<sup>3</sup> de vapor de água e a humidade relativa seria 72%. 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, porque 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.

### **2.3.2. Temperatura**

Ter boas condições térmicas numa biblioteca é um elemento fundamental para se poder proporcionar aos usuários conforto térmico nas salas de consulta. Contudo, é necessário referir que as temperaturas recomendadas para espaços exclusivos a armazenagem são muito mais baixas do que aquelas indicadas para espaços que combinam o atendimento a usuários e a armazenagem.

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 resulta na longevidade sete vezes maior dos livros [30].

Convém que os sistemas de controlo climático numa biblioteca permaneçam sempre ligados, evitando mudanças climáticas e que as portas e janelas se mantenham fechadas. Contudo, a ventilação deve ser garantida através de sistemas de ventilação onde deverá ser usado se possível, filtros de alta qualidade. As variações térmicas causadas por sistemas mecânicos ligadas durante o dia e desligadas à noite ou nos fins-de-semana, podem ser mais prejudiciais ao acervo do que uma temperatura mais alta, porém, constante.

### **2.3.2.1. Efeito combinado da Humidade Relativa e da Temperatura nos Materiais**

Se forem feitas alterações simultâneas na temperatura e na percentagem de humidade relativa do ambiente em que se encontra um dado papel, a taxa de deterioração resultante reflectirá seus efeitos combinados [34]. A humidade elevada pode catalisar as reacções químicas, enquanto as temperaturas altas aceleram a velocidade dessas reacções.

A IFLA cita que, “por cada aumento de temperatura de 10 °C, a velocidade a que ocorrem as reacções de degradação química no material de bibliotecas e arquivos, como o caso do papel, duplica. Pelo contrário, por cada 10 °C de diminuição de temperatura, a velocidade de reacção baixa para metade.

Temperatura elevada associada a uma humidade relativa baixa, provocará eventualmente a escamação e conseqüente fragilização de certos materiais, como a pele, o pergaminho, o papel, os adesivos, vídeos, entre outros materiais. Por outro lado, temperatura elevada, associada a uma humidade relativa elevada, provoca o crescimento de bolores e proporciona um ambiente favorável ao aparecimento de pragas e insectos.

Uma temperatura baixa (menos de 10 °C), associada a uma humidade relativa elevada e a uma fraca circulação de ar, pode criar um ambiente húmido e provocar o aparecimento de bolores”.

Desta forma, torna-se importante guardar e expor os objectos em ambientes cuja humidade relativa e temperatura seja estável, e no caso de transporte, devem ser embalados cuidadosamente com materiais que os protejam das variações de humidade e temperatura.

### **2.3.2.2. Efeito das variações da Humidade Relativa e da Temperatura nas colecções**

O principal efeito das variações de temperatura faz-se sentir sobre a humidade relativa, pois como já se referiu, esses dois parâmetros são inversamente proporcionais. Por exemplo [19]:

- 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 dos fenómenos nefastos de expansão e contracção.
- As variações da temperatura e da humidade relativa afectam as dimensões e as propriedades mecânicas dos materiais orgânicos e podem provocar danos, se ocorrerem num curto espaço de tempo.
- Os danos visíveis nas colecções podem apresentar a forma de tintas quebradas, capas de livros deformadas e emulsões fotográficas estaladas.

### **2.3.3. Iluminação**

Apesar da necessidade de se ter uma boa iluminação nas bibliotecas, a luz natural ou artificial não deve incidir directamente sobre o acervo. A luz natural contém os três tipos de radiação (UV (ultravioleta), IV (infravermelha) e visível).

Geralmente, as áreas destinadas à exposição procuram neutralizar essa iluminação e utilizar ao máximo a luz artificial, que permite melhores possibilidades para seu controlo.

A acção da radiação UV sobre o papel é cumulativa e irreversível, contribuindo para a oxidação da celulose. Quanto maior for o tempo de exposição e da intensidade de iluminação, menor for o comprimento de onda e menos resistente for o material (por exemplo, papel em comparação ao couro), maior é o dano causado. Embora todos os materiais sejam afectados, os de natureza orgânica são os mais susceptíveis.

A lenhina é um polímero natural, amorfo e de composição química complexa, que confere solidez às fibras de celulose. Devido a sua reactividade química, quando exposto muito tempo a iluminação pode tornar-se fortemente escura (amarelada), o que explica o amarelecimento dos papéis. Alguns cuidados devem ser tomados, como usar cortinas, persianas, telas, ou películas de plástico nos vidros das janelas, capazes de filtrar os raios UV, manter a luz das áreas de armazenamento apagadas, e ainda recorrer a interruptores com relógio e a sistemas com reóstatos.

### 2.3.4. Poluição Atmosférica

O ar dos centros urbanos e industriais contém uma grande diversidade de partículas (poeiras, fuligem) e gases (principalmente o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), o óxido de azoto (NO<sub>x</sub>) e o ozono (O<sub>3</sub>)). A poeira e a fuligem sobre os documentos, além de prejudicar a estética agem como um abrasivo, arranhando e desfigurando os materiais.

Todos os gases mencionados catalisam reacções químicas prejudiciais, que levam a formação de ácidos nos materiais empregues sobre os acervos constituintes do material bibliográfico (clipes, papéis ácidos, colas, etc.) provocando alterações principalmente no papel e no couro.

As causas principais de deterioração química do papel são a oxidação e a hidrólise da celulose. A oxidação é catalisada por vários metais, como por exemplo, o ferro e o cobre. A hidrólise da celulose é a decomposição do papel por exposição à água (incluindo a humidade presente na atmosfera), e é catalisada por substâncias que não são consumidas no processo. Quanto mais alta é a temperatura, mais rápida é a oxidação e mais acelerada é a hidrólise, que duplica com a subida de aproximadamente 10°C.

A adopção de filtros nos sistemas de ventilação e ar condicionado é recomendada como medida profilática para as poeiras, sobretudo para aquelas que possuem partículas muito finas. Filtros electrostáticos devem ser evitados pois produzem ozono (...) [16].

Quanto aos gases ácidos, o mais indicado para absorver esses poluentes é o uso de filtros de carvão activado, que devem ser substituídos ou reciclados periodicamente. Podem ser tomadas várias medidas adicionais, como por exemplo, usar uma política sistemática de higienização do acervo de modo a evitar os microrganismos, usar aspiradores com filtro na remoção da poeira nos livros, uma correcta calafetagem das portas e janelas, armazenar os documentos de arquivo em invólucros apropriados, evitar carpetes, etc.

### **2.3.5. Agentes Biodeterioradores**

Os agentes biodeterioradores que vulgarmente atacam os documentos são os fungos (mofo ou bolor) e bactérias, insectos e pequenos roedores. O papel é muito vulnerável aos ataques microbiológicos, pois o seu principal constituinte, a celulose, sofre degradação provocada por fungos e bactérias. A proliferação desses organismos ocorre de modo bastante rápido. As colas de origem animal e de amido usadas na confecção dos suportes em papel também são favoráveis à sua proliferação, podendo ser identificados no papel pelo aparecimento de manchas amareladas geralmente irreversíveis.

Além do controlo da humidade e da temperatura através do uso de desumidificadores em ambientes húmidos, deve-se fazer a higienização do acervo de forma a evitar ou diminuir o desenvolvimento de fungos e bactérias.

A admissão de insectos nos acervos se dá devido a presença de resíduos de alimentos, hábito que deve ser desencorajado junto aos funcionários e usuários. A técnica de congelamento controlado é uma das preferidas entre bibliotecas e arquivos para a eliminação dos mesmos, por não envolver produtos químicos, não colocando em risco a saúde das pessoas. Esta deve ser feita por profissionais da conservação ou supervisionada por eles [7]. Além disso, aconselham-se manter as salas da biblioteca sempre limpas e recolher os lixos todos os dias.

Os roedores preferem ambientes quentes, húmidos e escuros, causando grandes estragos aos acervos que servem de ninho, além de transmitirem doenças fatais ao homem. Caso haja infestação, deve-se recorrer à desratização periódica de todo o edifício.

### **2.3.6. Acção do Homem**

A acção directa do homem nos objectos é também um factor de deterioração que está relacionada com as formas inadequadas de manuseio e armazenamento. Deve-se adoptar normas e procedimentos que sendo simples, são muito eficazes para a preservação desses danos, como por exemplo, treinos e programas de consciencialização dos funcionários e usuários. Esse processo pode ser feito através de palestras, apresentação de vídeos, cartazes informativos, etc.



A preocupação com o local de armazenamento das colecções bibliográficas é factor prioritário. Deve escolher-se a área mais sólida e segura do edifício, onde haja menos humidade (longe de canos da rede hidráulica) e o mobiliário deve ser de metal com tratamento anti-ferruginoso, para materiais compostos por papel. Para melhor arejamento, recomenda-se que haja um afastamento de 20 cm entre as paredes e as estantes, e também entre o chão e a última prateleira [25]. As prateleiras não devem ser sobrelotadas e os livros grandes e pesados devem ser mantidos na horizontal e no máximo dois volumes.

Os desastres constituem os factores de maior gravidade na destruição dos documentos, como exemplo temos os incêndios e as inundações. O fogo, em virtude da sua rápida propagação, pode causar danos irreparáveis. É fundamental que bibliotecas e arquivos tenham um plano de emergência adequado com programas de protecção contra incêndios e inundações.

## **2.4. Definição de Valores Higrotérmicos "Ideais"**

A definição de valores “ideais” de temperatura e humidade relativa em biblioteca é uma tarefa difícil. Não existem valores higrotérmicos “ideais” para todos os materiais, mas somente valores e escalas que minimizam tipos específicos de alteração nos mesmos. Existem muitos objectos constituídos por mais do que um tipo de material e cada um destes responde de maneira distinta aos factores de degradação. O mais importante é garantir que não ocorram variações bruscas de nenhum dos parâmetros ambientais.

A temperatura ou a humidade relativa aceitável para um determinado objecto pode ser completamente desastrosa para outros. Temos como exemplo, as películas fotográficas e os suportes digitais que requerem uma armazenagem a baixos níveis de temperatura e humidade relativa, enquanto o papel e o pergaminho solicitam níveis de humidade relativa superiores a 50%. O corpo do livro encadernado a pele ou velino, apesar de muito resistentes e suportarem humidades relativas baixas (o que já não acontece com a encadernação em si), requer uma humidade relativa mínima de 50%, de modo a não perderem as suas características mecânicas [19].

A envolvente também desempenha um papel importante no processo de definição e controlo das condições climáticas interiores. As alvenarias tradicionais portuguesas são

sistemas muito eficientes de amortecimento da humidade relativa, quer pelo tipo de materiais que as constituem, quer pela sua espessura característica [9].

Factores climáticos como a latitude, a proximidade do oceano e a orografia são suficientes para induzir variações significativas na temperatura e principalmente na precipitação numa região, sendo aspectos a considerar na definição dos valores “ideias”.

No caso de Coimbra, encontra-se localizada na região da Beira Litoral a uma latitude de 40-12N, longitude de 008-25W, altura de 140 m e possui uma área de 3974,9 Km<sup>2</sup>. A vizinhança do mar e a zona montanhosa favorecem grandes diferenças no clima, onde é possível encontrar zonas temperadas, muito próximo do clima mediterrâneo e zonas muito frias no interior onde chove muito. É atravessado pelo rio Mondego e as temperaturas variam entre 25 a 30°C no Verão e entre 3 a 10°C no inverno, chovendo frequentemente na última estação referida e no Outono [12].

O controlo das condições ambientais é um argumento que tem sido e continua a ser tratado por diversos autores, confirmando a complexidade do tema [16].

As várias sugestões propostas têm alguma coerência em relação a gama de valores de humidade relativa e temperatura favoráveis à conservação. O requisito de que os materiais devem ser guardados e utilizados em condições estáveis, nem demasiado quentes ou frias, nem demasiado secas ou húmidas, sempre persiste nas opiniões.

Garry Thomson sugere para a humidade relativa, o valor médio de 55% e para a temperatura, os valores “ideais” são os determinados pelo conforto humano [10]. Para Sarmiento (2003) [33], os níveis de humidade relativa devem situar-se entre 45 a 55% e entre 18 a 22°C para a temperatura. Segundo Mello (et al, 2004) [25], os níveis deviam situar-se entre os 50 a 60% para a humidade relativa e entre 19 a 23°C para a temperatura. Já na opinião de Mársico [24], os valores devem ser de 55% e de 22 a 25°C respectivamente para a humidade relativa e temperatura, sendo que todos os valores se situam dentro de um intervalo semelhante.

Neste estudo, os valores considerados como sendo os ideais para a conservação, são entre os 50 a 60% para a humidade relativa e 18 a 22°C para a temperatura. É importante referir que é muito difícil manter uma temperatura e uma humidade relativa num edifício ou depósito durante todo o ano sem despender enormes quantidades monetárias. Isso tem-se

tornado um grande desafio aos administradores das bibliotecas, principalmente em zonas com grandes variações térmicas.

A IFLA explica o seguinte [19]:

- 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.

A determinação dos níveis de humidade relativa é influenciada pelos seguintes factores:

- Natureza das colecções;
- Condições climáticas locais;
- Existência de recursos necessários ao controlo das condições ambientais.

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.

Recomenda-se que, se a temperatura nas áreas de armazenamento for consideravelmente mais baixa que a das salas onde os documentos são utilizados, é necessário uma aclimatização dos documentos num espaço intermédio, de modo a evitar quaisquer possibilidades de condensação ou distorção dos mesmos.

## 2.5. Técnicas de Monitorização da Temperatura e Humidade

A caracterização do ambiente interior de uma biblioteca, como já mencionado, é de extrema importância para a conservação dos objectos que constituem o acervo bibliográfico, sendo necessário monitorizar o clima interior e exterior ao edifício. Esta monitorização pode ser pontual ou contínua. A monitorização pontual obtém-se a partir de aparelhos que só registam valores pontuais. Os equipamentos que nos proporcionam este tipo de monitorização são os psicrómetros e os termohigrómetros.

Os psicrómetros são baratos, antigos e capazes de medições precisas da humidade relativa. Já os termohigrómetros, são equipamentos mais recentes e mais caros. Os sensores de humidade não são muito fiáveis, logo, é necessário ter atenção relativamente ao número de medições necessárias, sendo no mínimo três diárias no caso das bibliotecas.

A monitorização contínua é obtida através de registos contínuos de valores, sendo os equipamentos mais indicados, o termohigrógrafo e os dataloggers. O primeiro é um aparelho bastante útil e preciso, em que o tratamento estatístico dos dados é possível, mas muito moroso. Os dataloggers são os equipamentos utilizados mais recentemente, têm um tamanho reduzido, usam sensores electrónicos e um *chip* de computador para o registo da temperatura e humidade relativa.

No capítulo 4, far-se-á uma descrição mais pormenorizada dos dataloggers, uma vez que foram os equipamentos utilizados na monitorização higrotérmica dos espaços.

## CAPÍTULO 3 - ENQUADRAMENTO DA BGUC

### 3.1. Introdução

Devido a sua longa história e à sua extensa actividade, a UC dispõe de um conjunto notável de cerca de nove dezenas de bibliotecas, que é único a escala nacional, albergando cerca de dois milhões de volumes [17]. É uma instituição com um elevado prestígio, dado a sua qualidade de ensino, e por ter ocupado posições importantes em classificações internacionais de relevo sobre universidades e centros de investigação.

A origem da biblioteca da Universidade pode ser datada, pelo menos, do ano de 1513, pelo que em breve deverão ser comemorados os quinhentos anos da biblioteca [3]. Devido ao relevante interesse, irá destacar-se a BGUC. Trata-se de uma biblioteca pública, que funciona de manhã à noite, e que tem as suas portas abertas, não só a comunidade universitária, mas também aos utentes externos.

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 [5].

A construção do edifício Joanino (séc. XVIII) "representou um dos passos mais decisivos, senão o mais decisivo na história secular da instituição". 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 superfície de cerca de 7000 m<sup>2</sup>, sofreu 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. Com o benefício do Depósito Legal, que deteve desde 1932 aquisições, doações e incorporações várias trouxeram um progressivo e vultoso crescimento do espólio bibliotecário, com um acervo fabuloso de enorme valor e o desenvolvimento de serviços de grande importância acrescentada para a comunidade [37] [5].

O número redondo de dois milhões de volumes torna o conjunto das bibliotecas da UC a maior biblioteca universitária do país e a segunda biblioteca portuguesa, logo depois da Biblioteca Nacional de Portugal. A BGUC com mais de um milhão de volumes (estando hoje próximo da saturação), inclui o riquíssimo património que é a Biblioteca Joanina contendo boa parte do fundo de livro antigo (fundo esse que vai desde os tempos medievais até 1830 e inclui mais de cem mil volumes, um verdadeiro “tesouro” à escala nacional e internacional). A candidatura em cursos da UC a Património Mundial da Humanidade, no quadro da UNESCO incorpora essa realidade [17].

Os objectos armazenados na biblioteca são feitos basicamente de papel, couro, madeira contendo diferentes tipos de colas (...) [16]. De entre os objectos mais relevantes apontam-se a colecção de três mil e quinhentos manuscritos, que por sua natureza são únicos e onde pontua a colecção de manuscritos autografados de Almeida Garrett, os livros do fundo antigo onde 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 [3].

A BGUC é ainda depositária de obras editadas por instituições internacionais, como ONU, OCDE, FAO, GATT, o que faz o seu acervo ser bastante heterogéneo.

Aos serviços da BGUC foram atribuídos os utensílios e a aparelhagem específica peculiares a uma instituição desta natureza: uma câmara de desinfecção, um gabinete fotográfico, uma pequena oficina de restauro de encadernação e de patologia do livro (...). Destinaram-se três salas especializadas para resguardo imediato de colecções valiosíssimas do património bibliográfico [2].

Em 2007 foi criado na BGUC um Serviço Integrado das Bibliotecas da UC (SIBUC), que possui diversas missões importantes, uma delas é, coordenar a preservação do património e/ou restauro (trabalho em cooperação com a Biblioteca Nacional). Outros projectos deverão seguir, por exemplo, dada a importância do acervo, impõe um projecto de digitalização no domínio da música antiga, que poderia ser um núcleo de um projecto nacional de digitalização de manuscritos musicais antigos. Por outro lado, muito há 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. Neste domínio assinala-se ainda a profícua colaboração com o Departamento de Botânica da UC num projecto de investigação de fungos em livros antigos e com o Departamento de Zoologia a respeito da identificação das espécies de morcegos que frequentam a Biblioteca Joanina [17].

Refere-se também a importante colaboração do DEM (Departamento de Engenharia Mecânica) da UC com as dissertações que têm vindo a ser feitas, somando-se esta, cujo objectivo é monitorizar os espaços do edifício da BGUC.

Esta biblioteca possui um plano de emergência implementado pelo Grupo de Segurança de Edifícios, Equipamentos e Ambiente da DGEEI e tem muitos extintores manuais de incêndio afixados estrategicamente.

### 3.2. Descrição Sucinta dos Espaços Monitorizados

Efectuou-se uma inspecção visual aos espaços em estudo, de forma a identifica-los nas plantas e dar a conhecer o espaço físico e a localização no edifício, aspectos arquitectónicos e o tipo de material armazenado no local. Foram também identificados a ausência ou presença de aparelhos de controlo da temperatura e humidade, o tipo de isolamento térmico existente, entre outros aspectos úteis que podem influir nas condições higrotérmicas existentes.

Seleccionou-se estes espaços, por conterem uma grande quantidade e diversidade de obras literárias das mais antigas, até a obras únicas, com elevada importância histórica, entre outros materiais constituintes do acervo. Apresenta-se de seguida (figura 3.1 e figura 3.2), as plantas da BGUC com os respectivos espaços identificados

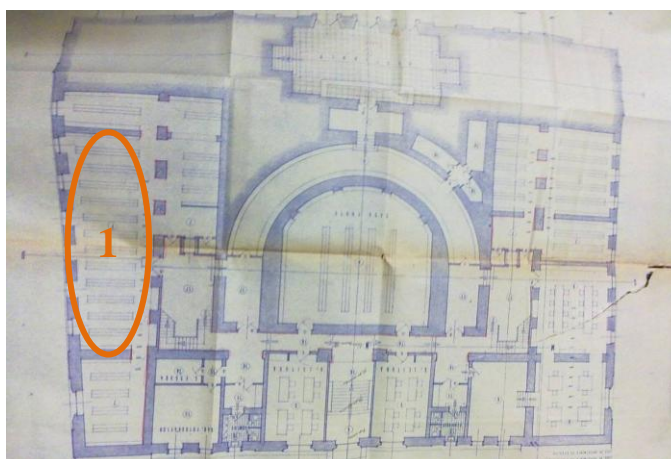
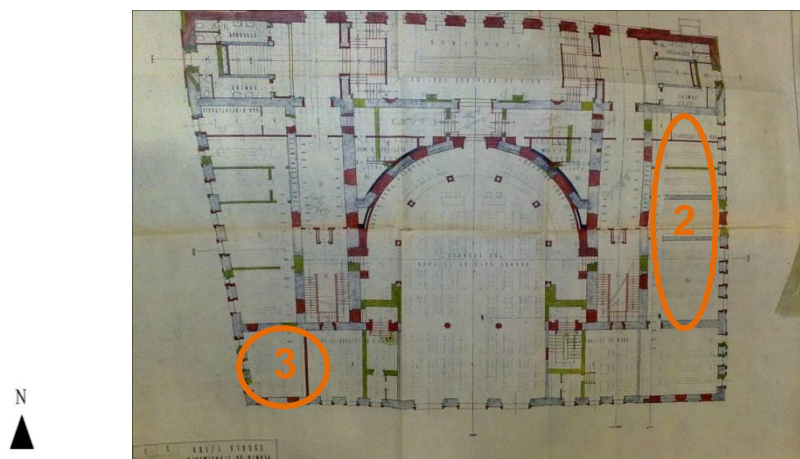


Figura 3.1: Planta do 1º pavimento (cave).



**Figura 3.2:** Planta do 3º pavimento.

**Legenda:**

- 1- Depósito de periódicos
- 2- Depósito de livros
- 3- Depósito de manuscritos musicais

### **3.2.1. Depósito de Periódicos**

O Depósito de periódicos localiza-se no primeiro pavimento (cave), possui uma área de 157,8 m<sup>2</sup> e um pé direito de 3,53 m.

As paredes, feitas essencialmente de pedra, têm cerca de dois metros de espessura [16]. Existe uma exterior na fachada exposta a Oeste, com a presença de 7 janelas de pequenas dimensões que se permanecem diariamente fechadas. Nestas paredes não existe qualquer tipo de isolamento térmico, e quanto as janelas, possuem vidros simples e caixilharias metálicas. Isto se verifica em todos os espaços monitorizados. Este depósito contém um desumidificador para o controlo permanente da temperatura e humidade (figura 3.3). Existe uma enorme quantidade de jornais, maioritariamente armazenados em estantes de madeira (figura 3.4).





**Figura 3.3:** Desumidificador no depósito de periódicos.



**Figura 3.4:** Estantes no depósito de periódicos.

### 3.2.2. Depósito de Livros

O depósito de livros localiza-se no terceiro pavimento, possui uma área de 189,2 m<sup>2</sup> e um pé direito de 2,38 m, sendo o espaço em estudo que apresenta maiores dimensões. Existe uma parede exterior na fachada exposta a Este, tendo oito janelas de pequenas dimensões, encontrando-se permanentemente fechadas. Neste espaço não existe qualquer tipo de equipamento para o controlo da temperatura e humidade. Aqui encontra-se uma grande quantidade de livros, armazenados em estantes de metal (figura 3.5).



**Figura 3.5:** Estantes no depósito de livros.

### 3.2.3. Depósito de Manuscritos Musicais

O depósito de manuscritos musicais fica localizado no terceiro pavimento, tendo uma área de 66,1 m<sup>2</sup> e um pé direito de 2,36 m. Este espaço tem duas paredes exteriores, nas fachadas expostas a Oeste e a Sul. Na primeira existe três janelas enquanto na segunda apenas uma, tendo todas pequenas dimensões.

A partir do momento em que se deu início ao projecto de monitorização dos espaços da BGUC foi adquirido um desumidificador (figura 3.6), para o controlo da temperatura e humidade, mantendo-se sempre em funcionamento. Os importantes manuscritos musicais encontram-se armazenados em estantes de madeira (figura 3.7).



**Figura 3.6:** Desumidificador no depósito de manuscritos musicais.



**Figura 3.7:** Estantes no depósito de manuscritos musicais.

## CAPÍTULO 4 – EQUIPAMENTOS E METODOLOGIA

### 4.1. Equipamentos

#### 4.1.1. Dataloggers

A recolha de dados da temperatura e humidade relativa no interior do edifício foi realizada através de micro DL (Dataloggers) (figura 4.1). O DL é um equipamento portátil, relativamente pequeno, usa sensores electrónicos e um chip no seu interior, projectados para a medição de temperatura e humidade relativa. O chip pode ser programado para leituras horárias, ou fracções de hora, através de um computador que contém o software compatível ao DL. Os dados podem ser guardados no aparelho por períodos de tempo consideráveis. A transferência destes dados para o computador se dá por meio de um cabo, onde posteriormente serão tratados.

Foram diversos os factores que influenciaram na escolha do equipamento. O principal, foi a relação particular entre os valores de temperatura e humidade relativa de um ambiente, fazendo todo o sentido que se utilizasse somente um aparelho de medição [22]. Outros factores importantes foram a continuidade de registo e o seu armazenamento, manuseio, calibração, capacidade de memória e duração da bateria, etc. [29]. Estes constituem as vantagens mais relevantes na utilização do DL. Por sua vez, a manutenção e a fragilidade, ou seja, a elevada probabilidade de quebra, constituem as suas principais desvantagens.

No presente estudo, os dados foram recolhidos em 2 períodos (tabela 4.1).

**Tabela 4.1:** Período de recolha de dados.

	Data e Hora	
	Lançamento	Recolha
1º Período	03/Março/2011 às 11:45h	20/Maio/2011 às 10h
2º Período	20/Maio/2011 às 10:40h	20/Setembro/2011 às 16h



Figura 4.1: Datalogger [26].

## 4.2. Metodologia

### 4.2.1. Metodologia para a Recolha de Dados da 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 mesmos. Na aquisição dos dados internos, a metodologia consistiu na utilização de sensores higrotérmicos DL, que permitiram obter dados de temperatura e humidade relativa em simultâneo. Os aparelhos foram previamente calibrados e colocados nos diferentes depósitos anteriormente descritos, segundo uma discriminação que identificava cada DL ao respectivo espaço em que se encontrava (tabela 4.2). Estes permaneceram nos espaços durante todo o período de medições.

Tabela 4.2: Localização e identificação dos sensores.

	Localização
Sensor nº 3	Depósito de periódicos
Sensor nº 4	Depósito de livros
Sensor nº 5	Depósito de manuscritos musicais

Os sensores foram programados para efectuarem registos em fracções de hora (10 em 10 minutos) no 1º período e de hora a hora no 2º período, entre o dia 3 de Março de 2011 e o dia 20 de Setembro de 2011. A recolha de dados foi efectuada duas 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 do 1º período foram calculados através da média dos dados obtidos a cada hora para todos os sensores, de modo a coincidirem com os valores do 2º período e com os da estação meteorológica. A partir

dos dados recolhidos, obteve-se 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, converteu-se os dados numéricos em dados gráficos, sendo assim mais perceptível a visualização do comportamento da temperatura e humidade relativa ao longo do tempo e a sua análise.

Para a obtenção dos dados externos, a metodologia aplicada baseou-se na utilização do site do Instituto da Meteorologia [20] onde foram recolhidos os mesmos. Procedeu-se à análise dos gráficos disponíveis na secção Gráficos de Observação, relativos ao período de recolha de dados referido anteriormente (3 de Março a 20 de Setembro), de igual modo, para a temperatura e humidade, de forma a coincidir com os dados interiores. Estes foram adquiridos segundo uma variação horária, através de uma rede EMA (Estações Meteorológicas Automáticas), mais propriamente, pela estação de captação localizada no aeródromo de Cernache (distrito de Coimbra), sendo assim, um tipo de rede representativo do local onde se localiza a BGUC.

#### **4.2.2. Metodologia para a Determinação da Taxa de Renovação de Ar**

A determinação experimental da taxa de renovação de ar baseou-se na aplicação do Método dos Gases Traçadores, utilizando o gás CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono). A avaliação do nível deste gás pode dar indicações claras acerca da eficácia do sistema de ventilação de um edifício ou compartimento.

A recolha de dados de CO<sub>2</sub> procedeu-se entre os dias 27 de Julho e 28 de Julho de 2011 e o aparelho de medição (Anexo C, figura C.6), foi pré-programado para adquirir valores a cada minuto. Para o tratamento dos mesmos, foi utilizado o programa Excel.

A aplicação do Método dos Gases Traçadores pode ser feita por diferentes técnicas, com a finalidade de monitorizar o gás. Neste estudo optou-se pela chamada Técnica do Decaimento, por permitir obter, de uma forma simples, a taxa de renovação de ar no espaço em estudo. Nesta técnica, uma determinada quantidade de gás traçador é injectada no compartimento em estudo até se obter uma concentração inicial uniforme. A partir desse instante, é registada a evolução do decaimento da concentração do gás ao longo do tempo e a taxa de renovação horária é determinada com base nesses valores [32].

## **CAPÍTULO 5 – MEDIÇÕES REALIZADAS**

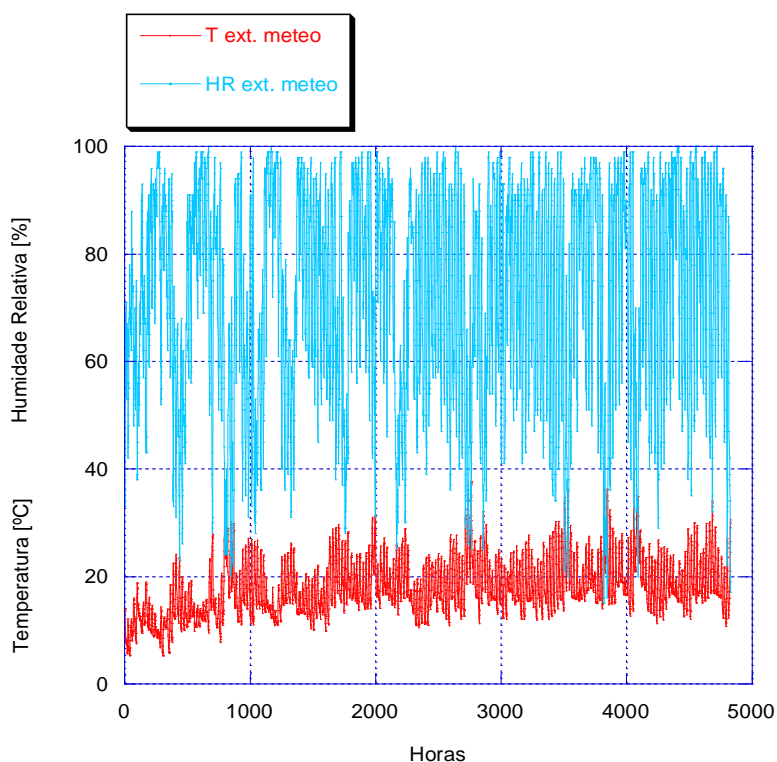
### **5.1. Resultados/Análise dos Resultados**

Neste capítulo são analisados e discutidos os resultados das medições efectuadas. Para a análise e interpretação destes, teve-se em consideração alguns aspectos importantes, alguns dos quais já mencionados ao longo da dissertação:

- i. O estudo procedeu-se entre Março e Setembro de 2011, meses geralmente quentes;
- ii. O edifício encontra-se numa zona com alta elevação, tendo pouca ou nenhuma vegetação ao redor, sendo um micro clima seco em dias quentes de verão;
- iii. Cada espaço em estudo contém um desumidificador para o controlo da temperatura e humidade, à excepção do depósito de livros que é desprovido deste aparelho;
- iv. Não existem quaisquer sistemas mecânicos de ventilação e climatização;
- v. Todas as janelas dos compartimentos possuem vidros simples e caixilharias metálicas, encontrando-se permanentemente fechadas. As únicas cobertas (por persianas) são as localizadas no depósito de manuscritos musicais;
- vi. Nenhum dos espaços tem portas de acesso ao exterior;
- vii. As paredes do edifício, de considerável espessura (cerca de dois metros), são feitas de pedra calcária e não possuem isolamento térmico.

### 5.1.1. Influência das Condições Climáticas Exteriores

A figura 5.1 ilustra o comportamento da temperatura e humidade relativa verificado no exterior do edifício, utilizando-se os dados adquiridos da Estação Meteorológica Automática de Cernache. Utilizou-se o programa KaleidaGraph, conforme citado na metodologia, ao qual obtiveram-se os seguintes resultados:



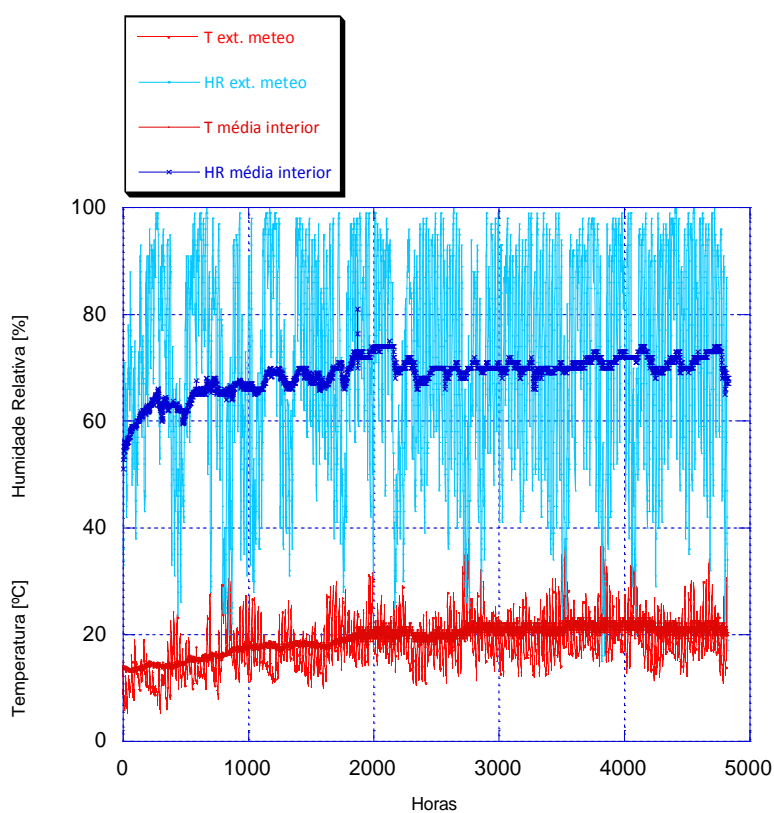
**Figura 5.1:** Temperatura e humidade relativa verificada no exterior do edifício da BGUC.

A aquisição dos dados apresentados teve início no dia 3 de Março de 2011 e prosseguiu-se até o dia 20 de Setembro de 2011, perfazendo um total de 4827 horas e os mesmos foram adquiridos de hora a hora.

Observando a figura verifica-se que, quando a temperatura aumenta, a humidade relativa diminui, e vice-versa, evidenciando facilmente que os dois parâmetros encontram-se relacionados. Ou seja, o aumento de um dos parâmetros provoca de imediato a diminuição do outro. É perceptível a existência de vários picos que se associam às flutuações de temperatura e humidade relativa que ocorrem entre o dia e a noite, e também, às variações climáticas ocorridas durante o período em análise.

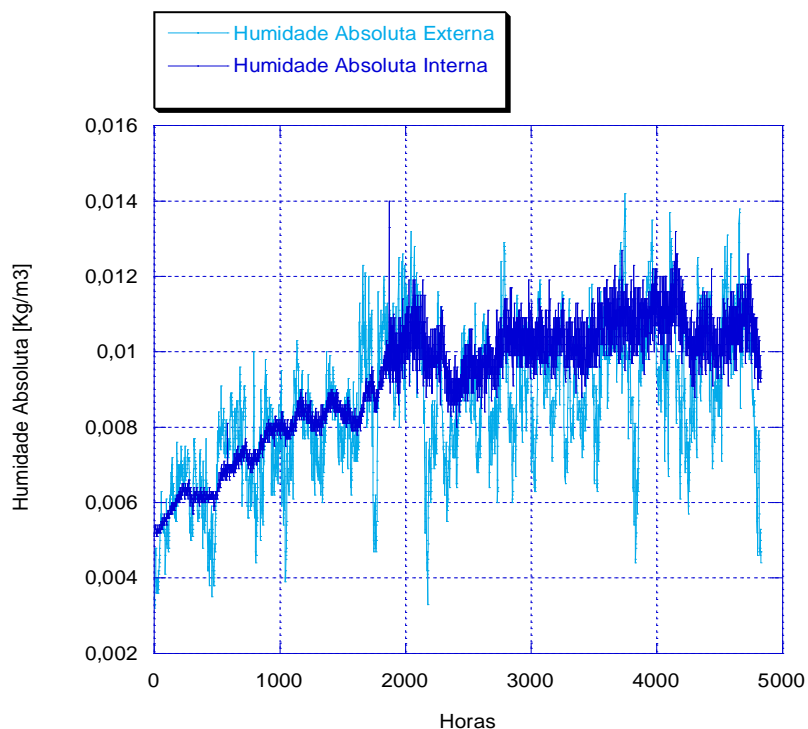
Constata-se uma tendência crescente da curva de temperatura como seria de esperar, já que houve um aumento do seu valor com a proximidade dos meses mais quentes.

Seguidamente apresenta-se o comportamento da temperatura e humidade relativa correspondente ao exterior do edifício e aos três espaços em estudo (figuras 5.2, 5.4 e 5.6). As figuras 5.3, 5.5 e 5.7 mostram o mesmo comportamento, mas, referente à humidade absoluta.



**Figura 5.2:** Temperatura e humidade relativa verificada no exterior e no depósito de periódicos.





**Figura 5.3:** Humidade absoluta verificada no exterior do edifício e no depósito de periódicos.

O depósito de periódicos apresenta uma grande estabilidade térmica, encontrando-se os valores geralmente dentro do limite estabelecido, onde as oscilações são muito reduzidas. Verifica-se que em praticamente todo o tempo de registos, os níveis de humidade relativa alcançam valores acima do limite recomendado, variando entre os 65% e 72%, mas as flutuações também são reduzidas (figura 5.2).

Pode-se afirmar que os níveis de temperatura e humidade relativa internos são influenciados pelas condições ambientais exteriores. A figura 5.3 demonstra este facto, uma vez que a variação da humidade absoluta interior praticamente acompanha de forma contínua a variação da humidade absoluta do exterior.

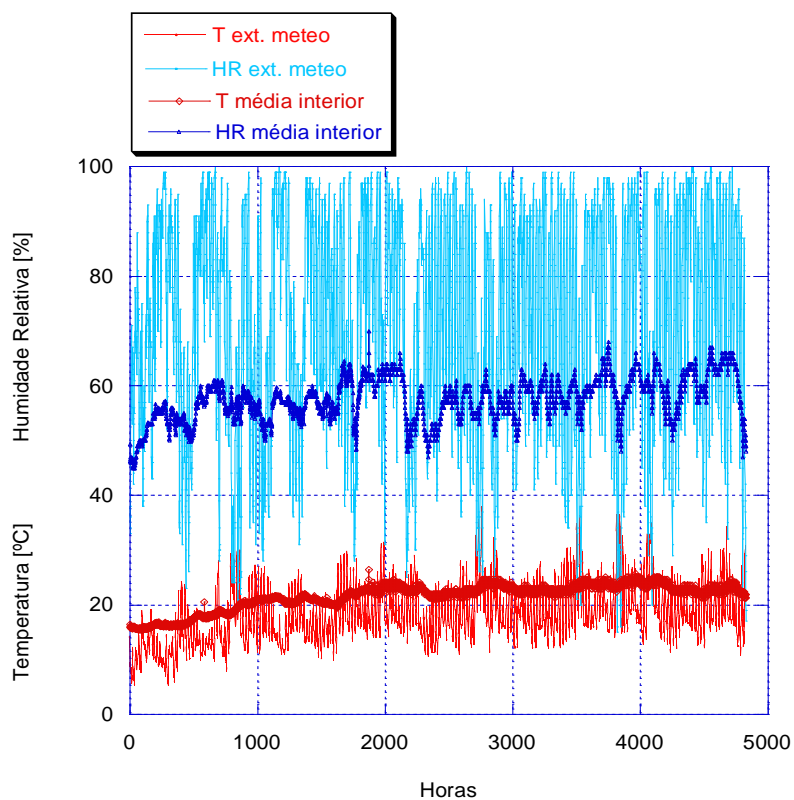


Figura 5.4: Temperatura e humidade relativa verificada no exterior e no depósito de livros.

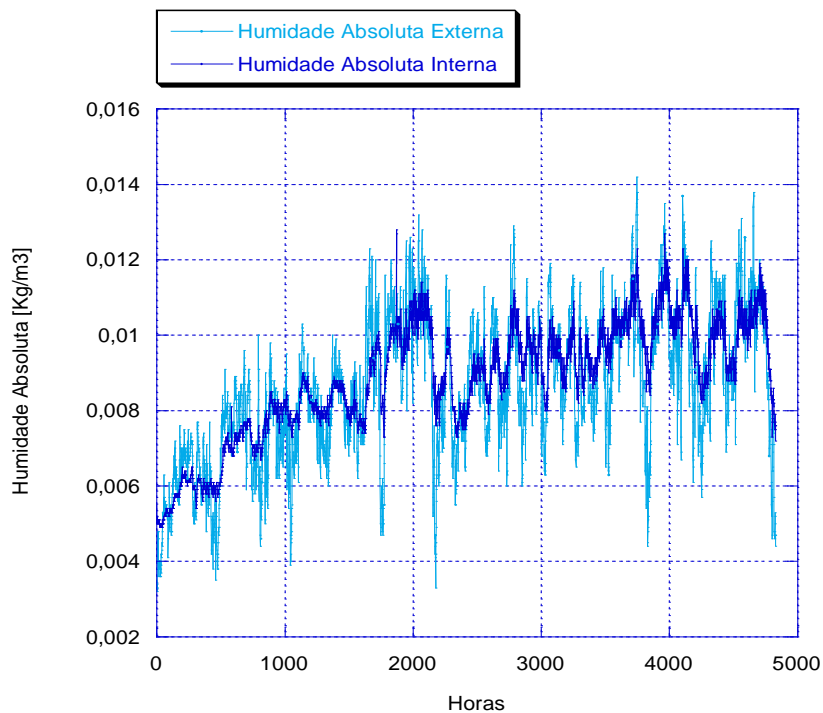
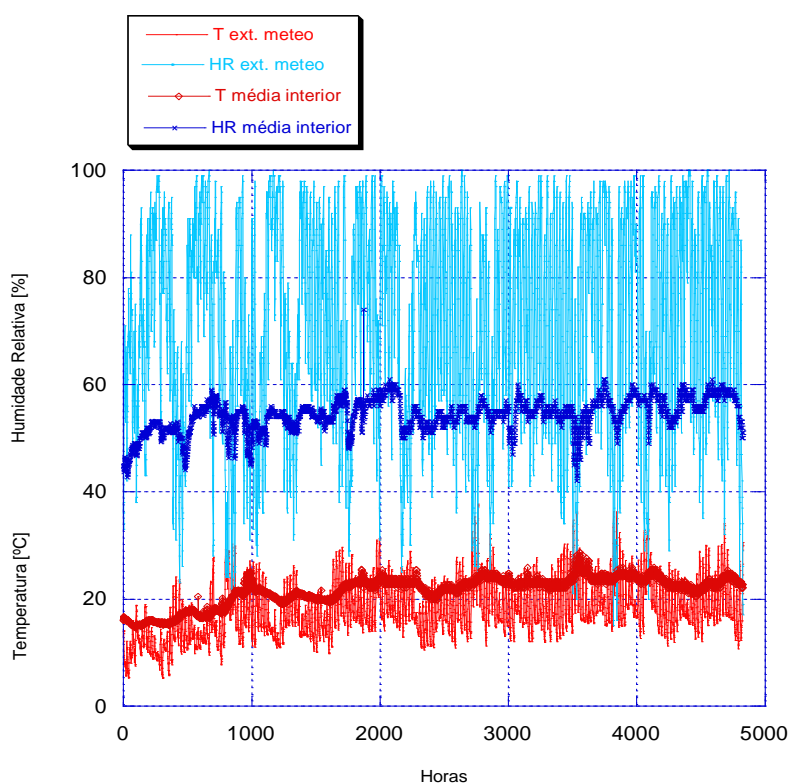
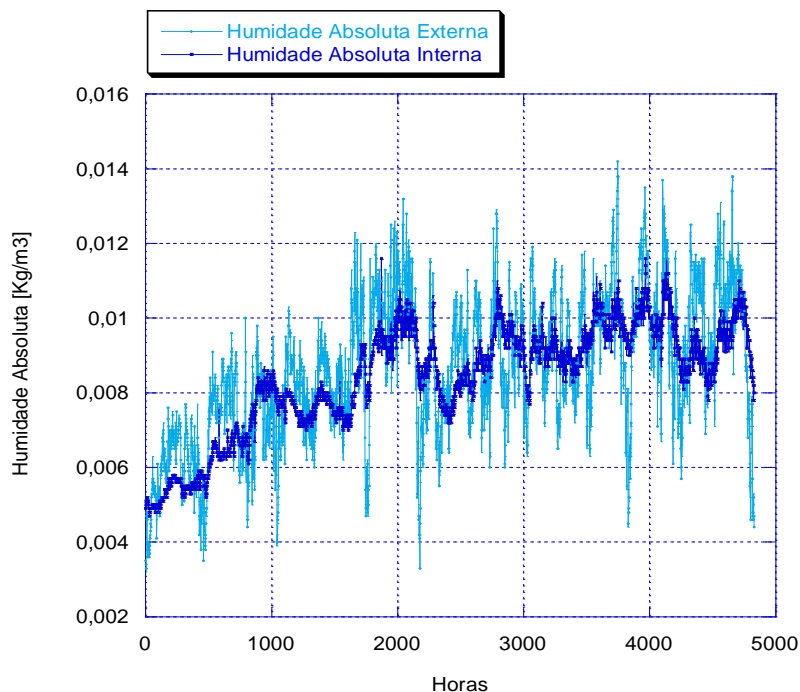


Figura 5.5: Humidade absoluta verificada no exterior e no depósito de livros.

O depósito de livros manifesta algumas oscilações de temperatura, mas, não são acentuadas. Em contrapartida, a humidade relativa apresenta variações muito acentuadas, surgindo valores acima da gama estabelecida em alguns intervalos de tempo (figura 5.4). A variação da humidade absoluta interior também acompanha de forma contínua a variação da humidade absoluta do exterior, tendo as duas curvas praticamente a mesma forma em todo o período de medição (figura 5.5).



**Figura 5.6:** Temperatura e humidade relativa verificada no exterior e no depósito de manuscritos musicais.



**Figura 5.7:** Humidade absoluta verificada no exterior e no depósito de manuscritos musicais.

O depósito de manuscritos musicais é claramente o espaço que mais facilmente responde às perturbações ambientais induzidas. Possui variações elevadas de temperatura e humidade relativa, apesar dos valores do último parâmetro não ultrapassarem os níveis considerados “ideais” (figura 5.6). A humidade absoluta apresenta o mesmo comportamento que se observou no depósito de livros (figura 5.7).

De um modo geral, pode-se afirmar que a temperatura e humidade relativa dos três espaços apresentam variações menores no interior dos espaços do que as obtidas no exterior. Os intervalos de tempo em que ocorreram as variações internas são muito próximos, comparados com os que se verificam no exterior.

Na tabela 5.1 apresentam-se os valores máximos, médios e mínimos de temperatura e humidade relativa que se verificaram nos três espaços ao longo do período de medições.

**Tabela 5.1:** Mínimos, máximos e médias dos resultados obtidos.

	T (°C)			HR (%)		
	Min.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Méd.
<b>Exterior</b>	5,2	37,7	18	15	100	71,8
<b>Depósito de periódicos</b>	13	<b>24,3</b>	<b>19,2</b>	<b>51</b>	72,4	68,8
<b>Depósito de livros</b>	15,3	26,4	<b>21,6</b>	45	68	<b>57,6</b>
<b>Depósito de manuscritos musicais</b>	14,6	28,7	<b>21,6</b>	42	<b>61</b>	<b>54,5</b>

Analisando estes dados, e comparando os valores obtidos no exterior do edifício com os dos espaços interiores, pode-se observar um relativo amortecimento tanto da temperatura como da humidade relativa no ambiente interno. Em negrito encontram-se os valores que mais se aproximam dos níveis “ideais”.

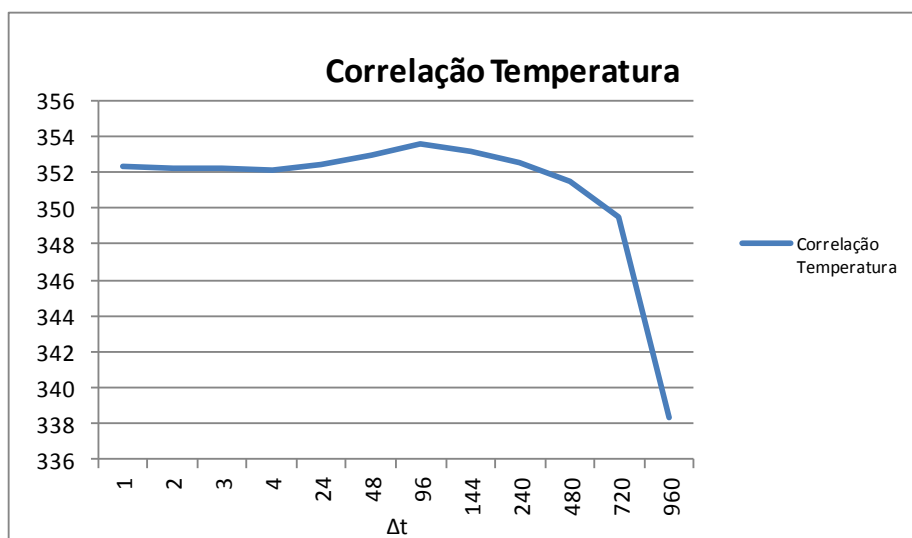
### 5.1.2. Caracterização da Resposta do Edifício às Variações de Temperatura e Humidade Exteriores

Para a caracterização da resposta do edifício, ou seja, o tempo que o edifício demora a responder às variações climáticas exteriores, utilizou-se a função de correlação, dada pela seguinte expressão:

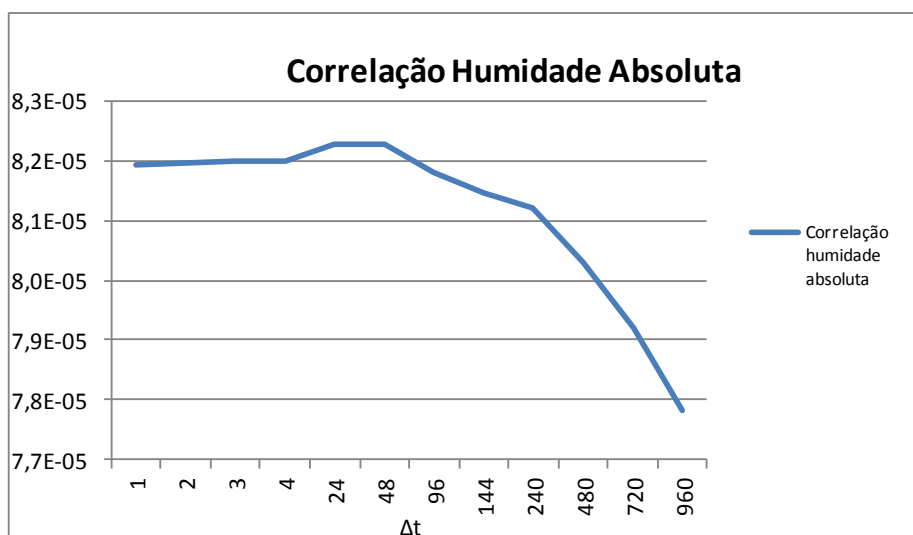
$$g(j) = \frac{1}{n_j} \sum_j T_{int.(j)} \times T_{ext.(j+\Delta t)} \quad (3)$$

Esta função permite a caracterização do grau de dependência, ou correlação, existente entre dois sinais. Se existir dependência de uma grandeza à outra, e responder sempre a esta ao fim de um determinado intervalo de tempo, o coeficiente de correlação apresentará um máximo para este valor.

Utilizando para este caso de estudo os parâmetros correlacionáveis, nomeadamente a temperatura interna e externa, conforme a equação apresentada anteriormente (expressão 3), e procedendo de igual forma para a humidade absoluta interna e externa, obtiveram-se os seguintes resultados (apresentam-se aqui apenas os resultados correspondentes ao depósito de periódicos, encontrando-se os dos restantes espaços no anexo (Anexo A)):



**Figura 5.8:** Correlação entre temperatura interior/temperatura exterior no depósito de periódicos.



**Figura 5.9:** Correlação entre humidade absoluta interior/ humidade absoluta exterior no depósito de periódicos.

Analisando as figuras é possível afirmar que o edifício responde de uma forma relativamente rápida e contínua às variações do exterior (principalmente em relação a humidade absoluta), verificando-se valores máximos para esse coeficiente, que indicam o tempo que o interior do edifício demora a responder às variações higrotérmicas do exterior. Para à temperatura, nenhum dos espaços apresentam uma correlação em intervalos de tempo inferiores a noventa e seis horas (figura 5.8). Quanto à humidade absoluta, todos apresentam uma correlação na ordem de vinte e quatro horas (figura 5.9). Desta forma, pode-se concluir que os espaços são relativamente permeáveis. Isto se deve em grande parte ao facto de as caixilharias serem antigas, como aliás o próprio edifício.

### 5.1.3. Determinação da Taxa de Renovação de Ar

A ventilação assume uma função relevante na renovação de ar num espaço, ao permitir assegurar as adequadas condições higrotérmicas e a remoção de substâncias poluentes existentes. A avaliação das condições de renovação de ar foi feita no depósito de manuscritos musicais, por conter os materiais mais importantes (raros), verificando as seguintes condições:

i) Foi utilizado como gás traçador, o CO<sub>2</sub>; ii) Uma determinada quantidade deste gás foi injectada no compartimento, tendo sido desocupado logo de seguida e a porta manteve-se sempre fechada durante todo o período de registo; iii) Admitiu-se que existiu uma boa mistura do gás com o ar do compartimento; iv) A renovação do ar é feita através da ventilação natural, com recurso às quatro janelas (infiltração de ar pelas frinchas das janelas) e não tendo verificado quaisquer sinais de infiltrações de água nas paredes, nem no tecto.

A ventilação natural é um processo criado através de um diferencial de pressões, provocada pela acção do vento (causado pela conversão da energia cinética do vento em pressão estática) e pela diferença da temperatura do ar interior e exterior (promovendo a diferença de densidade do ar).

A infiltração é um processo pelo qual o ar não controlado atravessa as paredes de um compartimento, através das aberturas acidentais (todos os tipos de frinchas) existentes nas envolventes dos edifícios.

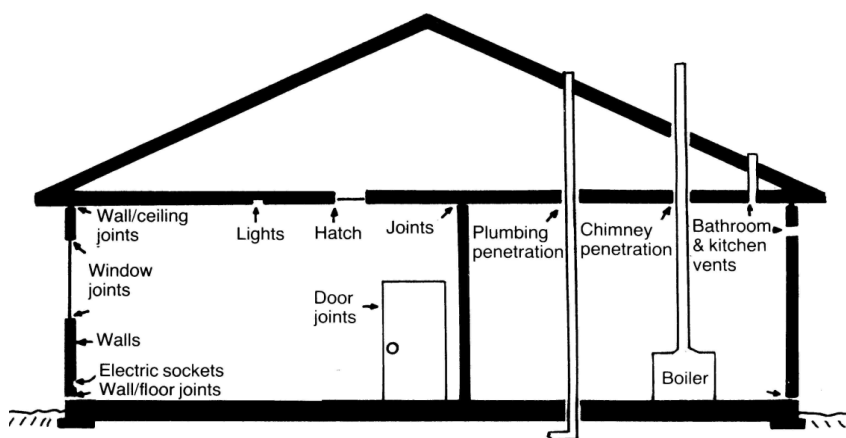


Figura 5.10: Diferentes tipos de frinchas no edifício [4].

Um gás traçador deve ser insípido, inodoro, incolor, com densidade próxima do ar, não ser tóxico nem prejudicial à saúde.

Se a concentração do gás traçador no exterior não for nula, a equação de balanço de massa é traduzida em caudais volúmicos pela seguinte expressão matemática:

$$V \times \frac{dC(t)}{dt} = Q \times C_{ext} - Q \times C(t) \quad (4)$$

onde:

- $V$ : Volume de ar do compartimento [ $m^3$ ]
- $C(t)$ : Concentração volúmica de gás traçador no interior do compartimento [ $m^3/m^3$ ]
- $Q$ : Caudal volúmico de ar através do compartimento [ $m^3/h$ ]
- $C_{ext}$ : Concentração volúmica de gás traçador no exterior [ $m^3/m^3$ ]
- $t$ : tempo [h]

Assim, a evolução temporal da concentração do gás no interior do compartimento pode ser dada pela equação:

$$\ln \left( \frac{C(t) - C_{ext}}{C_0 - C_{ext}} \right) = -\frac{Q}{V} \times \Delta t \quad (5)$$

A taxa média de renovação de ar representado por  $R_{ph}$  [ $h^{-1}$ ], obtém-se por:

$$R_{ph} = \frac{Q}{V} = -\frac{\ln \left( \frac{C(t) - C_{ext}}{C_0 - C_{ext}} \right)}{\Delta t} \quad (6)$$

Ao representar graficamente em função do tempo, os valores do logaritmo natural da diferença entre a concentração do gás traçador e a sua concentração no exterior, e com a aplicação de uma regressão linear, o módulo do declive da recta corresponde à renovação horária ( $R_{ph}$ ) no intervalo de tempo relativo ao decaimento. Com o objectivo de se obter uma boa aproximação linear, escolhem-se intervalos cuja variação decrescente do gás seja contínua, com poucas perturbações.

O valor da concentração de  $CO_2$  no exterior pode ser determinado a partir da figura 5.11, sempre que não haja ocupação, correspondendo ao valor da concentração quando esta se estabiliza, neste caso 380 ppm.



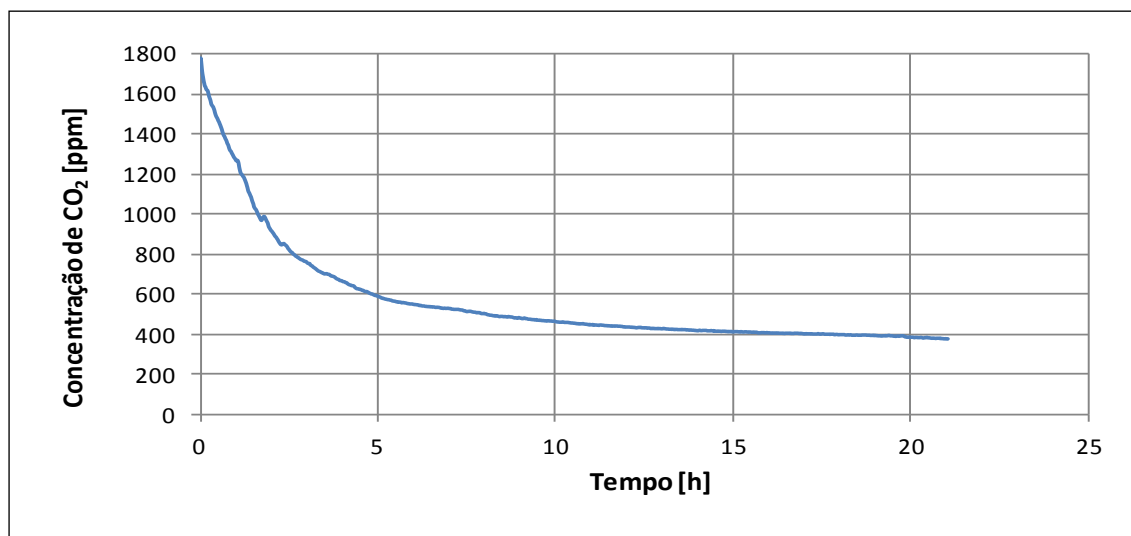


Figura 5.11: Evolução temporal da concentração de CO<sub>2</sub>.

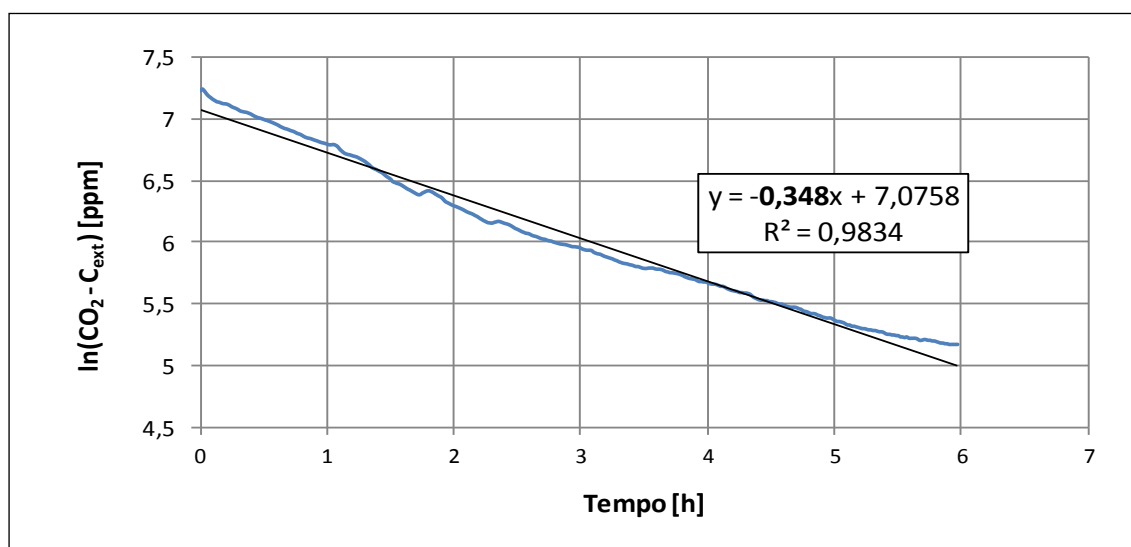


Figura 5.12: Decaimento da concentração de CO<sub>2</sub>.

A figura 5.11 demonstra o comportamento temporal da concentração de CO<sub>2</sub> a partir do 12:00 do dia 27 de Julho de 2011 até ao dia 28 de Julho de 2011. Analisando o período do decaimento da concentração deste gás (figura 5.12), registado desde o início das medições até às 18h (um total de 6h) da qual se aplicou a regressão linear ao logaritmo do mesmo, obteve-se uma taxa média de renovação de ar de aproximadamente  $0,35 \text{ h}^{-1}$ .

Tendo em conta o volume do espaço em estudo de  $156 \text{ m}^3$ , e sabendo que o caudal de ar novo é calculado através do produto deste volume e da taxa de renovações de ar (expressão 6), obteve-se o correspondente caudal de  $54,6 \text{ m}^3/\text{h}$ . Este é proveniente das

infiltrações pelas frinchas das janelas, que sendo antigas e algumas com as caixilharias enferrujadas, permitem facilmente a entrada de consideráveis caudais de ar exterior.

Sendo o espaço utilizado apenas para armazenagem, com a presença de um desumidificador, encontrando-se a porta normalmente fechada, e visto que se pretende a conservação dos manuscritos musicais (isolar o espaço o mais possível das condições exteriores), considera-se que a taxa de ventilação obtida deveria ser inferior. Isto, para minimizar as variações de temperatura e humidade relativa na sala, garantido assim, uma melhor conservação dos documentos.

Deste modo, pode-se concluir que o depósito de manuscritos musicais é um espaço relativamente permeável e sensível às condições exteriores.

## 5.2. Discussão dos Resultados

Da análise das figuras anteriores constatou-se algumas semelhança nos três espaços estudados, relativamente ao comportamento das variações de temperatura e humidade relativa, sendo maiores nuns que noutros, de acordo com as características dos mesmos.

De forma a conseguir uma análise mais eficaz dos resultados, recorreu-se ao índice sintético PI (“Performance Index”) que tem como objectivo a avaliação da QAI, indicando uma gama de valores que podem ser aceitáveis. Este índice possibilita o cálculo da probabilidade de ocorrência dos valores da temperatura e da humidade relativa, indicando se estes afastam ou aproximam dos valores de referência (**18-22°C e 50-60%**), analisando as condições de preservação dos espólios no edifício.

Este procedimento pode ser facilmente aplicado à análise de todos os aspectos ambientais em espaços fechados. Mas, o acompanhamento e o processo dos dados devem ser sempre contínuos, seguros e fiáveis, para que se possam possibilitar informações satisfatórias e relevantes.

Aplicando este índice ao caso de estudo, calcularam-se as frequências relativas e acumuladas dos valores de temperatura e humidade relativa registadas nos três espaços, como se verifica nas figuras seguintes.

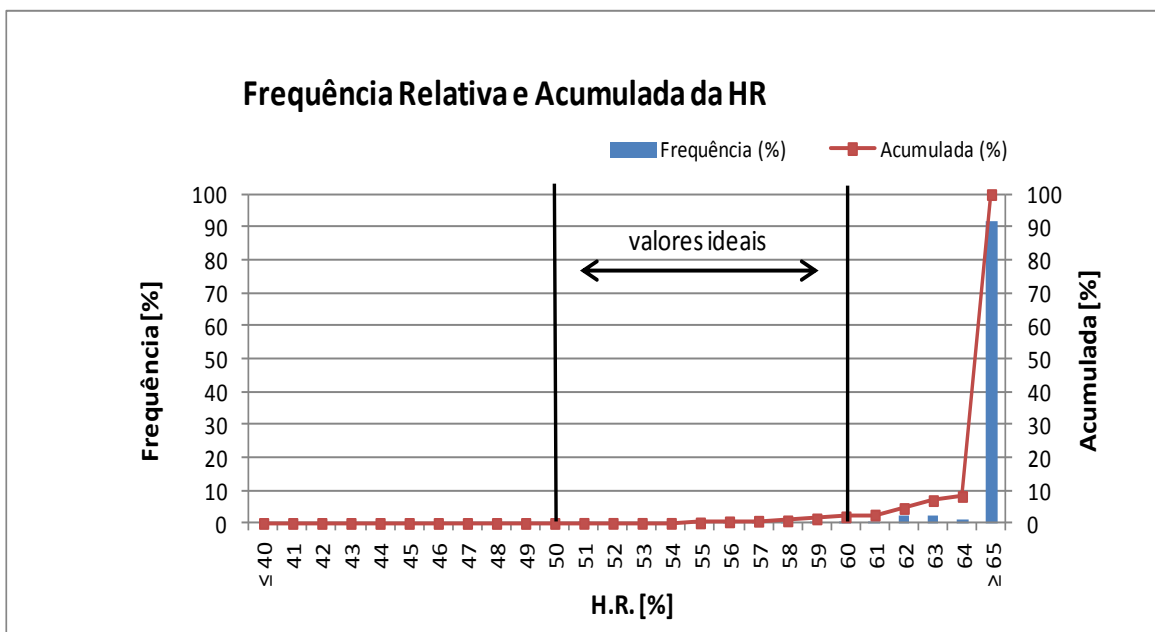


Figura 5.13: Frequência relativa e acumulada dos valores da umidade verificados no depósito de periódicos.

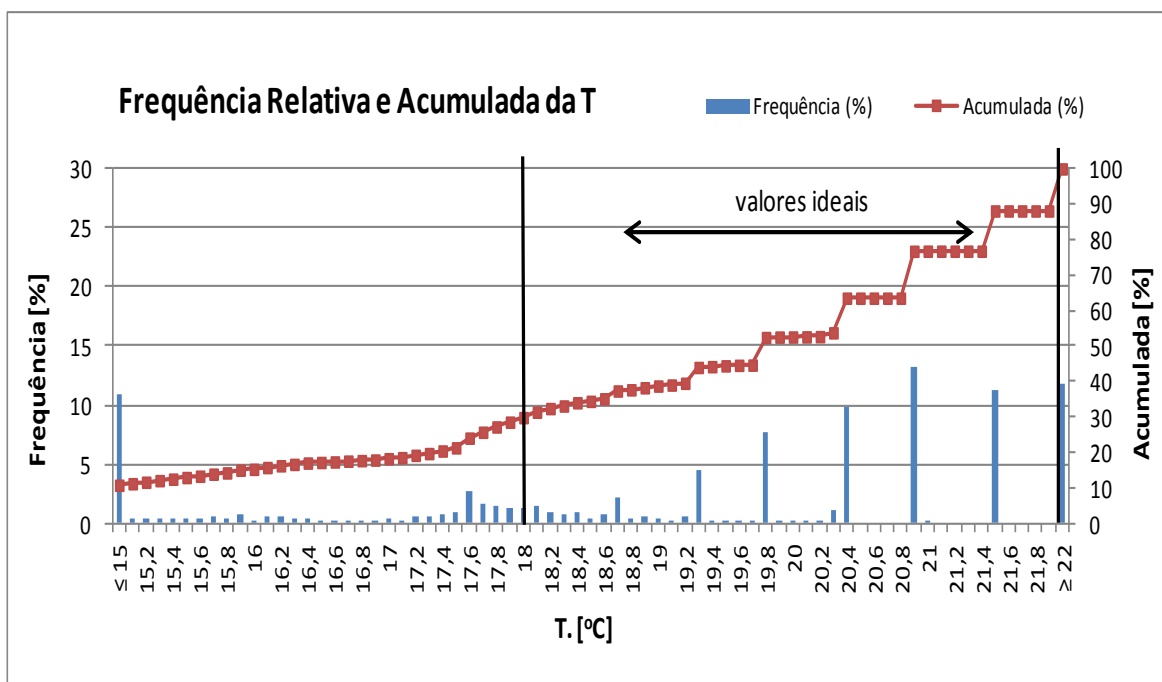
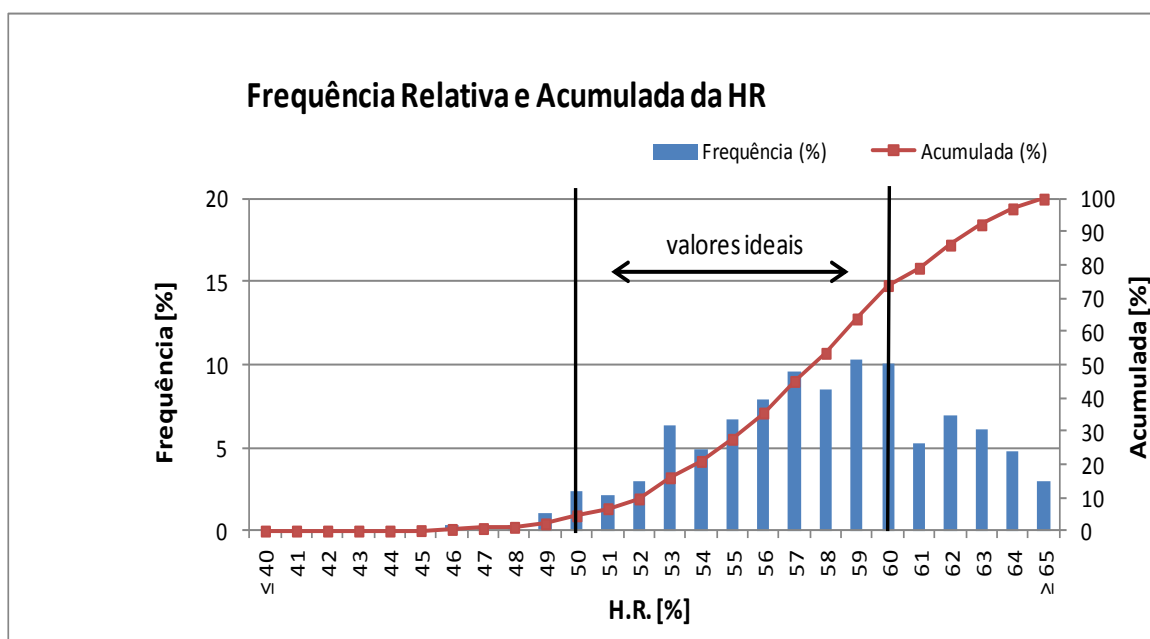


Figura 5.14: Frequência relativa e acumulada dos valores da temperatura verificados no depósito de periódicos.

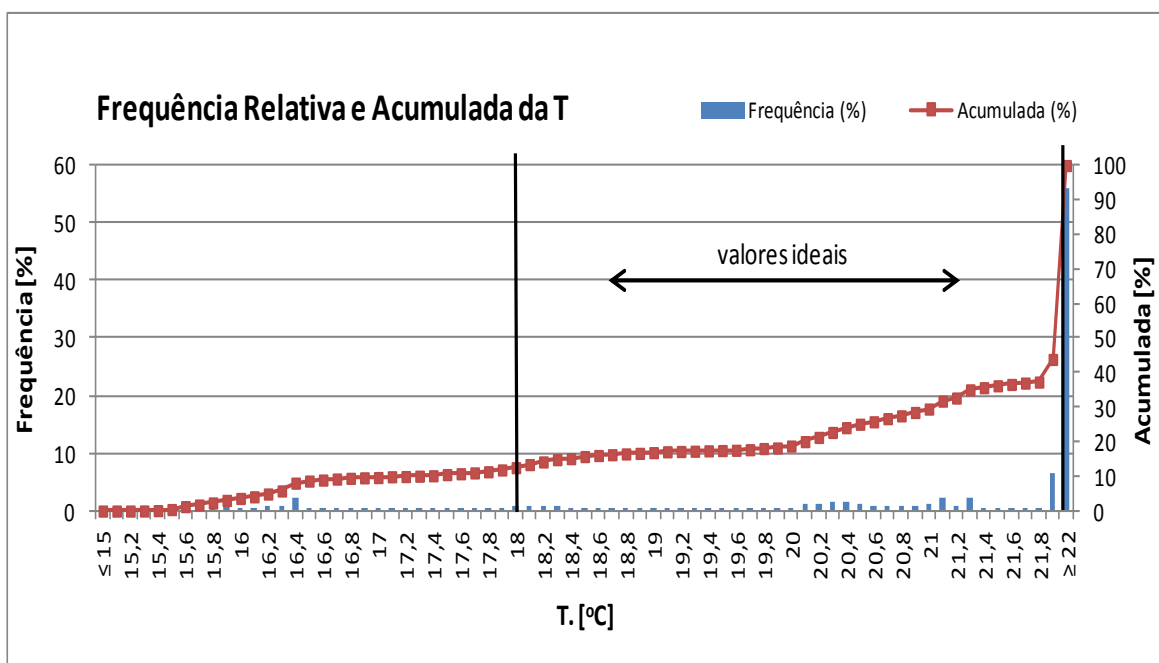
O depósito de periódicos é um espaço de grandes dimensões e possui um desumidificador em constante funcionamento. Da análise das figuras anteriores, verifica-se que em relação à umidade relativa (figura 5.13), há uma grande ocorrência de valores

elevados, encontrando-se 97% acima de 60%, ou seja, do limite máximo recomendado, resultando em 3% dentro do intervalo considerado “ideal”. Contudo, apesar de serem valores elevados, constata-se que o comportamento é relativamente estável ao longo do tempo. Em relação à temperatura (figura 5.14), 30% correspondem a valores abaixo do limite inferior, 5% encontram-se acima dos 22°C e 65% dos valores situam-se dentro da gama pretendida. Também verifica-se que a temperatura mais vezes registada corresponde ao valor 20,9°C (13%). O motivo do espaço ter valores de humidade relativa elevados pode ser explicado pelo facto de possuir um desumidificador muito antigo, que poderá não funcionar correctamente, ou o mais provável, por influência de uma janela que se encontra com o vidro partido (possui uma espessura considerável). Isso se verificou numa das visitas realizadas ao local, apresentando-se no Anexo C (figura C.5) uma ilustração da situação descrita.

Reunindo toda a informação, pode referir-se que este espaço tem condições térmicas aceitáveis, mas os valores de humidade relativa estão muito elevados, comparados aos de referência. Contudo, estes situam-se numa gama de valores estáveis ao longo do período de análise, pelo que não se pode afirmar em absoluto que seja prejudicial aos documentos.



**Figura 5.15:** Frequência relativa e acumulada dos valores da humidade verificados no depósito de livros.



**Figura 5.16:** Frequência relativa e acumulada dos valores da temperatura verificados no depósito de livros.

O depósito de livros é o único espaço desprovido de equipamento de controlo do clima e que possui maiores dimensões. Apresenta 26,1% de valores de humidade relativa acima de 60% e apenas 4,7% abaixo do limite inferior, estando 69,2% dentro do intervalo estabelecido (figura 5.15). O valor da humidade mais vezes registado é de 59% (10,3%). Para a temperatura (figura 5.16), registou-se somente 12% de valores abaixo do mínimo admissível e 20% acima dos 22°C, situando-se 68% dos valores dentro da gama pretendida. As temperaturas mais vezes registadas correspondem a valores iguais ou superiores a 22°C (94%). Nota-se que os valores considerados “ideais” de temperatura e humidade relativa são registados em maior percentagem, o que não seria de esperar, já que no espaço não existe controlo desses parâmetros. Porém, manifesta variações muito acentuadas de humidade relativa, podendo considerar-se que o clima interior do depósito de livros não apresenta boas condições de conservação dos documentos.

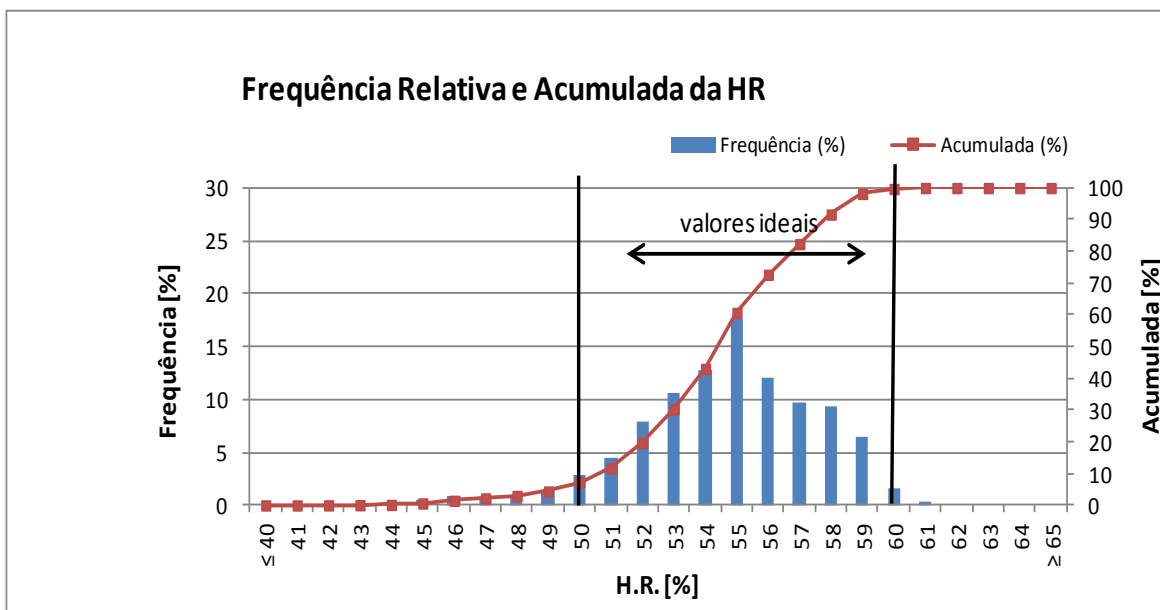


Figura 5.17: Frequência relativa e acumulada dos valores da humidade verificados no depósito de manuscritos musicais.

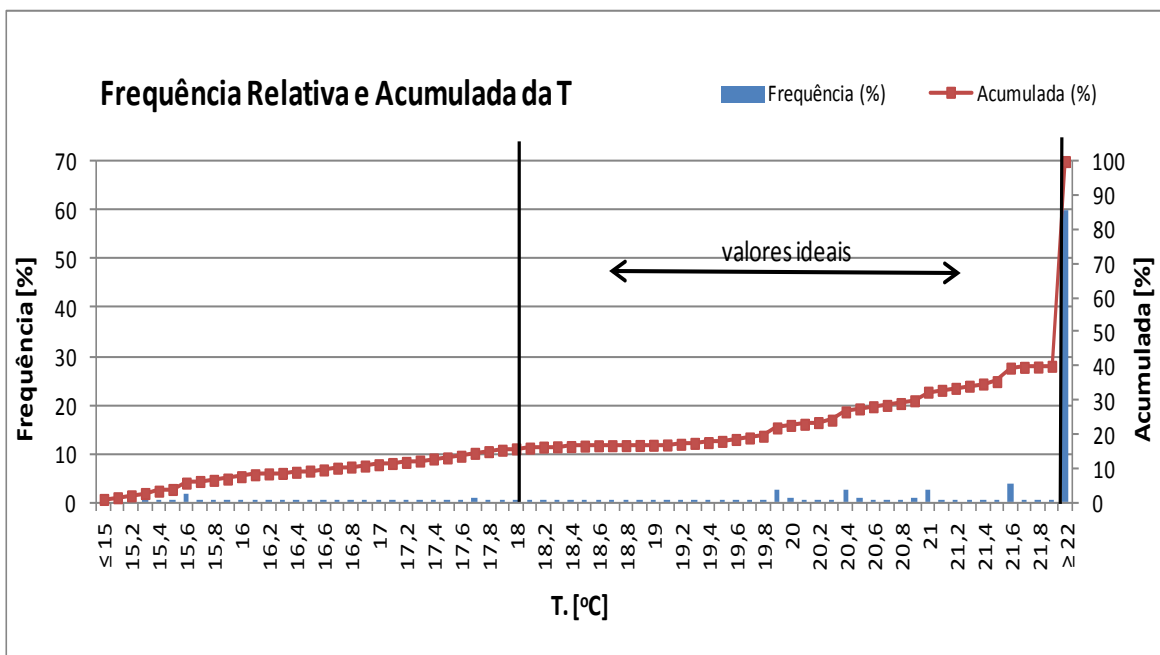


Figura 5.18: Frequência relativa e acumulada dos valores da temperatura verificados no depósito de manuscritos musicais.

O depósito de manuscritos musicais é relativamente pequeno, e tem um desumidificador em permanente funcionamento. Possui simplesmente 0,3% de valores de humidade relativa acima de 60% e 8% abaixo de 50%, resultando 91,7% dentro do

intervalo de valores “ideais” (figura 5.17). O valor da humidade mais vezes registado é de 55% (17,7%).

Para a temperatura (figura 5.18), verifica-se 15% de valores abaixo do limite inferior e 25% acima dos 22°C, correspondendo a 60% dos valores dentro da gama recomendada. As temperaturas mais vezes registadas equivalem a valores iguais ou superiores a 22°C (86%).

O desumidificador funciona correctamente, mantendo os valores de humidade relativa abaixo de 60% em praticamente todo o período de aquisição dos dados e tendo a temperatura uma maior percentagem de valores dentro dos níveis “ideais”. O compartimento também beneficia da pequena área que possui, porém, manifesta grandes variações dos dois parâmetros, o que não se verifica nos restantes espaços.

Pressupõe-se que estas variações estejam relacionadas com o facto de ser o único espaço que possui uma parede na fachada orientada a Sul, com a presença de uma janela, estando muito exposto à radiação solar. Isto provocará grandes variações de temperatura e humidade relativa, fazendo com que o espaço não apresente boas condições para a conservação dos importantes manuscritos armazenados.

Em síntese, é possível afirmar-se que o clima interior dos três compartimentos é afectado pelas condições do exterior, verificando-se variações acentuadas dos parâmetros nalguns espaços, sendo tal factor prejudicial aos documentos. As irregularidades que se verificam nalgumas janelas traduzem-se em influências do clima exterior no clima interior, permitindo a circulação de quantidades de ar não controladas.

### 5.3. Detecção de Anomalias e Propostas de Correção

Foram detectadas algumas anomalias, e estas já foram vindo a ser referidas ao longo do trabalho. Salienta-se o facto das janelas dos compartimentos possuírem vidros simples, dos quais um encontra-se partido e sem qualquer vedação e não possuir nenhum controlo de temperatura e humidade relativa no depósito de livros.

Deve também referir-se às caixilharias metálicas relativamente antigas, encontrando-se algumas enferrujadas e mal isoladas com o exterior e a falta de isolamento térmico dentro do edifício.

Apresentam-se em seguida algumas propostas de correção de forma a minimizar os efeitos negativos nos acervos bibliográficos, começando por sugerir uma manutenção apropriada ao edifício, incluindo a substituição do vidro partido (podem entrar insectos e pragas no espaço) e a calafetagem das janelas, para poder-se diminuir as infiltrações de ar.

Sugere-se ainda a utilização de um equipamento que controle a temperatura e a humidade no depósito de livros, o uso de estores ou persianas no mesmo espaço e no depósito de periódicos com o objectivo de controlar a luz natural e utilizar métodos de insolação para reduzir o calor.

A possibilidade de aplicação de um isolante térmico no interior do edifício e a colocação de janelas de vidros duplos, afiguram-se como sendo opções a terem em conta, que apesar de envolverem maiores custos monetários, permitiriam um melhor desempenho higrotérmico do edifício.



## **CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES**

### **6.1. Considerações Finais**

Com este trabalho pretendeu-se avaliar as condições higrotérmicas na preservação e conservação dos acervos bibliográficos em três espaços do edifício Novo da BGUC. Ao longo do estudo têm-se mencionado a maior parte das conclusões, porém, expõe-se no presente capítulo as considerações finais que proporcionam uma visão geral do estudo realizado.

Tendo em conta que os espaços estudados são constituídos por importantes acervos bibliográficos, torna-se indispensável a caracterização das condições higrotérmicas interiores para a preservação e conservação dos mesmos.

O ponto de partida para a preservação de documentos está em monitorizar os espaços interiores do edifício, para que se possam controlar as flutuações climáticas, prevenindo, estabilizando ou retardando a deterioração dos mesmos. As solicitações exteriores também devem ser estudadas, já que estas interferem muito no comportamento higrotérmico do edifício.

Os objectos bibliográficos requerem uma armazenagem a uma gama de valores considerados “ideais” (18 a 22°C para a temperatura e de 50 a 60% para a humidade relativa) a fim de prolongar a sua vida útil, devendo-se evitar ao máximo as flutuações dos mesmos. Essas são uma das principais causas da degradação desses materiais.

Em relação aos espaços estudados, pode afirmar-se que o depósito de periódicos é o que apresenta maiores níveis de humidade relativa comparados com os valores de referência. No entanto, não se verificam flutuações acentuadas, podendo assumir-se um comportamento higrotérmico aceitável, mas, a curto prazo.

O depósito de livros, apesar de geralmente possuir valores dos dois parâmetros dentro da gama estabelecida, apresenta variações acentuadas de humidade relativa durante todo o período em análise, tendo também algumas variações de temperatura. Deste modo, considerou-se que este espaço não possui boas condições de preservação.

Finalmente, para o depósito de manuscritos musicais, concluiu-se que é o espaço mais permeável e sensível, apresentando variações acentuadas de temperatura e humidade relativa. O valor da taxa de renovação de ar confirma a relativa permeabilidade e sensibilidade deste espaço.

No geral pode assegurar-se que existe influência das condições higrotérmicas exteriores no interior do edifício, provocando flutuações dos valores higrotérmicos, sendo mais perceptíveis nos valores de humidade relativa, evidente através das correlações obtidas para os três depósitos estudados.

Ao longo do estudo foram detectadas algumas anomalias no que respeita a manutenção do edifício e o controlo dos níveis de temperatura e humidade relativa que se fazem sentir no interior do edifício, levando a apresentação de algumas propostas de correcção de forma a minimizar os efeitos negativos nos acervos bibliográficos.

## **6.2. Sugestões Futuras**

Algumas sugestões de trabalhos futuros serão indicadas, começando por propor-se a continuidade dos estudos de monitorização das condições higrotérmicas nos espaços analisados. Pois, seria muito importante acompanhar o comportamento destes, em outras estações e comparar com os dados obtidos neste trabalho. Para além da temperatura e humidade relativa podia-se incluir outros factores de degradação dos acervos, que foram mencionados no presente trabalho.

Sugere-se a instalação de um aparelho de controlo contínuo de temperatura e humidade relativa nos espaços, que possa ser programado para manter os valores estáveis ao longo do tempo (dentro dos níveis de referência).

A implementação de normas e procedimentos a serem seguidos dentro da biblioteca, tanto pelos funcionários como pelos usuários, é uma forma fácil e eficaz de consciencialização e sensibilização da importância de preservar e conservar os documentos.

## 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 15 de Março de 2011 e disponível em: <http://mnmachadodecastro.imc-ip.pt/Data/Documents/Prevenir%20para%20preservar%20o%20patrimonio%20museol%C3%B3gico.pdf>.
- [2] Almeida, M. L. de (1956), “*Cidade Universitária de Coimbra*. Ministério das Obras Públicas, Coimbra. Consultado em 19 de Maio de 2011.
- [3] Amaral, A. E. (2009), “*Tesouros da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra*”, Imprensa da UC. Consultado em 7 de Abril de 2011.
- [4] Awbi, Hazim (2003), “*Ventilation of Buildings*”, 2nd Edition. Spon Press. ISBN 9780415270564. Consultado em 2 de Setembro de 2011.
- [5] Biblioteca Joanina. Página Consultada em 15 de Março de 2011 e disponível em: [http://bibliotecajoanina.uc.pt/a\\_biblioteca/bguc](http://bibliotecajoanina.uc.pt/a_biblioteca/bguc).
- [6] Boletim electrónico da ABRACOR - Número 1 (2010). Página consultada em 16 de Março de 2011 e disponível em: <http://www.abracor.com.br/novosite/boletim/boletim062010.pdf>.
- [7] Campos, M. L. F. (2006), “*Política de preservação de documentos em Bibliotecas Públicas Estaduais Brasileiras*”. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) para obtenção do grau de Bacharel em Biblioteconomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Consultado em 8 de Julho de 2011 e disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/16286/000591986.pdf?sequence=1>.
- [8] Camuffo D. [et al] (2001), “*Environmental monitoring in four European museums*”, Journal Atmospheric Environment 35 Supplement nº 1, S127- S140. Consultado em 16 de Março de 2011.
- [9] Casanovas, L. e Seruya, A. (1999), “*Climate control in a 16<sup>th</sup>-century building in the south of Portugal*”. 12<sup>th</sup> Triennial Meeting, Preventive conservation. ICOM, Committee for conservation, 27-30. Consultado em 30 de Abril de 2011.
- [10] 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 28 de Abril de 2011.

- [11] Catarino, I. N., (2010), “*Análise das Condições Higrotérmicas na Biblioteca Joanina da Universidade de Coimbra*”. Tese de mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- [12] Clima de Coimbra. Página consultada em 1 de Julho de 2011 e disponível em: <http://portugal.veraki.pt/distritos/distritos.php?iddist=16>.
- [13] 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.
- [14] Edmondson, R. (2002), “*Memória do Mundo: Directrizes para a salvaguarda do património documental*”, Paris. Elaborado para UNESCO (Versão para português Maria Elisa Bustamante). Consultado em 19 de Julho de 2011 e disponível em: <http://www.portalan.arquivonacional.gov.br/Media/Diretrizes%20para%20a%20salvaguarda%20do%20patrim%C3%B3nio%20documental.pdf>.
- [15] 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.
- [16] Figueiredo, A. R. (2010), “*Assessment of the internal hicrothermal conditions in the General Library of the University of Coimbra*”, IEE – Indoor Environment Engineering in Cultural Heritage, LAMBERT Academic Publishing, Chapter 9, section 9.4. Consultado em 5 de Maio de 2011.
- [17] Fiolhais, C. e Marques, J. C., “*A BGUC e as Bibliotecas da Universidade de Coimbra*”. Consultado em 20 de Março de 2011 e disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/12603/1/A%20BGUC%20e%20as%20Bibliotecas%20da%20Universidade%20de%20Coimbra.pdf>.
- [18] 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 4 de Abril de 2011.
- [19] IFLA-PAC (2004), “*Directrizes da IFLA para a conservação e o manuseamento de documentos de biblioteca*”, Publicações técnicas sobre P & C. Lisboa, Biblioteca Nacional. ISBN 972-565-306-8. Consultado em 21 de Março de 2011.
- [20] Instituto de Meteorologia, IP, Portugal. Página consultada entre 3 de Março de 2011 a 20 de Setembro de 2011, para recolha de dados horários de temperatura e humidade relativa na cidade de Coimbra. Disponível em: <http://www.meteo.pt/pt/otempo/graficosobservacao>.

- [21] Instituto Português dos Museus (2005), “*O panorama museológico em Portugal: [2000-2003]*”. Lisboa: Observatório das Actividades Culturais. ISBN 972-8488-29-7. Consultado em 4 de Abril de 2011.
- [22] Instruction manual for use of Temperature and RH Logger R3120. Página consultada em 15 de Março de 2011. Disponível em: <http://www.cometsystem.cz/english/manuals/ie-log-r3120.pdf>.
- [23] 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 2011.
- [24] Mársico, M. A. de V. (2007), “*Noções Básicas de preservação de Livros e Documentos*”, Brasil. Consultado em 24 de Março de 2011.
- [25] Mello, P. M. A. C. de, Santos, M. J. V. da C. (2004), “*Manual de Conservação de Acervos Bibliotecários da UFRJ*”. Série Manual de Procedimentos, 4. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. Consultado em 3 de Maio de 2011.
- [26] Newport. Página consultada em 21 de Março de 2011. Disponível em: <http://www.newportus.com/ppt/omnomad.html>.
- [27] Norma UNI 10829 (2009), “*Beni di interesse storico e artistico – Condizioni ambientali di conservazione – Misurazione ed analisi*”. Norme e Linee Guida, ISAC, Bologna. Consultado em 18 de Julho de 2011 e disponível em: [http://www.ibr.regione.emilia-romagna.it/wcm/ibr/eventi/musa2/g/2\\_Chicara\\_Guaraldi\\_-\\_Norme\\_e\\_linee\\_guida.pdf](http://www.ibr.regione.emilia-romagna.it/wcm/ibr/eventi/musa2/g/2_Chicara_Guaraldi_-_Norme_e_linee_guida.pdf).
- [28] Ogden, S. (2001), “*Meio Ambiente.*” 2ª Edição (14 a 17). Projecto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos. Rio de Janeiro, Brasil. Consultado em 21 de Março de 2011.
- [29] Padfield, T., “*Dataloggers for climate measurement in museums and in transport cases*”. Página consultada em 16 de Março de 2011, em: <http://www.natmus.dk/cons/tp/datalog/datlog1.htm>.
- [30] Pereira, A. G., Berto, L. e Barros, R., “*Ventilação, Humidade e Temperatura*”. Consultado em 15 de Março de 2011. Disponível em: <http://campus.fortunecity.com/mcat/102/ventila.htm>.
- [31] Ramos, N. M. M. (2007), “*A importância da inércia higroscópica no comportamento higrotérmico dos edifícios.*”. Dissertação submetida para obtenção de Doutor em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- [32] Santos, J. P. C. dos (2008), “*Avaliação Experimental dos Níveis de Qualidade do Ar Interior em Quartos de dormir*”. Tese de mestrado em Engenharia Civil na especialidade de Reabilitação de Edifícios. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Portugal.

- [33] Sarmiento, A. G. da. S. (2003), “*PRESERVAR 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. Consultado em 24 de Maio de 2011.
- [34] Sebera, D. K. (1994), “*ISOPERMS: An Environmental Management Tool*”. Commission on Preservation and Access. Consultado em 16 de Março de 2011
- [35] Thomson, G. (1986), “*The museum environment. Second edition*”. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann. ISBN 0-7506-2041-2.
- [36] Toledo, F.(2003) “*O controle climático em museus quentes e úmidos. Conservação preventiva e o controle climático*”. Consultado em 5 de Julho de 2011, em: [http://www.museuvictormeirelles.org.br/agenda/2003/seminario/franciza\\_toledo.htm](http://www.museuvictormeirelles.org.br/agenda/2003/seminario/franciza_toledo.htm).
- [37] Universidade de Coimbra (prospecto 2003 – 2004). Página consultada em 15 de Março de 2011, e disponível em: <http://www.ci.uc.pt/prospecto/bibliotecas/geral.html>.
- [38] Yamashital, M. M. e Paletta, F. A. C. (2006), “*Preservação do Patrimônio Documental e Bibliográfico com ênfase na Higienização de livros e documentos textuais*”. Universidade de São Paulo, Brasil. Consultado em 24 de Maio de 2011. Disponível em: <http://www.arquivistica.net/ojs/include/getdoc.php?id=297&article=77>.

## ANEXO A – Gráficos de Correlação referentes aos Restantes Espaços

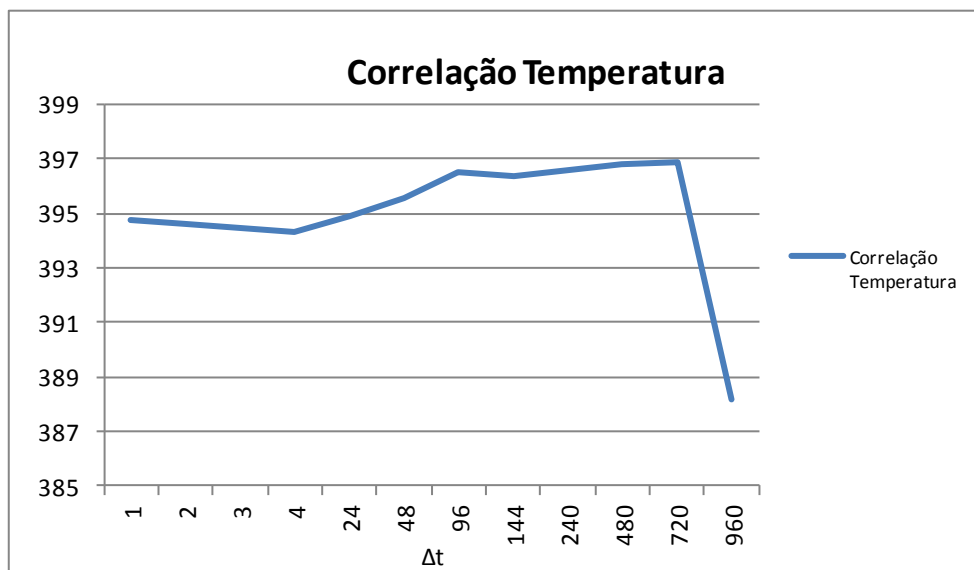


Figura A.1: Correlação entre temperatura interior/temperatura exterior no depósito de livros.

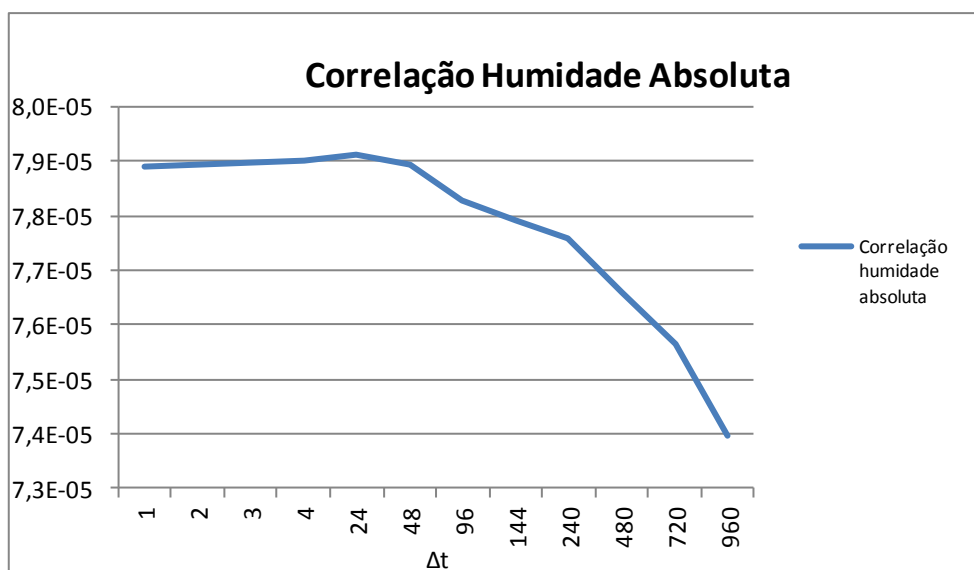


Figura A.2: Correlação entre humidade absoluta interior/humidade absoluta exterior no depósito de livros.

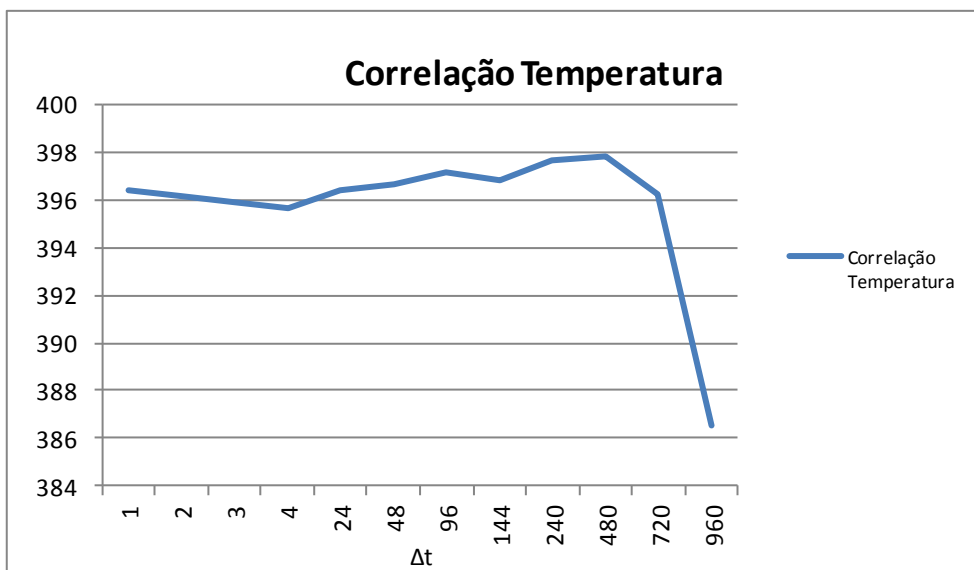


Figura A.3: Correlação entre temperatura interior/temperatura exterior no depósito de manuscritos musicais.

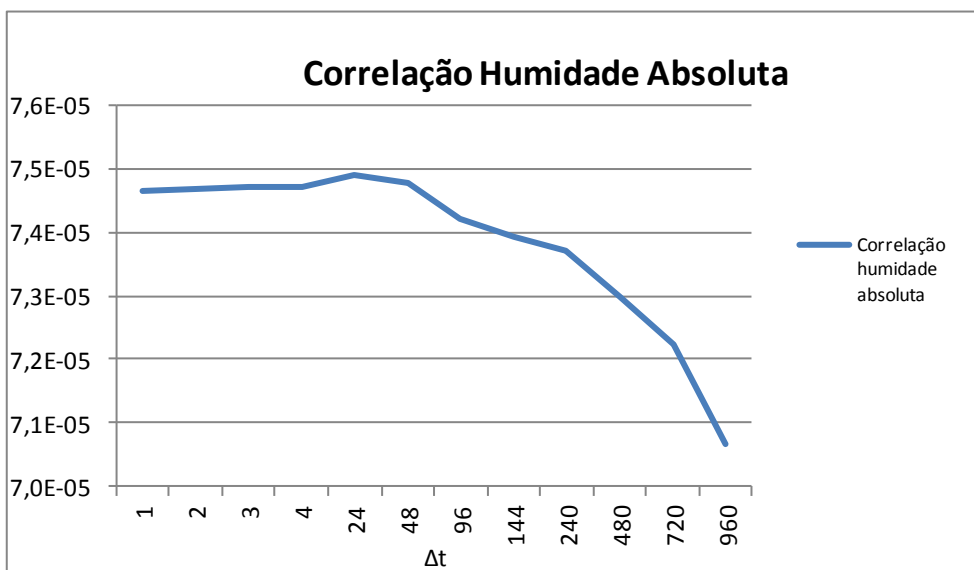


Figura A.4: Correlação entre humidade absoluta interior/humidade absoluta exterior no depósito de manuscritos musicais.



## ANEXO B – Condições Ambientais de Referência

**Tabela B.1:** Valores higrotérmicos recomendados para as condições “ideais” de conservação química e física de objectos [16].

Objects	Relative Humidity (%)	Temperature (° C)
iron armour, weapons	<40	
ivory, bone	45-65	19-24
bronze	<55	
paper, paper mache	50-60	19-24
anatomical collections	40-60	19-24
mineralogical collections, marble and stone	45-60	<30
leather, skins, parchment	50-60	
records, tapes	40-60	10-21
herbs and botanical collections	40-60	
film	30-50	-5 - +15 *
photographs (b / w)	20-30	2-20 **
insects and entomological boxes	40-60	19-24
oriental lacquer	50-60	19-24
wood	40-65	19-24
wood painting, polychrome sculpture	45-65	19-24
books, manuscripts	50-60	19-24
ethnographic material	40-60	19-24
organic material in general	50-65	19-24
plastics	30-50	
polished metals and alloys, brass, silver, tin, lead, copper	<45	
furniture with inlays and lacquers	50-60	19-24
mosaics and murals	45-60	min 6 °C (winter) max 25 °C (summer) with max daily gradient 1.5°C/H
Gold	<45	
Papyrus	35-50	19-24
pastels, watercolours, drawings, prints	50-60	19-24
Furs, feathers	45-60	15-21
paintings on canvas	35-50	19-24
porcelain, ceramics ***, stoneware, earthenware	20-60	
Silk	50-60	
fabrics, carpets, tapestries, cloth wall coverings	40-60	
glass and stable windows	25-60	

\* Depende da sensibilidade do filme. \*\* Válido para fotografias em papel, plástico, e vidro. Recomenda-se baixas temperaturas para materiais a base de nitrato e de vidro com emulsão coloidal. \*\*\* Para certas cerâmicas feitas em temperaturas baixas, o valor de humidade relativa deve ser <45%.

**Tabela B.2:** Valores sugeridos para a conservação das obras de arte para as condições climáticas interiores no estado estacionário (UNI 10829) [11].

Work of art materials	$\theta_0$ (°C)	$\Delta\theta_{\max}$ (°C)	$u_0$ (%)	$\Delta u_{\max}$ (%)
<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 –15 to –5	–	30–45 30–50	–
Film, black and white photograph	5–15 2–20	–	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.

## Anexo C – Imagens dos Diferentes Espaços e do Medidor da Concentração de CO<sub>2</sub>.



**Figura C.1:** Localização do DL nº3.



**Figura C.2:** Localização do DL nº4.



**Figura C.3:** Localização do DL nº5.



**Figura C.4:** Livros com aspecto degradado.



**Figura C.5:** Janela com o vidro partido no depósito de periódicos.



**Figura C.6:** Medidor da concentração de CO<sub>2</sub> Sensotron PS32.

## ANEXO D - Cálculo da Humidade Absoluta

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

$$W = 0,622 \times \frac{\phi \times p_{vs}}{P_{atm}} \quad (7)$$

Onde,

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

$\phi$  – Humidade relativa;

$p_{vs}$  – Pressão de saturação (bar);

$P_{atm}$  – Pressão atmosférica (bar).

Para o cálculo da pressão de saturação recorreu-se à fórmula seguinte:

$$p_{vs}(T) = 0,0069133 \times e^{0,059018 \times T} \quad (8)$$

Sendo,

$T$  – Temperatura (°C).

