



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Caracterização Higrotérmica do ambiente interior na Casa-Forte da Biblioteca Geral da UC

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

Autor

Ricardo Miguel da Silva Porto

Orientador

Professor Doutor José Joaquim Costa

Júri

Presidente Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra (DEM-FCTUC)

Vogal Professor Doutor António Rui de Almeida Figueiredo
Professor Associado com agregação da Universidade de Coimbra
(DEM-FCTUC)

Orientador Professor Doutor José Joaquim Costa
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra (DEM-FCTUC)

Coimbra, Setembro, 2014

Quanto mais aumenta nosso conhecimento,
mais evidente fica nossa ignorância.

John F. Kennedy

Aos meus pais.

Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento. Deste modo, expressos os meus sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador, o Professor José Joaquim Costa, pela disponibilidade manifestada para orientar esta dissertação e por todo o apoio, sugestões e esclarecimentos prestados durante a elaboração deste trabalho.

Ao Dr. José Mateus e a Dr. Luísa Machado, a disponibilidade e o interesse demonstrado nas visitas à Casa-Forte da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra e por toda a informação cedida.

Ao Dr. João Gonçalves, docente do Instituto Politécnico de Viseu, pela ajuda prestada e por se mostrar disponível a colaborar quando o necessário.

Ao Engenheiro João Carrilho agradeço o material facultado e a disponibilidade demonstrada.

À minha família por todo o carinho e apoio demonstrado, em especial, aos meus pais por todo o esforço realizado para me proporcionar as condições necessárias para o sucesso desta etapa.

A todos os meus amigos e colegas de curso que me acompanharam ao longo da minha vida académica e em especial durante a elaboração desta tese, por todo o apoio, estímulo, amizade e motivação.

Resumo

Atualmente a preservação de acervos bibliográficos em bibliotecas e arquivos tem inquietado devido à sua constante deterioração e instabilidade.

É neste contexto que surge esta dissertação, com o objetivo de caracterizar e analisar quais as condições ambientais que a Casa-Forte da Biblioteca Geral da UC possui para a preservação do seu espólio bibliográfico.

Assim o presente trabalho pretende avaliar a qualidade do ar interior da Casa-Forte, sobretudo as condições higrotérmicas, pois sabe-se que são as principais responsáveis pela deterioração dos acervos, favorecendo também o desenvolvimento de microrganismos e o surgimento de insetos.

Existe algum consenso relativamente às gamas de valores de temperatura e de humidade relativa do ar recomendáveis para a boa conservação dos acervos bibliográficos, situando-se entre os 18°C e os 22°C e entre 45% e 55%, respetivamente. Contudo, não existem propriamente “valores ideais”, uma vez que cada espaço em análise é diferente.

Após a conclusão do estudo realizado, verificou-se que a humidade relativa no interior da Casa-Forte apresentava quase sempre valores bastante altos comparados com os de referência recomendados. A exceção foi um certo período em que os limites recomendados foram cumpridos, o que leva a admitir que se houver um plano de manutenção dos desumidificadores, onde estes fossem ajustados e monitorizados com rigor e regularidade se poderia alcançar o pretendido. Relativamente à temperatura, esta apresentou ao longo do estudo um comportamento térmico razoável e só em alguns intervalos de tempo é que não cumpriu os valores recomendados.

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

Palavras-chave: Condições Higrotérmicas, Humidade Relativa, Preservação, Temperatura.

Abstract

Currently the preservation of library collections in libraries and archives has deserved an increasing interest, because of the risk of their deterioration and instability.

This thesis is in this context that, aiming to characterize and analyze the environmental conditions that Casa-Forte of the UC General Library has for the preservation of its bibliographic valuable patrimony.

Thus this work aims to assess the indoor ambient of the Casa-Forte, particularly the hygrothermal conditions, because it is known they can be the primary responsible factors for the deterioration of the collections, also favoring the development of microorganisms and the emergence of insects.

There is some consensus regarding the values of the air temperature and relative humidity recommendable for the conservation of library collections, typically ranging between 18 °C and 22 °C and between 45% and 55%, respectively. However, there are not "ideal values", since the spaces under analysis may be very different from one another.

Upon completion of this study, it was found that the relative humidity inside the vault had almost always very high values compared to the recommended reference, except for one only period. One can conclude that, if there were a regular maintenance of the dehumidifiers, and if they were adjusted and monitored strictly and regularly, indoor ambient conditions could be significantly improved and approached to the recommended ranges, particularly the air relative humidity. Regarding the indoor air temperature, this study showed a reasonable thermal behavior of that space; only in some time intervals the measured values go out of the recommended range.

Finally, a few suggestions are provided, in order to provide more suitable conditions for the preservation of the library patrimony in Casa-Forte of the UC General Library.

Keywords Hygrothermal conditions, Relative Humidity, Library preservation, Temperature.

Índice

Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	vii
Simbologia e Siglas	viii
Simbologia.....	viii
Siglas	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento do tema	1
1.2. Objetivos e Motivação	3
1.3. Estrutura do documento	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Estado da Arte.....	5
3. PRINCIPAIS FATORES DE DETERIORAÇÃO DOS ACERVOS BIBLIOGRÁFICOS	11
3.1. Humidade Relativa	11
3.2. Temperatura.....	14
3.3. Agentes biológicos – microrganismo, insetos e roedores.....	15
3.4. Iluminação	16
3.5. Ação do Homem	17
4. DESCRIÇÃO DO ESPAÇO E METODOLOGIA	18
4.1. Caracterização do interior da Casa-Forte.....	18
4.2. Metodologia para a recolha de dados de T e HR.....	20
4.3. Metodologia para a análise microbiológica	24
5. RESULTADOS	27
5.1. Análise das condições higrotérmicas	27
5.1.1. T e HR no interior da Casa-Forte (datalogger da estante).....	27
5.1.2. Influência das condições climáticas exteriores no interior da Casa-Forte.....	30
5.1.3. Humidade Absoluta	33
5.1.4. Período experimental (entre 5 e 12 de Setembro de 2014).....	35
5.2. Análise microbiológica	39
6. CONCLUSÕES	40
6.1. Principais conclusões	40
6.2. Recomendações e medidas de melhoria	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXO A. Cálculo da humidade absoluta	45
ANEXO B. Registo da recolha da água dos desumidificadores em Julho	46
ANEXO C. Registo da recolha da água dos desumidificadores em Agosto	47

ANEXO D. Registo da recolha da água dos desumidificadores em Setembro	48
ANEXO E. Características dos desumidificadores	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Carta psicrométrica	12
Figura 2- Prateleiras metálicas no interior da Casa-Forte	18
Figura 3- Grelha de respiração	19
Figura 4- Desumidificador.....	19
Figura 5- Localização da Casa-Forte na planta da cave da BGUC	20
Figura 6- Grelha de ventilação com datalogger.....	21
Figura 7- “ SAS SUPER IAQ” e placas para as amostras.....	25
Figura 8- IAQ Monitor PS32.....	25
Figura 9- Temperatura e Humidade Relativa no interior da Casa-Forte (datalogger da estante).....	28
Figura 10- Temperatura e Humidade Relativa no interior e exterior da Casa-Forte (datalogger da estante).....	31
Figura 11- Temperatura e Humidade Relativa no interior e no exterior da Casa-Forte, durante o 3º período (dataloggers da estante e da grelha).....	32
Figura 12- Humidade Absoluta no interior e exterior da Casa-Forte (datalogger da estante)	33
Figura 13- Humidade Absoluta interior e exterior da Casa-Forte (datalogger da estante e da grelha).....	34
Figura 14- Temperatura e Humidade Relativa no interior e exterior da Casa-Forte, entre 5 e 12 de Setembro de 2014 (datalogger da estante e da grelha)	36
Figura 15- Humidade Absoluta interior e exterior da Casa-Forte, entre 5 e 12 de Setembro de 2014 (datalogger da estante e da grelha)	38
Figura 16- Desumidificador Fagor DH-16	49
Figura 17- Desumidificador Princesse YL-2007.....	49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Período de recolha de dados	22
Tabela 2- Condições de referência para os poluentes microbiológicos.....	24
Tabela 3- Pontos de amostragem no interior da Casa-Forte.....	26

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

ϕ – Humidade relativa [%]

p_{va} – Pressão do vapor de água [kPa]

p_{vs} – Pressão de saturação do vapor de água [kPa]

T – Temperatura [°C]

W – Humidade absoluta [g/m³]

W_{sat} – Humidade absoluta máxima [g/m³]

Siglas

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BGUC – Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra

DEM – Departamento de Engenharia Mecânica

EMA – Estações Meteorológicas Automáticas

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

IV – Infravermelha

QAI – Qualidade do ar interior

SED – Síndrome do edifício doente

UC – Universidade de Coimbra

UFC – Unidades formadoras de colónias

UV – Ultravioleta

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do tema

O interesse na qualidade do ar interior (QAI) surgiu nos Estados Unidos da América na década de setenta, quando a "síndrome do edifício doente" (SED) foi descrita pela primeira vez.

Durante esses anos, devido à crise energética, o consumo dos edifícios foi substancialmente alterado: a ventilação, o ar condicionado e outros processos de manutenção que requerem energia foram utilizados com moderação, especialmente em edifícios públicos (Radaković et al, 2013).

Assim foram adotadas medidas de conservação de energia em vários edifícios, que visavam a construção de estruturas menos espaçosas e com taxas de ventilação mais reduzidas, conduzindo a uma diminuição da introdução de ar exterior.

Atualmente tem-se verificado uma atenção crescente para os problemas da qualidade do ar interior, tornou-se um tema ambiental de grande relevância. O número de queixas relacionadas tem crescido nos últimos anos com o aumento da densidade de edifícios, o crescente uso de materiais sintéticos e as medidas de conservação da energia que reduzem a quantidade de ar exterior fornecido. Os equipamentos dos edifícios modernos, os produtos de limpeza e a poluição do ar exterior também podem aumentar os níveis de contaminação do ar interior (Matos et al, 2010).

Assim, é neste contexto que se torna indispensável o controlo da qualidade do ar interior em arquivos e bibliotecas. Estes são instituições estabelecidas pela sociedade, a fim de reunir, preservar e disponibilizar documentos destinados a consulta (ISO 11799, 2003).

Têm como missão guardar acervos documentais, no sentido de prolongar a vida destes documentos através de políticas de preservação e de utilização de técnicas com o objetivo de evitar a sua deterioração.

No entanto, é necessário saber preservar os documentos de modo a conseguir obter com sucesso a conservação do património escrito, que representa a memória coletiva de um povo.

A diversidade de documentos é outra preocupação a ter em conta. Hoje em dia, são de diversos tipos e em diversos suportes: desde arqueológicos a escritos, fotográficos, entre outros, tendo cada um deles riscos diferentes.

Segundo a Universidade de Coimbra (UC), pelo seu valioso acervo (rondando dois milhões de livros, manuscritos e incunábulos) a sua Biblioteca Geral é hoje a maior biblioteca universitária de todo o mundo lusófono. Foi e é frequentada por gerações sucessivas de investigadores, nacionais e estrangeiros, e constitui ponto de confluência privilegiado de toda a comunidade académica.

Trata-se de uma biblioteca pública, que está aberta de manhã à noite não só aos estudantes, docentes e investigadores, mas também aos cidadãos em geral.

A Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra (BGUC) encontra-se repartida por dois edifícios: a Biblioteca Joanina que alberga um acervo de livros e documentos anteriores ao ano de 1800, e o chamado Edifício Novo, com cerca de 7 mil m² e situado no Largo da Porta Férrea, que reúne aproximadamente um milhão de títulos.

No Edifício Novo, mais precisamente na cave, encontra-se a chamada Casa-Forte, que é o local que foi objeto de análise no presente trabalho.

A Casa-Forte é um espaço onde estão guardadas algumas das obras mais valiosas pertencentes à Universidade de Coimbra (a descrição deste espaço será abordada no capítulo 4).

A preservação e conservação dos acervos em suporte de papel tem preocupado as bibliotecas devido à sua constante deterioração e instabilidade.

A preservação engloba todas as ações que beneficiam a sua manutenção e a conservação visa interromper os processos de deterioração, conferindo estabilidade à obra.

Para uma boa conservação, devem controlar-se os agentes que podem provocar a deterioração do acervo, tais como os agentes biológicos (fungos, etc.), atmosféricos (temperatura e humidade), luz (natural, artificial), poluentes e o ser humano (manuseamento, acondicionamento e transporte inadequados, vandalismos e roubo).

De acordo com Júnior (1997), o controlo das condições ambientais permite não só diminuir os problemas de degradação, mas também evitar o seu agravamento.

É neste contexto que surge esta dissertação, em que através do estudo das condições higrotérmicas e da análise microbiológica se pretendeu caracterizar o ambiente interior na Casa-Forte da Biblioteca Geral da UC, na perspetiva de preservação e conservação dos valiosos acervos.

1.2. Objetivos e Motivação

Este estudo adquire um grande interesse pelo facto de a preservação de bens culturais ser uma forma de proteger a identidade cultural de um património histórico e, neste caso específico, permite conhecer e avaliar quais as condições que a Casa-Forte da BGUC possui para a preservação do seu espólio bibliográfico.

Como se sabe, as condições higrotérmicas, mais propriamente a temperatura e a humidade relativa do ar têm oscilações que são alguns dos responsáveis pela deterioração dos acervos bibliográficos, favorecendo também o desenvolvimento e a propagação de microrganismos, insetos e até roedores. Por esses motivos, é essencial a realização de um estudo que permita analisar o comportamento e a capacidade que a Casa-Forte apresenta face à sua função de preservação. As medições efetuadas permitem verificar se os valores estão em conformidade com os limites recomendáveis nesta dissertação.

O presente estudo propõe-se em caracterizar e analisar a qualidade do ar interior na Casa-Forte da BGUC, tendo em conta vários parâmetros de avaliação.

Sucintamente, com este trabalho pretende-se:

- Analisar as condições higrotérmicas no interior da Casa-Forte;
- Medir as concentrações de fungos e de bactérias com relevo para a qualidade do ar interior da Casa-Forte;
- Comparar a relação existente entre as variações internas e externas de humidade relativa e temperatura face às variações climáticas exteriores;

- Sugerir medidas corretivas e possíveis melhorias, se necessário, na Casa-Forte para a preservação dos seus acervos;

1.3. Estrutura do documento

O presente trabalho encontra-se organizado em seis capítulos principais, procurando transmitir de forma clara e sucinta os aspetos a ser abordados na dissertação.

No presente capítulo, realiza-se uma introdução à temática subjacente a este estudo, onde é efetuado um breve enquadramento. Nesta secção encontra-se também a motivação que dá origem a este trabalho bem como os objetivos a que este se propõe resolver.

No segundo capítulo, apresenta-se uma revisão bibliográfica de estudos desenvolvidos nesta área, e mais concretamente no tema em análise.

No terceiro capítulo destaca-se os principais fatores de deterioração que afetam os acervos bibliográficos.

O quarto capítulo descreve o espaço interior da Casa-Forte e expõe-se as metodologias que foram empregues neste estudo. Procura-se abordar e esclarecer todos os parâmetros necessários à realização deste estudo, bem como os métodos utilizados.

No quinto capítulo, apresentam-se os resultados das metodologias anteriormente usadas para este estudo.

No sexto e último capítulo seguem-se as conclusões que este estudo apresenta, e algumas recomendações e medidas de melhoria para o espaço em estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Estado da Arte

Arquivos e bibliotecas têm uma grande variedade de componentes, desde livros, documentos a outros itens. A vida útil destes materiais é determinada pelas características inerentes destes componentes e pelo meio ambiente em que estão inseridos. Os materiais fabricados a partir de meados do século XIX, são altamente ácidos e, portanto, sujeitos a deterioração rápida. São necessários controlos ambientais rigorosos para diminuir a taxa de deterioração, já que os materiais são significativamente afetados pelos níveis de temperatura, humidade relativa, luz e poluição do ar no espaço em que estão armazenados. Minimizar as flutuações de temperatura e de humidade relativa do ar é um objetivo atingível, e retarda a degradação química.

A qualidade do ar interior consiste no nível de conforto (temperatura e humidade relativa), no controlo das concentrações de poluentes (dióxido de carbono, partículas, compostos orgânicos voláteis, etc) e na perceção que cada um tem do ar que respira, já que não é igual para cada pessoa.

Na opinião de Fabbri e Pretelli (2014), o conforto dos utentes das bibliotecas não deve vir em primeiro lugar, a abordagem deve ser: “Primeiro o Património”, com prioridade para a criação de melhores condições microclimáticas para a preservação de edifícios, obras de arte, etc. Eles afirmam que a necessidade de sistemas de climatização em edifícios históricos deve ser condicionada pela prioridade do património e não pelo conforto humano.

De modo análogo, Ogden (2001) também refere que para fins de preservação, o importante é o acervo, e não o conforto das pessoas que são menos sensíveis.

A conservação de acervos bibliográficos tem preocupado as bibliotecas e arquivos devido à sua constante deterioração e instabilidade. Atualmente, a conservação é

já uma prática corrente do dia-a-dia, sendo uma método a seguir, evitando-se assim a deterioração dos acervos e os respetivos restauros necessários.

Para Gäel de Guichen (1995), a conservação preventiva pode ser entendida como o conjunto de ações destinadas a assegurar a salvaguarda (ou a aumentar a esperança de vida) de uma coleção, ou de um objeto.

Em Portugal, Luís Elias Casanovas é considerado o “pai” desta prática de conservação preventiva, sendo o formador de várias gerações de profissionais, permitindo que estes aprendessem técnicas fundamentais para evitar a degradação de peças dos acervos.

Um dos principais problemas na conservação de um documento é a biodeterioração (Guiamet et al, 2011).

A biodeterioração é um processo de deterioração biológica que provoca danos no património cultural causados pelos organismos, e tem uma relação direta com as flutuações climáticas (por exemplo, humidade ou temperatura) o que impulsiona o interesse em pesquisar e desenvolver novas estratégias para o controle das condições ambientais internas para que esses materiais sejam expostos (Gallo, 1993).

O controlo das condições ambientais possibilita não só reduzir os problemas de degradação, mas também evitar o seu agravamento (Junior, 1997).

A degradação de um objeto é um processo natural de envelhecimento e resultante de reações que ocorrem na sua estrutura, em busca de um equilíbrio físico-químico com o ambiente. Além do processo natural, existem os fatores externos que podem acelerar a deterioração dos acervos, tais como a temperatura ambiente, a humidade relativa do ar, as poeiras, os microrganismos ou a iluminação, tendo estes uma grande influência na sua conservação.

De acordo com Lloyd et al (2007) a poeira é reconhecida como um problema generalizado em interiores históricos, reduzindo o seu valor artístico e impondo um custo considerável na limpeza. Assim a poeira representa um desafio especial para as bibliotecas históricas, onde a quantidade de livros frágeis torna a tarefa de limpá-los um trabalho intensivo, demorado e potencialmente prejudicial.

Como a humidade relativa é um fator importante neste processo, o controlo da humidade relativa do ar é fundamental para a prevenção dos danos acumulados nos livros. É especialmente importante a monitorização de programas e horários de limpeza antes de ciclos sazonais de alta humidade.

O controlo das condições higrotérmicas é fundamental para a preservação de acervos em bibliotecas e arquivos porque se atingirem níveis inaceitáveis estes vão contribuir significativamente para a desagregação de materiais. Uma temperatura elevada acelera os processos de deterioração dos documentos. No caso de haver uma humidade relativa alta, esta gera reações químicas nocivas nos materiais e, em combinação com a alta temperatura, incentiva o crescimento de fungos e atividade dos insetos. Se houver uma humidade relativa do ar extremamente baixa, que pode ocorrer no inverno, pode levar à desidratação e fragilização de alguns materiais.

As variações de humidade e temperatura submetem os materiais bibliográficos a movimentos de estiramento e de contração, dependendo do maior ou menor nível de humidade e de temperatura que esses materiais possuem. Além disso, esses parâmetros são responsáveis pelo desenvolvimento de microrganismos, pragas e insetos, e por vezes até pelo desenvolvimento de roedores. O montante de danos consequentes está diretamente relacionado com o tipo de material, as limitações do material e o número de alterações ambientais (Busse et al, 2001).

Estas alterações dimensionais aceleram a deterioração e levam a danos visíveis como papel enrugado, tinta a sair e capas entortadas em livros.

Um ponto crucial é a manutenção de condições estáveis, se o local tiver um sistema de controlo de temperatura este nunca deve ser desligado, e as configurações não devem ser reduzidas à noite nem aos fins-de-semana, ou em outros momentos, quando a biblioteca ou arquivo é fechado. Ele deve-se desligar automaticamente quando estão as condições pretendidas e voltar a ligar quando necessário.

Os custos adicionais por manter o sistema em constante funcionamento, será muito menor do que o custo do tratamento de conservação futuro para reparar os danos causados pelas más condições ambientais.

Não há um acordo sobre a temperatura e humidade relativa ideais em bibliotecas e arquivos de materiais. Uma recomendação frequente é uma temperatura estável não superior a 22 °C e uma humidade relativa estável entre um mínimo de 40% e um máximo de 50%.

Procurando avaliar o comportamento higrotérmico de uma biblioteca do século XVIII, Gaspar et al (1994) consideraram que humidades relativas elevadas (superiores a 60 %) conduzem a alterações na composição química e a modificações das propriedades mecânicas do papel, favorecendo além disso o aparecimento de fungos e de bactérias quando ocorrem em simultâneo com valores também elevados da temperatura. Para valores da humidade relativa inferiores a 40% o papel perde elasticidade e as colas tornam-se quebradiças e frágeis. Na opinião deles os valores da temperatura e humidade relativa recomendados para a conservação dos livros são respetivamente $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $55\% \pm 5\%$.

O “Guia básico para a preservação de artefactos históricos” recomenda uma temperatura entre os 20-22 °C e a humidade relativa no intervalo de 45-55 % para os diversos materiais. (Texas Historical Commission, 2013)

Na norma ISO-11799 de 15 de Setembro de 2003 são apresentadas os princípios para o armazenamento de materiais em arquivos e bibliotecas.

Como exemplo, para acervos em papel é indicado que a temperatura deve manter-se entre os 14 e os 18 °C, com tolerância de 1 °C, e a humidade relativa entre 35 e os 50%, com tolerância de 3%.

Não existem uma definição clara dos “valores ideais” para a temperatura e humidade relativa, uma vez que cada caso é diferente e o ambiente em que está inserido também o é particular. Deste modo, a definição objetiva de valores “ideais” de temperatura e humidade relativa em bibliotecas não é simples, mas reconhece-se ser recomendável uma temperatura aproximadamente constante entre os 18 °C a 22 °C e níveis de humidade com cerca de 45-55 %, valores que serão tomados como referência nesta dissertação.

Segundo o estudo de Pinto (2009), a Casa-Forte não apresentava boas condições para a conservação de material bibliográfico, apesar de, naquela altura existir naquele espaço um equipamento de ar condicionado (AVAC) especificamente dedicado ao controlo de humidade e temperatura do ar. Contudo, não foram identificadas quais as causas para esses valores.

Num trabalho posterior, Sousa (2011) refere que o interior da Casa-Forte apresenta condições de preservação preocupantes no que respeita aos valores observados de humidade relativa, registando-se valores elevados quando comparados com os valores de referência. Quanto à temperatura, esta apresenta um comportamento térmico razoável. Conclui que deve ser feita uma boa monitorização, a temperatura e a humidade relativa necessitam ser sistematicamente medidas e registradas. É um ponto importante, já que isso indica se o equipamento de controlo está a funcionar corretamente e a produzir as condições desejadas.

Na presente dissertação não foi determinada a taxa de renovação de ar no interior da Casa-Forte. Como esse teste já foi realizado num trabalho anterior entendeu-se não se justificar a sua repetição.

Através do Método dos Gases Traçadores, é possível determinar a taxa de renovação de ar num dado espaço, dotado ou não de ventilação mecânica.

Sousa (2011), utilizou o método do decaimento para determinar a taxa de renovação de ar no interior da Casa-Forte. Foram realizados dois ensaios experimentais, um com o sistema AVAC ligado e com ele desligado, usando o CO₂ como gás traçador.

No primeiro ensaio com o sistema AVAC ligado atingiu uma concentração de 3572 ppm e depois evacuou-se a sala, concluindo que o sistema demorou cerca de 8 horas a extrair da sala o gás traçador disseminado. Depois através de uma regressão linear ao conjunto de dados, obteve o valor médio para a taxa de renovação de ar de 0,94 h⁻¹, considerando este valor bastante baixo para um sistema de ventilação mecânica dedicado à obtenção de condições de conforto. No segundo ensaio procedeu de igual modo, sendo que neste caso desligou o equipamento AVAC depois de atingida a concentração inicial de CO₂ de 3286 ppm, concluindo que o sistema demorou cerca de 17 horas a extrair-lo da sala. Posteriormente por intermédio de uma regressão linear ao conjunto de dados determinou que a taxa de renovação de ar no interior da Casa-Forte foi de 0,16 h⁻¹.

A realização deste estudo permitiu verificar que a taxa de renovação de ar com o equipamento de AVAC desligado era cerca de 17% da taxa verificada com esse equipamento ligado. Como conclusão, constatou que subsiste uma forte possibilidade de haver caudal de ar insuflado através das grelhas de ventilação existentes.

No presente trabalho, foi feita uma análise a valores de temperatura e humidade do ar registados durante um longo período de tempo. Inicialmente com dois desumidificadores e posteriormente com quatro desumidificadores a funcionar (portáteis, do tipo doméstico, semelhantes entre si), pretendeu-se estudar o comportamento higrotérmico da Casa-Forte e verificar se, com este tipo de aparelhos, se conseguiria uma estratégia satisfatória e relativamente económica de controlo das condições ambientais na Casa-Forte da BGUC.

Neste projeto também se pretendeu uma análise microbiológica do ar no local analisado, nomeadamente quanto à concentração de fungos e bactérias.

Contudo, não foi possível obter os resultados para as amostras recolhidas, fruto de dificuldades imprevistas na comunicação com o laboratório de análise.

Com o contributo do presente trabalho, espera-se uma melhoria das condições ambientais para uma boa preservação dos acervos bibliográficos presentes na Casa-Forte da BGUC, e que muita importância têm para o património da Universidade de Coimbra.

3. PRINCIPAIS FATORES DE DETERIORAÇÃO DOS ACERVOS BIBLIOGRÁFICOS

3.1. Humidade Relativa

A humidade relativa é um dos fatores que mais afetam significativamente os acervos bibliográficos, logo é fundamental o seu controlo. Sabe-se que o excesso de humidade é responsável pela propagação de organismos e pelo aparecimento de manchas nos livros, enquanto valores demasiado baixos provocam a secagem do papel.

A humidade relativa é a relação, em percentagem, entre a quantidade de vapor de água que existe no ar (humidade absoluta) e a quantidade máxima que o ar poderia conter para uma mesma temperatura (ou ponto de saturação) (IPMA, 2014).

Assim, tendo uma quantidade constante de vapor de água no ar, a humidade relativa aumenta se a temperatura descer e diminui se a temperatura subir. É por isso que os valores da humidade relativa são mais elevados de madrugada, visto as temperaturas serem mais baixas

Quando a humidade relativa atinge o valor de 100 % dizemos que o ar está saturado; a partir desse instante pode acontecer a condensação (formação de nuvens) e, no caso da atmosfera a precipitação (chuva, neve ou granizo). No caso de o ar estar absolutamente seco, a humidade relativa será 0 %.

As propriedades de misturas ar-vapor de água podem ser expostas de forma gráfica.

Uma carta psicrométrica (Figura 1) é um diagrama através do qual se obtém graficamente os valores da humidade relativa e absoluta e do ponto de orvalho. As suas coordenadas são a temperatura do ar e a temperatura do termómetro molhado (IPMA, 2014).

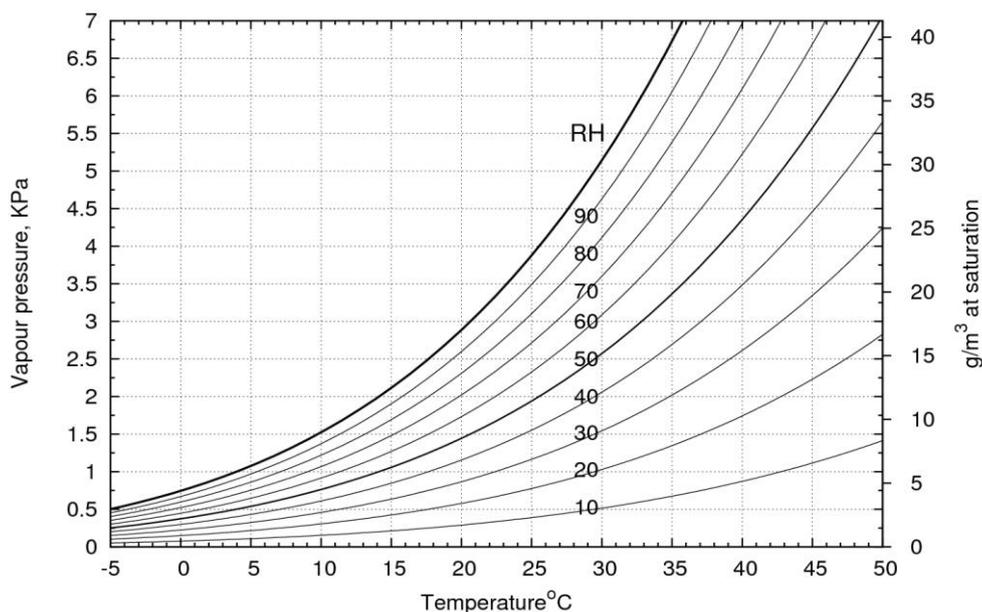


Figura 1- Carta psicrométrica

No eixo horizontal são apresentadas as temperaturas do bolbo seco, ou seja, as temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) do ar obtidas com um termómetro comum. No eixo vertical do lado direito está a humidade absoluta (g/m^3) e do lado esquerdo a pressão de vapor (kPa). A humidade absoluta é a massa de vapor de água contida num dado volume de ar. A carta psicrométrica é geralmente baseada na pressão atmosférica ao nível do mar que é de 101,325 kPa.

A carta psicrométrica 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.

A análise das curvas de humidade relativa e da temperatura do bolbo seco dá-nos as características do comportamento do ar: se está quente, o ar está mais seco; se está frio, o ar está mais húmido.

Por exemplo, no gráfico verificamos que à temperatura de 10°C , o ar não pode conter mais de 9 g de vapor de água por m^3 . Quando o ar atinge o seu máximo de humidade absoluta, diz-se que este está saturado.

Se estiver contido 1 m^3 de ar num recipiente fechado a uma temperatura de 10°C e este possuir 1 g de vapor de água, a humidade absoluta é de $1 \text{ g}/\text{m}^3$.

Se ao mesmo recipiente acrescentarmos 15 g vapor de água, no total vão ser 16 g; então, 7 g vão-se condensar, já que o ar à temperatura se 10 °C só consegue tolerar 9 g/m³.

Formar-se-iam gotículas de água nas paredes laterais do recipiente, uma vez que o ar perde parte da humidade sob a forma de condensação.

O mesmo acontece muitas vezes durante o Inverno quando a condensação se forma no vidro das janelas no interior de uma casa, formando gotas de água.

A humidade relativa (*HR*) pode ser calculada a partir da seguinte equação:

$$HR = \frac{W}{W_{sat}} \times 100\%$$

sendo que *W* representa a humidade absoluta da amostra de ar e *W_{sat}* representa a humidade absoluta máxima que o ar pode conter para uma determinada temperatura.

A humidade relativa do ar no recipiente a 10 °C, quando este contém 1 g de vapor de água, é então dada por:

$$HR = \frac{1}{9} \times 100\% = 11,1\%$$

Através da carta psicométrica pode-se verificar que a humidade relativa varia com a temperatura. Para uma humidade absoluta do ar uniforme, a humidade relativa diminui à medida que a temperatura cresce, ou a aumenta à medida que a temperatura diminui.

Logo, se o ar contido no mesmo recipiente for aquecido até atingir os 30 °C, a humidade relativa registaria um decréscimo visto que a carta psicométrica mostra que a esta temperatura 1 m³ de ar poderá conter no máximo 30 g/m³ de vapor de água:

$$HR = \frac{1}{30} \times 100\% = 3,3\%$$

3.2. Temperatura

As condições ambientais do local do seu armazenamento são um elemento prioritário. Um dos principais parâmetros que afetam os acervos bibliográficos é a temperatura ambiente no local, que deve ser relativamente baixa e sem grandes variações.

Logo, a temperatura precisa de ser controlada pois afeta o acervo e para isso há soluções naturais e mecânicas. É bastante reconhecido que a maioria das reações químicas desenvolvem-se mais rápido em função do aumento da temperatura.

O desequilíbrio da temperatura (e da humidade relativa) provoca no acervo uma dinâmica de contração e alongamento dos elementos que compõem o papel, além de favorecer a proliferação de agentes biológicos, tais como: fungos, bactérias, insetos e roedores. Quanto mais baixa for a temperatura, maior será a permanência e durabilidade do papel.

Estudos comprovaram que a duração média de um livro está diretamente ligada ao nível de temperatura do ambiente. Provaram, também, que uma simples diminuição de 2°C na temperatura do ambiente, resultou numa longevidade sete vezes maior dos livros (Pereira et al., 2008).

As flutuações térmicas originadas por equipamentos que controlam a temperatura, ao serem ligados durante o dia e desligados à noite são mais prejudiciais ao acervo do que uma temperatura mais alta mas constante.

3.3. Agentes biológicos – microrganismo, insetos e roedores

Os microrganismos que mais vulgarmente atacam os acervos bibliográficos são os fungos e as bactérias. Estes encontram-se em grande variedade no ar e com as condições de humidade relativa e temperatura ideais propensas à sua reprodução. Os suportes em papel são bastante favoráveis à contaminação por fungos e bactérias devido à presença de alimento nos principais componentes do papel nomeadamente a celulose. As colas de origem animal e de amido utilizadas na composição destes suportes também são favoráveis à sua propagação, qual pode ser identificada no papel pelo surgimento de manchas amareladas geralmente irreversíveis.

Os insetos, como as traças, baratas ou brocas, são alguns dos grandes deterioradores dos suportes em papel. Também encontram nutrientes nas substâncias que constituem o papel, nomeadamente a celulose. Provocam danos, alguns irreparáveis, nos diversos acervos bibliográficos que se conseguem ver a olho nu como a presença de perfurações e lacunas irregulares no suporte, colagem de folhas e endurecimento do suporte.

Um exemplo de uma forma de bastante simples e natural de contribuir para a preservação dos livros é a colónia de morcegos que habita no interior da biblioteca Joanina da Universidade de Coimbra e que, durante a noite se vão alimentando dos insetos que habitualmente se desenvolvem nos livros e que acabariam por degradar o papel.

Relativamente aos roedores, eles também causam grandes danos nos acervos se beneficiarem de condições ambientais específicas como temperatura e humidade elevadas, e ambiente escuro. Nestas condições, eles podem originar estragos irremediáveis.

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

3.4. Iluminação

A iluminação é um agente físico que incide sobre o papel causando danos através dos efeitos da luz, seja natural ou artificial. A luz provém de uma fonte de energia que gera calor, e pode desencadear reações químicas que vão deteriorar os objetos.

A luz natural (solar) contém três tipos de radiação: radiação ultravioleta (UV), radiação infravermelha (IV) e a radiação visível, logo a proteção das janelas com filtros é um pré-requisito.

A exposição regular ou prolongada à luz natural ou artificial, pode causar prejuízos irreparáveis no papel, pois atua como um catalisador para a oxidação (a celulose oxida). A deterioração do acervo através da iluminação deve-se fundamentalmente ao elevado tempo de exposição à luz e à forte intensidade da iluminação. A isto, se adicionarmos um material pouco resistente (por exemplo, papel em comparação com o couro) então maior será o dano causado. Assim, se os objetos estiverem em mau estado de conservação ou forem muito frágeis, deve-se reduzir a intensidade da iluminação ou os tempos de exposição.

Um dos principais danos é devido à degradação da lenhina presente na composição do papel. A lenhina é um polímero natural, amorfo e de composição química complexa, que confere solidez às fibras de celulose e que devido a sua reatividade química, quando exposto a um elevado tempo de iluminação pode tornar-se fortemente escura, o que explica o amarelecimento dos papéis.

Embora todos os materiais sejam afetados pela luz, os de natureza orgânica são os mais suscetíveis.

Algumas medidas de precaução podem ser tomadas em locais de armazenagem de acervos bibliográficos, tais: 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 ou a sistemas com reóstatos para reduzir o tempo e/ou a intensidade de iluminação.

3.5. Ação do Homem

O homem, consciente ou inconscientemente, é um dos maiores agressores do acervo bibliográfico: o simples uso normal é o suficiente para o degradar. Muitas vezes só a própria acidez e gordura do suor das mãos, em contato com o papel, causam logo manchas nos livros.

A ação do homem interfere na degradação do acervo, também pelo manuseio incorreto e mau armazenamento. Recomenda-se portanto, a adoção de regras e procedimentos básicos que contribuam consideravelmente para a conservação preventiva do acervo, como, por exemplo, dar formação aos funcionários das bibliotecas e arquivos ou informar os usuários sobre as normas quanto ao uso das coleções.

O modo de armazenamento e o seu local são muito importantes na conservação dos acervos bibliográficos, deve-se escolher mobília ou estantes de metal e necessitam ser arejados. As prateleiras não devem estar sobrelotadas e os livros devem permanecer em posição vertical, exceto os livros grandes e pesados, que devem ser preservados na horizontal e no máximo de dois volumes.

Os incêndios e as inundações estão entre os primeiros fatores de desastres em bibliotecas e arquivos. Estes danos podem ser evitados ou minimizados através de um planeamento adequado com programas de proteção contra incêndios e inundações.

A existência de locais designados a guardar acervos bibliográficos sem assegurar as condições adequadas para a sua preservação parece uma contradição, mas infelizmente é o que acontece em várias bibliotecas e arquivos.

4. DESCRIÇÃO DO ESPAÇO E METODOLOGIA

4.1. Caracterização do interior da Casa-Forte

O interior da Casa-Forte é um espaço semicircular forrado a aço que não partilha nenhuma parede com o exterior, com dois andares de prateleiras metálicas (Figura 2). Nelas está guardada uma grande coleção de livros e manuscritos preciosos, entre os quais se destaca uma Bíblia da escola de Gutenberg e um exemplar da primeira edição d'Os Lusíadas. Devido ao valor dos documentos nele depositados, o acesso ao espaço é muito restrito.



Figura 2- Prateleiras metálicas no interior da Casa-Forte

É um local que está praticamente isolado, verificando-se apenas a existência de umas pequenas grelhas, que se pensa terem sido concebidas como respiradouros (Figura 3), não se sabendo ao certo se estão ainda ativas. A área deste espaço é de 83,2 m² e tem uma altura de 4,44 m.

Tem instalado um equipamento de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) destinado ao controlo da temperatura e humidade relativa mas que atualmente está desativado. Possui dois desumidificadores portáteis, do tipo doméstico (Figura 4), que removem o excesso de água presente no ar e procuram manter a humidade relativa nas percentagens recomendadas para a preservação dos acervos bibliográficos.

Posteriormente, no dia 1 de Abril de 2014 foram adicionados dois desumidificadores ao interior da Casa-Forte, semelhantes aos dois já existentes, permanecendo simultaneamente os quatro em funcionamento. Os desumidificadores foram regulados adequadamente – supostamente para um mesmo *set-point* - e foi feito um pedido para que fosse alguém regularmente retirar a água dos respetivos depósitos, antes de estes estarem cheios, para tentar garantir um funcionamento regular e uniforme de todos eles.



Figura 3- Grelha de respiração



Figura 4- Desumidificador

A localização da Casa-Forte na planta da cave da BGUC é apresentada na Figura 5.



Figura 5- Localização da Casa-Forte na planta da cave da BGUC

4.2. Metodologia para a recolha de dados de T e HR

Para a análise das condições higrotérmicas no interior da Casa-Forte a metodologia utilizada baseou-se na recolha, tratamento e análise dos dados de medição contínua de temperatura e humidade do ar no espaço.

Para isso, foi usado um *datalogger* NOMAD, da marca Omega Instruments, que é um equipamento portátil, com sensores internos, concebidos para medir a temperatura e a humidade relativa em intervalos de tempo programados e memorizarem esses dados numa memória interna. Este aparelho permite armazenar bastantes dados pois possui uma boa capacidade de memória. Os dados são depois transferidos para um computador através de um cabo, para posterior análise.

Inicialmente, já estava colocado um *datalogger* no interior da Casa-Forte com a finalidade de coletar os dados termohigrotérmicos. Posteriormente, foi adicionado outro

datalogger igual com o mesmo propósito que foi colocado numa das grelhas de ventilação, como se pode observar na Figura 6. O objetivo era determinar a influência das condições do ar exterior de ventilação admitido naturalmente no espaço através das grelhas.



Figura 6- Grelha de ventilação com datalogger

Os *dataloggers* foram programados para efetuar registos de 1h em 1h, num período de tempo compreendido entre 18 de Junho de 2013 e 2 de Setembro de 2014, como se pode ver na Tabela 1.

Durante esse período a recolha de dados foi efetuada três vezes, sendo a primeira recolha no dia 6 de Março de 2014 e feita de modo a não sobrecarregar o equipamento para se evitar uma possível perda de dados. Já a segunda recolha foi no dia 5 de Junho de 2014 e a terceira no dia 2 de Setembro de 2014.

Como já referido anteriormente, foi adicionado um *datalogger* durante este período de registo de dados tendo este sido realizado no 20 de Junho de 2014. Assim a partir desta data a recolha de dados foi efetuada com os dois *dataloggers*.

Tabela 1- Período de recolha de dados

Período	Data		Notas
	Início	Fim	
1º Período	18 de Junho de 2013	6 de Março de 2014	Com 2 desumidificadores e 1 datalogger
2º Período	17 de Março de 2014	5 de Junho de 2014	Início com 2 desumidificadores e a partir de 1 de Abril com 4 desumidificadores, e um datalogger
3º Período	20 de Junho de 2104	2 de Setembro de 2014	Com 4 desumidificadores e 2 dataloggers

Relativamente aos desumidificadores, foram utilizados quatro para regular a quantidade de humidade no interior da Casa-Forte. Numa primeira fase havia dois desumidificadores e posteriormente foram adicionados mais dois., conforme explicado na Tabela 1.

No piso inferior havia, já anteriormente a este trabalho, dois desumidificadores de marcas diferentes, um colocado à entrada da Casa-Forte é um Fagor DH-16 e o outro colocado a meio do espaço é um Princesse YL-2007, que já está algo danificado devido à sua idade e seu uso. No piso superior, foram colocados dois desumidificadores com características semelhantes, da marca Electronia e modelo YL-2007. Algumas características dos desumidificadores usados encontram-se no Anexo D.

Durante o 1º período não se sabe a que percentagem (*set-point*) estavam regulados os desumidificadores e se a manutenção dos mesmos ocorria regularmente, ou seja, se alguém retirava a água recolhida no depósito sem estar vários dias cheio e assim sem funcionar.

Já durante o 2º período, os quatro desumidificadores foram regulados a 50% para retirar água. Mas em uma das visitas que se foram fazendo neste período, os *set-points* foram sendo alterados e baixados para os 30 %, o que altera os resultados. E a água nem sempre era retirada do depósito quando se devia e muitas vezes encontravam-se cheios, não se sabendo há quanto tempo estariam, assim, sem funcionar.

No 3º período os desumidificadores do piso superior foram regulados para os 45% e os do piso inferior para os 50 %, sem nenhuma alteração durante este tempo. O despejo da água dos depósitos foi realizada geralmente de dois em dois dias, como se pode ver nas folhas de registo de manutenção apresentadas no Anexo B e no Anexo C, encontrando-se os desumidificadores quase sempre cheios ou desligados.

Para o tratamento dos dados coletados utilizou-se o Excel para converter os dados e em seguida o KaleidaGraph, que é um programa adequado para obter a representação gráfica dos parâmetros higrométricos do interior da Casa-Forte. Estes gráficos permitiram uma melhor visualização e análise do comportamento da temperatura e humidade relativa ao longo do tempo do local em estudo.

Relativamente aos dados exteriores da temperatura e humidade relativa foram recolhidos de duas Estações Meteorológicas Automáticas (EMA), uma localizada em Ceira (Distrito de Coimbra) e outra no Departamento de Engenharia Mecânica (DEM) do Pólo 2 da UC.

São ambas do tipo representativo do local onde se localiza a Casa-Forte, ou seja, meio urbano, e os dados são obtidos através do *site* do *wunderground* para posterior tratamento.

Tiveram que ser utilizadas duas EMAs já que a estação do DEM, a mais próxima do local em estudo logo a mais fiável, não dispunha de todos os dados necessários do período já referido anteriormente (18 de Junho de 2013 a 2 de Setembro de 2014).

Depois, como nos dados retirados dos *datalogger*, utilizou-se o Excel para converter os dados e dispô-los de 1h em 1h e de seguida procedeu-se à realização dos gráficos necessários para a respetiva comparação com os dados relativamente ao interior da Casa-Forte. Os dados fornecidos pelas duas EMAs tinham muitas falhas, principalmente de Junho a finais de Novembro, faltando mesmo dados de dias inteiros seguidos.

Os períodos de recolha foram extensos, assim englobou as quatro estações do ano e uma melhor análise dos dados higrotérmicos interiores e exteriores.

4.3. Metodologia para a análise microbiológica

Através do método da colheita de amostras de ar, com um aerobiocoletor apropriado que produz o impacto do fluxo de ar sobre os meios de cultura em placas Petri, pretendia-se medir as concentrações dos poluentes microbiológicos no ar interior da Casa-Forte, nomeadamente os indicados na Tabela 2, juntamente com os respetivos valores limite de proteção e estabelecidos na Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de dezembro para espaços habitados.

Tabela 2- Condições de referência para os poluentes microbiológicos

	Matriz	Unidade	Condições de referência
Bactérias	Ar	[UFC/m ³]	Concentração de bactérias totais no interior inferior à concentração no exterior, acrescida de 350 UFC/m ³
Fungos	Ar	[UFC/m ³]	Concentração de fungos no interior inferior à detetada no exterior

Fonte: Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de Dezembro

Esta portaria é parte integrante do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto e estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação.

O processo de colheita teve por objetivo a determinação da concentração de microrganismos viáveis (UFC/m³), sendo o meio de cultura diferente, consoante se pretenda recolher fungos ou bactérias. Todas as colheitas foram realizadas de acordo com os procedimentos recomendados de forma a influenciar o menos possível os resultados, tendo sido o equipamento desinfetado periodicamente ao longo das medições com o produto adequado e as amostras sempre guardadas numa arca térmica.

Como a Casa-Forte tem dois pisos foram selecionados dois pontos de colheita, um no piso inferior e o outro no piso superior.

As amostragens foram feitas em duplicado para as bactérias e ocorreram no piso inferior; relativamente aos fungos foram realizadas três amostragens e efetuaram-se no piso superior, o que fez um total de cinco amostras.

Também foi realizada uma colheita chamada de “branco de campo”, que serve para controlo de qualidade, como garantia de que não houve qualquer tipo de contaminação da placa, ou seja, se o branco de campo apresentar contaminação é provável que as outras amostras também apresentem e então conclui-se que podem estar inválidas.

O equipamento utilizado neste método foi o bioaerocoletor “ SAS SUPER IAQ” (figura 7), que é um sistema completo para a colheita de amostras do ar para análise microbiológica, incluindo instrumentos para as aplicações baseadas na amostragem de ar ativo, que acomoda uma ou duas placas com meio de cultura. Concebido especificamente para o sector de verificação da qualidade do ar interior, este instrumento SAS é especialmente leve e durável para funcionar em qualquer ambiente (VWR We Enable Science, 2014).

Simultaneamente com o “ SAS SUPER IAQ”, foi utilizado o “IAQ Monitor PS32” (figura 8), que é um aparelho que mede e regista a concentração de dióxido de carbono, humidade relativa, a temperatura do ar e a pressão barométrica. Tem uma bateria interna para garantir a gravação automática de longa duração.

Neste caso, só foram tratados os dados da temperatura e humidade relativa, por serem os de maior relevância para o estudo.



Figura 7- “ SAS SUPER IAQ” e placas para as amostras



Figura 8- IAQ Monitor PS32

Seguidamente, apresenta-se a tabela 4.2 que descreve o planeamento das medições dos parâmetros microbiológicos para o interior da Casa-Forte.

Tabela 3- Pontos de amostragem no interior da Casa-Forte

Tipo de amostra	Nº da amostra	Piso/Local	Hora	T (°C)	HR (%)	V (L)
Bactérias	A.1	Piso inferior	9h35	23,1	57,2	250
	A.2	Piso inferior	9h43	23,0	57,1	250
Fungos	B.1	Piso superior	10h00	23,2	56,6	250
	B.2	Piso superior	10h06	23,2	56,6	150
	B.3	Piso superior	10h11	23,5	55,0	450

As análises microbiológicas são normalmente realizadas no laboratório de microbiologia do BIOCANT.

5. RESULTADOS

5.1. Análise das condições higrotérmicas

As medições da temperatura e humidade relativa registadas no interior e exterior da Casa-Forte encontram-se nas figuras seguintes, através da representação gráfica da evolução de cada parâmetro em função do tempo.

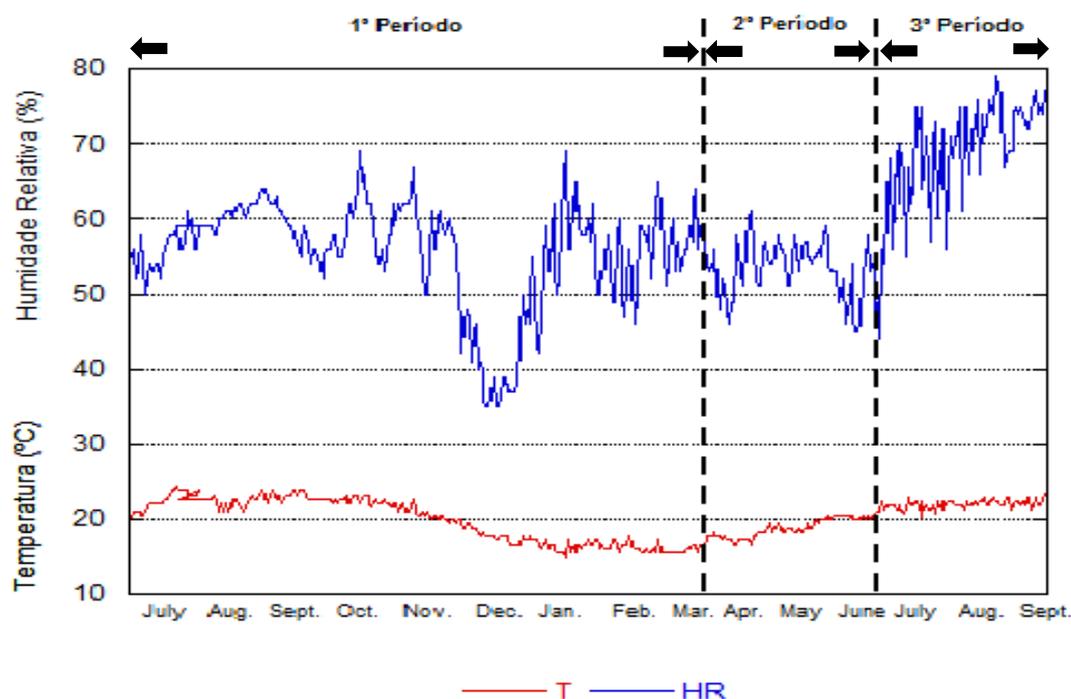
5.1.1. T e HR no interior da Casa-Forte (datalogger da estante)

Foram utilizados dois *dataloggers* que registam simultaneamente os dados de temperatura e humidade relativa ao longo do tempo.

O *datalogger* do piso superior foi colocado no cimo de uma das prateleiras metálicas, que existem no interior da Casa-Forte para arquivar os acervos bibliográficos e os valores foram recolhidos nos períodos referidos no capítulo anterior (Tabela 1), que vai de 18 de Junho de 2013 a 3 de Setembro de 2014.

Já o *datalogger* do piso inferior foi colocado numa das grelhas de ventilação e o período de recolha de dados foi só no 3º período, ou seja, entre 20 de Junho de 2014 e 2 de Setembro de 2014. Em ambos os *dataloggers*, os períodos de aquisição foram de hora a hora.

A seguir, através da Figura 9 pode-se observar o comportamento da temperatura e da humidade relativa no interior da Casa-Forte, pelos dados registados no datalogger da estante.



**Figura 9- Temperatura e Humidade Relativa no interior da Casa-Forte
(datalogger da estante)**

Como se pode verificar através do gráfico, o interior da Casa-Forte apresenta no geral algumas oscilações ao nível das condições higrotérmicas. Nota-se a existência de vários picos devido às diferenças que ocorrem entre o dia e a noite.

Tanto a temperatura como a humidade relativa exibem, em praticamente todo o tempo de registos, valores fora dos limites recomendados.

No 1º período a temperatura variou entre os 15°C de máxima e os 25°C de mínima, excedeu o limite superior entre Julho e Setembro e esteve abaixo do limite inferior entre Dezembro e Março. Já entre Outubro e Novembro manteve-se dentro dos limites recomendados. Nota-se um aumento de temperatura nos meses de Verão e uma descida na época do Inverno, como era esperado. Relativamente à humidade relativa, vê-se uma variação bastante acentuada neste período de análise. De destacar o decréscimo acentuado em Dezembro, onde chegou a atingir os 35 %. Durante este período havia dois desumidificadores em funcionamento, mas não existe nenhuma informação sobre a sua manutenção. Pelo que foi dado a ver na visita efetuada no início de Março, em que os desumidificadores tinham os depósitos cheios de água, tudo indica que não havia um

controlo rigoroso e regular. Sem esta verificação, não se consegue saber há quanto tempo estariam sem funcionar e qual a sua influência nos resultados.

Durante o 2º período, mais concretamente no dia 1 de Abril de 2014, foram adicionados dois desumidificadores ao interior da Casa-Forte, perfazendo assim um total de quatro. Todos os desumidificadores foram regulados a 50 % para um melhor controlo da humidade. Posteriormente, dentro deste período numa visita efetuada ao local em estudo, todos os desumidificadores foram encontrados a cerca de 30%, não se sabendo em que data foram modificados. Pelo que foi relatado pelas funcionárias que faziam a manutenção, concluiu-se que achavam anormal encontrarem os desumidificadores sem estarem a funcionar e, portanto, terão gradualmente alterado os *set-points* dos aparelhos para valores cada vez mais baixos. Embora consequência de um procedimento fortuito, os dados recolhidos neste período revelam uma melhoria em relação ao período anterior; a humidade relativa apresentou valores mais estáveis e inferiores, quase sempre próximos dos limites recomendáveis. A temperatura do ar esteve sempre dentro dos limites recomendados, durante este período.

Assim os resultados obtidos neste 2º período, mesmo sem saber as datas em que os *set-points* foram alterados e tendo sido feito inadvertidamente, levam a crer que, com os desumidificadores regulados a cerca de 30 %, os limites recomendados para a humidade relativa do ar são possíveis de alcançar. Também não existe nenhuma informação sobre o registo da recolha da água dos depósitos dos desumidificadores, durante este período.

Já no 3º período, os desumidificadores do piso superior foram regulados a 45% e os do piso inferior a 50 %, tendo “lacrado” os dispositivos de regulação de cada aparelho com fita-cola. O objetivo desta alteração era o de corrigir os procedimentos *ad-hoc* das funcionárias e, principalmente, tentar garantir uma uniformidade do funcionamento dos quatro desumidificadores. Neste período, durante os meses de Julho e Agosto de 2014 foi feito o registo das operações de recolha da água dos depósitos dos desumidificadores, como se pode observar nos Anexos B e C. O registo era realizado, geralmente, de dois em dois dias e só de 9 a 22 de Agosto esteve fechado para férias, logo sem manutenção.

Pelas folhas dos registos da recolha da água dos depósitos, pode-se notar que os dois desumidificadores do piso inferior foram encontrados quase sempre com os depósitos cheios e os do piso superior quase sempre desligados (e com os depósitos praticamente vazios). Isto significa que, durante esse período, estavam a funcionar apenas os desumidificadores do piso inferior. Concluiu-se que, apesar de serem modelos com características muito análogas, o *set-point* dos desumidificadores do piso superior deveria ter sido regulado para um valor inferior (entre os 30% e os 40%) para se conseguir ter os quatro aparelho a funcionar de modo semelhante.

Assim, durante este período, a temperatura registada pelo *datalogger* situado na estante subiu um pouco, em média, mas teve um comportamento mais ou menos estável e dentro dos limites recomendados. Já a humidade relativa registou uma subida acentuada, chegando a atingir 80%, o que corresponde a valores muito acima dos pretendidos.

5.1.2. Influência das condições climáticas exteriores no interior da Casa-Forte

Na Figura 10 é possível observar as temperaturas e humidades relativas no interior da Casa-Forte e nas duas Estações Meteorológicas Automáticas (EMA), uma localizada em Ceira (Distrito de Coimbra) e outra no Departamento de Engenharia Mecânica (DEM) do Pólo 2.

Os valores da temperatura e da humidade relativa do ar interior são os recolhidos do *datalogger* colocado em cima da prateleira metálica, no piso superior da Casa-Forte.

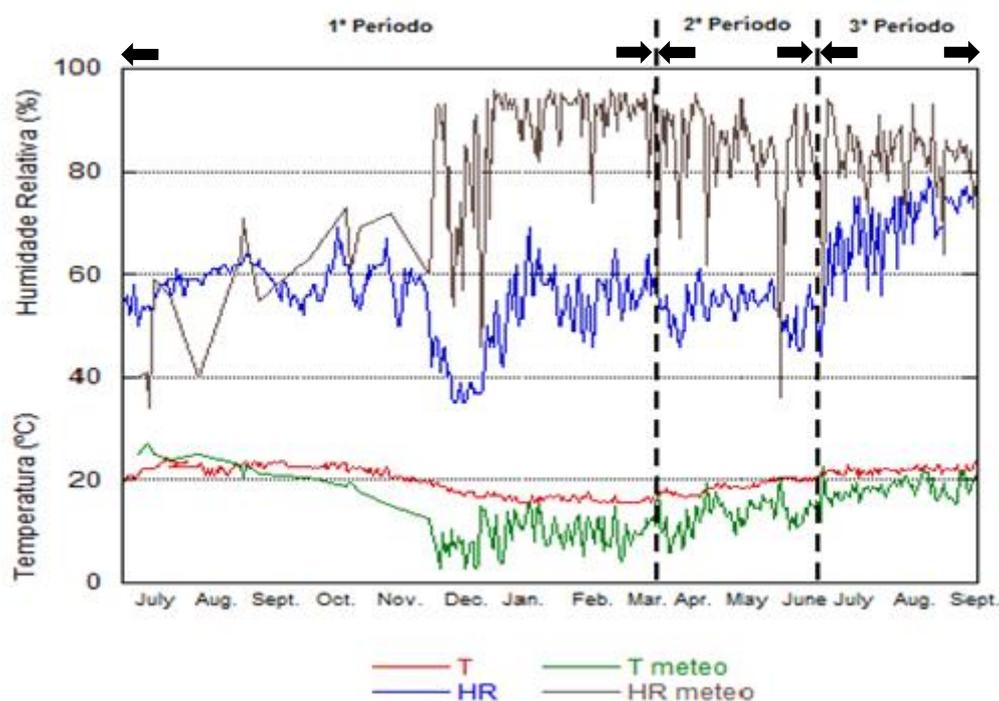


Figura 10- Temperatura e Humidade Relativa no interior e exterior da Casa-Forte (datalogger da estante)

A Figura 10, que representa uma comparação entre as condições higrotérmicas interiores e exteriores, não pode ser analisada de forma credível até meados de Novembro pois os dados exteriores disponíveis não estão completos. Os dados retirados das duas estações meteorológicas mais próximas da Casa-Forte tiveram bastantes falhas, no período de Junho a Novembro de 2013.

Assim a partir de Dezembro, o gráfico mostra que as humidades relativas interiores têm um comportamento semelhante às humidades relativas observadas nas estações meteorológicas automáticas. Relativamente à temperatura interior e exterior, apresentam uma razoável conformidade, mas é possível verificar que a temperatura interior é mais estável não tendo grandes flutuações como a temperatura exterior.

Nota-se que se verifica uma relação entre a temperatura e a humidade relativa, uma vez que quando a temperatura diminui a humidade relativa aumenta e no inverso também acontece. Pode-se afirmar que os níveis de temperatura e humidade relativa internos são influenciados pelas condições ambientais exteriores.

Na Figura 11, relativa ao 3º período, são apresentados os resultados dos *dataloggers* da grelha de ventilação e da estante com os dados meteorológicos.

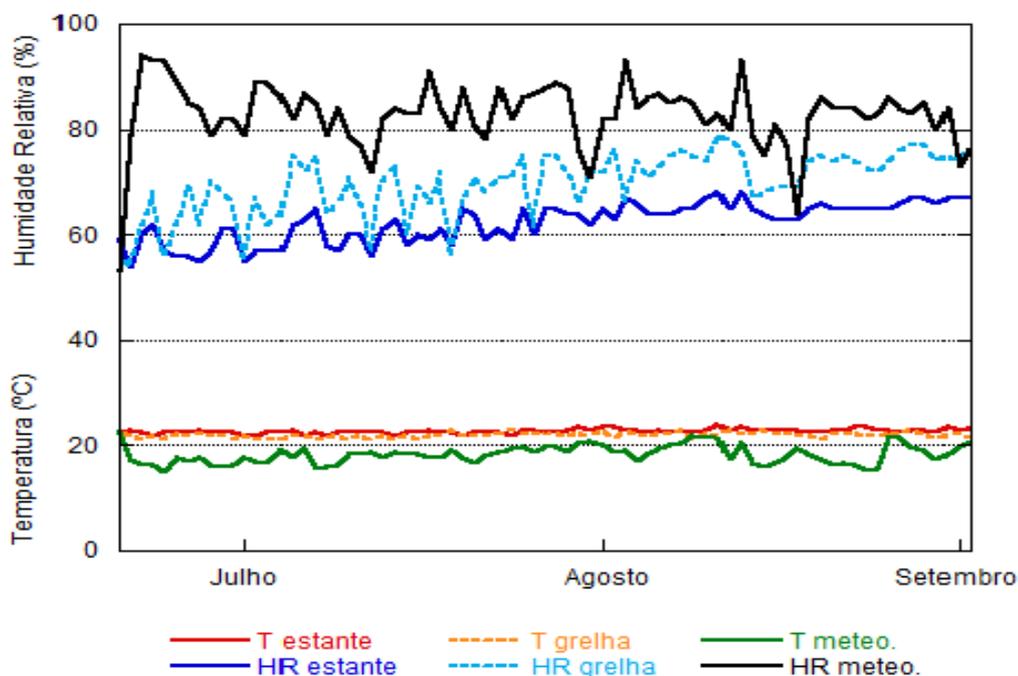


Figura 11- Temperatura e Humidade Relativa no interior e no exterior da Casa-Forte, durante o 3º período (dataloggers da estante e da grelha)

O 3º período da recolha de dados foi o único em que ambos os *dataloggers* registaram simultaneamente a temperatura e a humidade relativa.

A Figura 11 mostra uma temperatura estável ao longo do tempo, para ambos os *dataloggers* (quase uma sobreposição) e nem mesmo umas ligeiras variações da temperatura exterior influenciaram o interior da Casa-Forte, neste aspeto.

Já a humidade relativa exibe uma percentagem acima do recomendado em ambos os *dataloggers*, o *datalogger* da grelha atingiu valores perto dos 80% e o da estante variou quase sempre entre 60-70%. Observando a humidade relativa, nota-se que quando há um pico no exterior então passado algum tempo também acontece no interior, sendo esta conformidade muita mais evidente nos dados registados no *datalogger* da grelha. Isto tudo indica que o interior da Casa-Forte sofre influência do exterior através das grelhas de ventilação existentes.

Como já referido, neste período os desumidificadores do piso superior foram regulados a 45% e os do piso inferior a 50 %, e os registos da recolha da água dos depósitos era realizado, usualmente, de dois em dois dias.

Assim, pelos resultados obtidos por ambos os *dataloggers*, conclui-se que o controlo da humidade neste período não foi bem realizado. De facto, seria necessária uma verificação diária e o *set-point* de ambos os desumidificadores do piso superior deveria ser regulado para cerca de 30 %, valor a que estava no final do período anterior, que foi quando se atingiu valores de humidade dentro dos limites recomendados.

5.1.3. Humidade Absoluta

A seguir, a Figura 12 mostra a evolução da humidade absoluta no interior da Casa-Forte e no exterior ao longo do tempo, calculada conforme descrito no Anexo A.

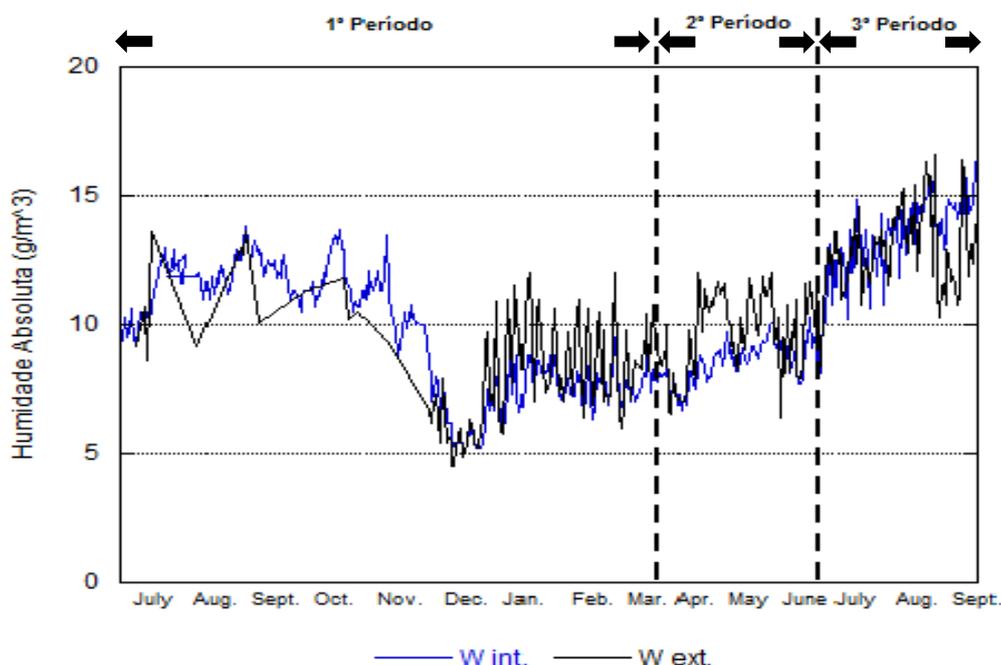


Figura 12- Humidade Absoluta no interior e exterior da Casa-Forte (datalogger da estante)

Como já foi referido e é visível na Figura 12, os dados meteorológicos fornecidos até meados de Novembro de 2013 têm muitas falhas, logo não é possível fazer uma análise comparativa até essa data.

A partir de Dezembro o gráfico descreve uma conformidade entre as humidades absolutas verificadas no interior da Casa-Forte e os valores medidos pela EMA;

Em termos globais verifica-se uma influência bastante direta da humidade absoluta exterior sobre a do ar interior, sendo possível identificar o efeito do funcionamento mais intenso dos desumidificadores do piso superior, pelos valores inferiores da humidade absoluta no ar interior durante o 2º período.

Com a análise desta última figura conclui-se que o ambiente interior da Casa-Forte é bastante influenciado pela humidade exterior, influência essa que será tanto maior quanto maior for o caudal de ar admitido pelas grelhas de ventilação natural.

A seguir a Figura 13 apresenta a evolução da humidade absoluta no interior da Casa-Forte e no exterior, ao longo do 3º período do estudo. As humidades absolutas foram calculadas conforme se pode observar no Anexo A.

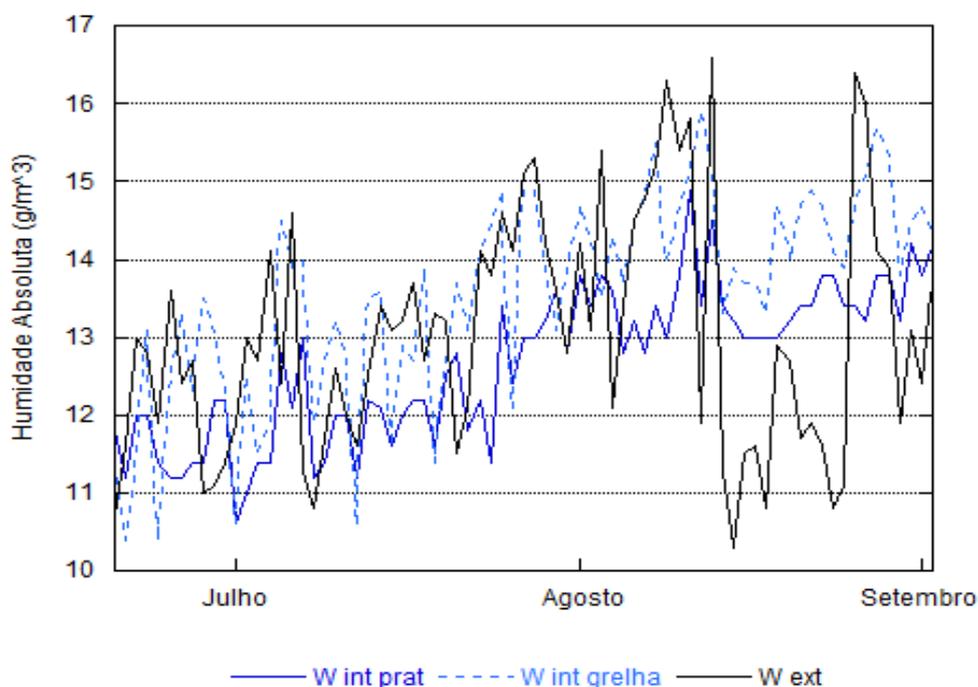


Figura 13- Humidade Absoluta interior e exterior da Casa-Forte (datalogger da estante e da grelha)

Neste período estiveram ambos os *dataloggers* a registar dados de temperatura e humidade relativa.

Como se pode observar, os valores da humidade absoluta do *datalogger* da grelha são sempre superiores aos da estante, o que aponta para uma influência do ar exterior através das grelhas de ventilação.

Como acontece com o *datalogger* da estante e foi descrito anteriormente, a Figura 13 descreve também uma correspondência entre as humidades absolutas do *datalogger* da grelha e a exterior. Neste período é possível verificar-se que, à medida que a humidade absoluta exterior aumenta, a humidade absoluta interior (estante e grelha) também aumenta, embora com algum atraso. E o mesmo acontece quando diminui.

Admite-se assim uma influência da humidade absoluta exterior nos valores da humidade absoluta interior, mas com mais relevo no *datalogger* colocado na grelha do que no da estante. Portanto, a solução seria tapar as grelhas de ventilação de modo a influência do exterior.

5.1.4. Período experimental (entre 5 e 12 de Setembro de 2014)

Neste período de 5 a 12 de Setembro de 2014, no interior da Casa-Forte, o *set-point* dos desumidificadores do piso superior foram regulados para os 40 % e os do piso inferior foram regulados para os 60 %. Esta discrepância na regulação dos desumidificadores foi propositada, porque nos períodos anteriores os desumidificadores do piso inferior eram quase sempre encontrados com o depósito cheio enquanto os do piso superior quase sempre desligados (e muito pouca água nos depósitos); assim, baixou-se o *set-point* de HR nos de cima e aumentou-se nos de baixo.

Quando se fez a visita no dia 12 de Setembro de 2014, os desumidificadores do piso inferior foram encontrados com alguma água (menos de metade da capacidade dos depósitos), sendo que o que está mais perto da porta de entrada se encontrava a funcionar e o outro estava desligado. Relativamente aos do piso superior, o que estava logo ao cimo das escadas encontrava-se desligado e com pouca água no depósito de recolha e o outro tinha um pouco mais de água e estava em funcionamento. Todos eles tinham pouca água

nos depósitos de condensados, pelo que se concluiu que terão tido semelhantes perfis de funcionamento.

Pelo registo da recolha de água dos depósitos dos desumidificadores de Setembro de 2014 (Anexo D), os desumidificadores do piso inferior retiraram mais água do que os do piso superior apesar de estarem regulados a *set-point* mais alto.

5.1.4.1. Influência das Condições Climáticas exteriores no interior da Casa-Forte

Seguidamente, na Figura 14 é possível observar as temperaturas e humidades relativas no interior da Casa-Forte e na Estação Meteorológica Automática localizada no Departamento de Engenharia Mecânica do Pólo 2, no período em estudo.

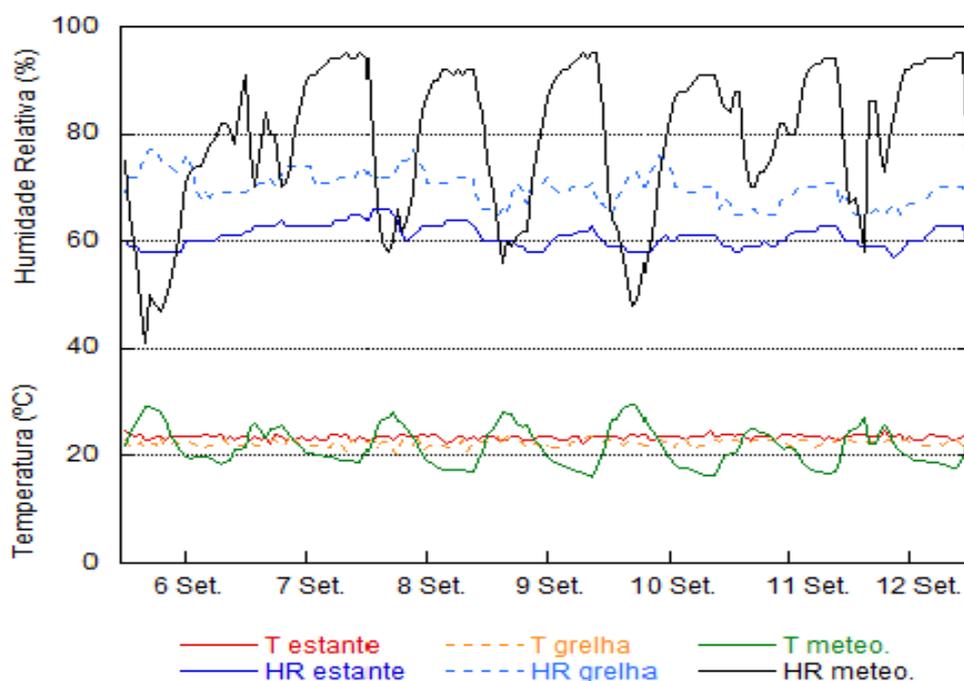


Figura 14- Temperatura e Humidade Relativa no interior e exterior da Casa-Forte, entre 5 e 12 de Setembro de 2014 (datalogger da estante e da grelha)

Para o *datalogger* colocado na grelha, o gráfico mostra uma temperatura estável quase sempre entre os 21/22 °C o que corresponde ao limite máximo recomendado.

Relativamente à humidade relativa, esta apresenta valores entre os 65% a 75% ao longo do tempo. Já os resultados do *datalogger* da estante comparativamente com o posto na grelha baixam na humidade relativa e sobem em média um grau na temperatura.

A humidade relativa apesar de ser inferior não consegue estar dentro dos limites recomendados e a temperatura é estável sem grandes flutuações.

Mesmo com os desumidificadores do piso superior em funcionamento mais intenso que os do piso inferior, os resultados da humidade relativa não apresentaram melhorias em relação ao período anterior (3º período). Assim, é recomendável que é necessário regular-se os desumidificadores para percentagens inferiores, para se poder baixar o nível de humidade.

Conforme se pode verificar através do gráfico apresentado, as condições climáticas exteriores influenciam o interior da Casa-Forte através das grelhas de ventilação. Nomeadamente na humidade relativa é claro a ocorrência de flutuações ao longo do tempo, nota-se que quando há um pico no exterior passado algum tempo também ocorre no interior. Já a temperatura não sofre influências exteriores, mantendo-se sempre estável. Pelos valores do *datalogger* colocado na estante pode se comprovar que não existem influências exteriores, já que tanto a temperatura e humidade se mantêm quase sempre estáveis durante as medições.

Assim conclui-se que se deve tapar metade ou a totalidade das grelhas de ventilação, como melhoria das condições ambientais.

Posteriormente, a Figura 15 apresenta a evolução da humidade absoluta no interior da Casa-Forte e no exterior, ao longo do período em estudo. As humidades absolutas foram calculadas conforme se pode observar no Anexo A.

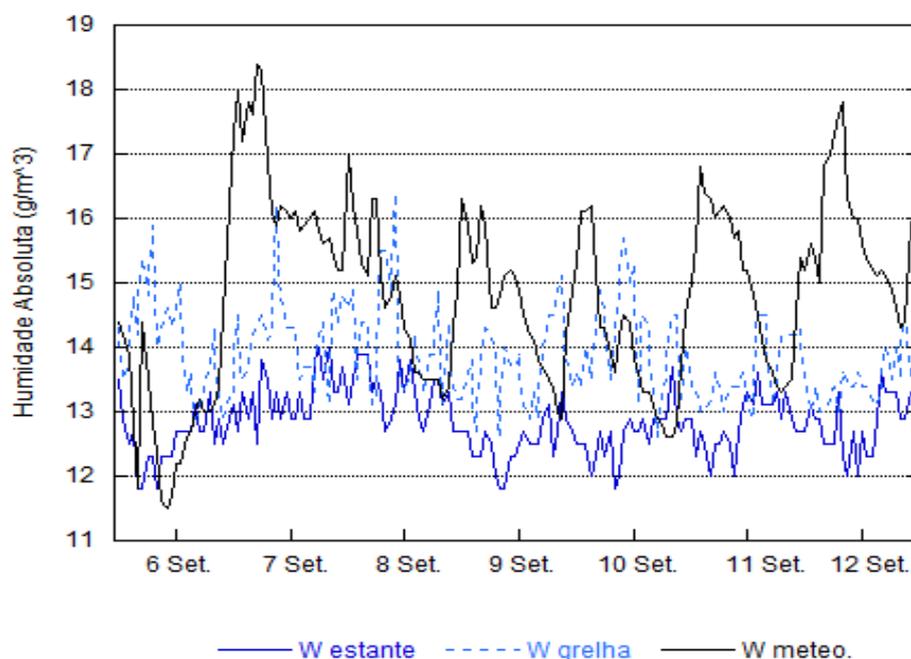


Figura 15- Humidade Absoluta interior e exterior da Casa-Forte, entre 5 e 12 de Setembro de 2014 (datalogger da estante e da grelha)

Neste período os *dataloggers* registaram simultaneamente a temperatura e a humidade relativa.

Como se pode reparar, os valores da humidade absoluta do *datalogger* da grelha são sempre superiores aos da estante, o que acontecia também no 3º período (20 de Junho a 2 de Setembro de 2014) como já referido. Isto sugere que o *datalogger* da grelha de ventilação é mais influenciado pelas condições climáticas exteriores.

O gráfico descreve também uma conformidade entre as humidades absolutas, assim é possível verificar-se que à medida que a humidade absoluta exterior aumenta, a humidade absoluta interior (estante e grelha) também aumenta. Aqui o que diferencia é o tempo de atraso com que isso acontece, sendo que no *datalogger* da grelha a influência exterior ocorre mais rápido do que no *datalogger* da estante.

Admite-se assim uma influência da humidade absoluta exterior nos valores da humidade absoluta interior, mas com mais intensidade no *datalogger* colocado na grelha do que no da estante. Logo é recomendável, tapar uma parte ou todas as grelhas de ventilação existentes na Casa-Forte.

5.2. Análise microbiológica

Não foi possível obter resultados das amostragens microbiológicas do ar na Casa Forte, com vista à determinação das concentrações de fungos e de bactérias no ar. Com efeito, devido a um conjunto de fatores fortuitos, houve atrasos sucessivos na entrega das amostras recolhidas ao laboratório, pelo que ficou inviabilizada a incubação e a contagem de colónias.

Apesar de não ser um dos objetivos principais deste trabalho, teria sido interessante ter obtido alguns resultados para a caracterização microbiológica do ar neste espaço.

6. CONCLUSÕES

6.1. Principais conclusões

A presente dissertação incidiu na importância das condições higrotérmicas na preservação e conservação dos acervos bibliográficos no interior da Casa-Forte da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra. A maioria das conclusões têm vindo a ser mencionadas ao longo deste estudo, no entanto, expõe-se neste capítulo as considerações finais que proporcionam uma visão geral do estudo realizado.

O interior da Casa-Forte apresenta condições ambientais preocupantes de preservação no que respeita aos valores observados da humidade relativa, registando valores elevados quando comparados com os valores recomendados (45-55%).

Apesar desses valores ao longo do estudo, houve um período em que os limites recomendados foram cumpridos. Foi durante uma fase do 2º período, depois de terem sido adicionados dois desumidificadores aos dois já existentes no local, em que todos os desumidificadores foram regulados para cerca de 30% que a humidade relativa apresentou valores mais estáveis e quase sempre próximos dos limites sugeridos. Nesta fase a água do depósito dos desumidificadores era retirada, mesmo não sendo uma manutenção contínua e rigorosa, ajudou a atingir estes resultados. Isto leva a acreditar que se houver um plano de manutenção dos desumidificadores, onde estes fossem ajustados e monitorizados com rigor e regularidade se poderia alcançar o pretendido.

Através dos resultados obtidos da humidade absoluta admite-se que o ambiente interior da Casa-Forte é influenciado pelas condições climáticas exteriores.

Relativamente a temperatura, esta apresentou ao longo do estudo um comportamento térmico razoável e só em períodos parciais do tempo é que não cumpriu os valores recomendados. Assim, seria importante os responsáveis da Casa-Forte focarem-se sobretudo no controlo da humidade relativa.

6.2. Recomendações e medidas de melhoria

Como conclusão, recomenda-se algumas propostas de medidas de melhoria e de monitorização de forma a minimizar os efeitos negativos nos acervos bibliográficos do trabalho exposto:

- A temperatura e a humidade relativa do ar devem ser sistematicamente medidas e registadas, já que os dados obtidos documentam as condições ambientais existentes e indicam se o equipamento disponível de controlo climático está ou não a funcionar adequadamente e a produzir as condições desejadas.
- Os *dataloggers* NOMAD necessitam de ser calibrados, para que se possa garantir uma total confiança nos resultados obtidos das medições; ou, se possível, adquirir equipamentos novos com as mesmas funções, mas mais atualizados.
- Colocação de um equipamento digital ou analógico no interior da Casa-Forte para leitura direta da temperatura e da humidade relativa.
- Colocação de cinco desumidificadores todos semelhantes no interior da Casa-Forte, para haver um controlo uniforme e a redução da humidade relativa. É um investimento de baixo custo e poderia melhorar as condições registadas atualmente.
- Regular os desumidificadores para um *set-point* mais baixo, na ordem dos 30 %. A regulação deste valor deveria ser feita empiricamente, com base na medição e leitura da humidade relativa no espaço.
- Criar um plano de manutenção dos desumidificadores de maneira adequada e eficiente. Com um plano rigoroso, cumpridor e regular permitiria que as percentagens de humidade relativa recomendadas fossem alcançadas.
- Criar um plano de registo de recolha da água do depósito dos desumidificadores, não como uma medida provisória mas como uma medida fixa.
- Possibilidade de ligar os desumidificadores ao tubo do esgoto que já existe na Casa-Forte, para escoar a água de forma automática e contínua e, assim, não seriam necessárias as duas medidas anteriores. Ou escoar para um “bidão” e fazer reaproveitamento da água, mas já teria de ser de forma manual.
- Tapar metade ou grande parte das grelhas de ventilação.

- Retirar o sistema AVAC do interior da Casa-Forte e aproveitá-lo para um espaço maior e necessitado de um equipamento tão potente.
- A implementação de normas e procedimentos a serem seguidos dentro da Casa-Forte pelos funcionários é um meio fácil e eficaz de consciencialização e sensibilização da importância de preservar e conservar os documentos.

Espera-se que com este trabalho, esteja clara a importância de se controlar as condições higrotérmicas no interior da Casa-Forte e que este auxilie na orientação e consciencialização de todos aqueles que lidam direta ou indiretamente com este tipo de material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Busse, H.J., Camuffo D. e Grieken R.V. (2001), “Environmental monitoring in four European museums”, *Journal Atmospheric Environment* 35 Supplement, 1, S127-S140.
- Fabbri, K., Pretelli, M., (2014), “Heritage buildings and historic microclimate without HVAC technology: Malatestiana Library in Cesena, Italy, UNESCO Memory of the World”, *Energy and Buildings* 76, 15–31.
- Gallo, F., (1993), “Aerobiological research and problems in libraries”, *Aerobiologia* vol.9, 117-130.
- 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”. Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Guiamet, P., Borrego, S., Lavin, P., Perdomo, I., de Saravia, S.G., (2011), “Biofouling and biodeterioration in materials stored at the Historical Archive of the Museum of La Plata, Argentine and at the National Archive of the Republic of Cuba”, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 85, 229-234.
- Guichen, (de) G., (1995), “La conservation preventive: un changement profond de mentalité”, em *Cahiers d’études du Comité de conservation de l’Icom (I.C.O.M.-C.C.)*, 4-6.
- IPMA, (2014). Acedido em:
http://www.ipma.pt/pt/educativa/glossario/meteorologico/index.jsp?page=glossario_gh.xml, consultada em 19 de Julho de 2014.
- IPMA, (2014). Acedido em:
<https://www.ipma.pt/pt/educativa/faq/meteorologia/observacao/index.html?p=2&f=/pt/educativa/faq/meteorologia/observacao/>, consultada em 19 Julho de 2014.
- ISO 11799 de 15 de Setembro de 2003. “Information And Documentation - Document storage requirements for archive and library materials”. International Standard Organization.
- Júnior, J. S. (1997), “A conservação de acervos Bibliográficos & Documentais”. Fundação Biblioteca Nacional, Departamento de processos técnicos, Rio de Janeiro, Brasil.
- Lloyd, H., Bendix, C., Brimblecombe, P. and Thickett, D. (2007) “Dust in Historic Libraries”. Acedido a 7 de Abril de 2014 em:
<http://www.nationaltrust.org.uk/document-1355786864295/>.
- Matos, J., Brantes, J., Cunha, A.M.A., (2010), “Qualidade do Ar em Espaços Interiores - Um Guia Técnico”, Agência Portuguesa do Ambiente.

- Ogden, S., (2001), “Meio Ambiente”, 2ª Edição (14 a 17). Projeto Conservação Preventiva em Bibliotecas e Arquivos. Rio de Janeiro, Brasil.
- Pereira, A. G., Berto, L., Barros, R., “Pré-Projecto de Biblioteca - Anexo L: Ventilação, Umidade e Temperatura”. Consultado em 24 de Julho de 2014 e disponível em: http://dc160.4shared.com/doc/c_1wZNil/preview.html.
- Pinto, Alexandra Catarina Ferreira (2009). “Análise das Condições Higrotérmicas em espaços da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra”. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Radaković, S.S., Marjanović, M., Šurbatović, M., Vukčević, G., Jovašević-Stojanović, M., Elizabeta Ristanović, E., (2013), “Biological pollutants in indoor air”, *Vojnosanit Pregl* 2014; On Line-First January (00): 04–04.
- Sousa, Maria de La-Salete Gomes (2011). “Caracterização do Ambiente Interior na Casa-Forte da Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra”. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente, Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Teixeira, L.C., Ghizoni, V.R., (2012), “Conservação Preventiva de Acervos”, Coleção Estudos Museológicos Volume 1. Florianópolis, Brasil.
- Texas Historical Commission, (2013), “Basic Guidelines for Preservation of Historic Artifacts”
- Universidade de Coimbra (2014). Acedido a 16 de Março de 2014 em: <http://www.uc.pt/bguc/500anos/Apresentacao>.
- VWR We Enable Science (2014). Acedido a 8 de Abril de 2014 em: https://pt.vwr.com/app/catalog/Product;jsessionid=3sVAOk05ujUzd8w1S+3v1w*.node7?article_number=710-0919.
- Weather Underground (2014). Acedido em: <http://www.wunderground.com/>.

ANEXO A. CÁLCULO DA HUMIDADE ABSOLUTA

O cálculo da humidade absoluta foi realizado através da seguinte fórmula:

$$W = 2165 \times \frac{p_{va}}{273,16 + T}$$

sendo que W [g/m^3] é a humidade absoluta, T [$^{\circ}\text{C}$] é a temperatura do ar e p_{va} [kPa] é a pressão do vapor de água dada por:

$$p_{va} = \frac{\Phi \times p_{vs}}{100}$$

sendo que p_{vs} [kPa] é o limite para a quantidade de vapor d'água no ar, ou seja é a pressão de saturação do vapor de água, e Φ é a humidade relativa.

A pressão de saturação pode ser calculada através da Fórmula de Tetens:

$$p_{vs} = 0,6108 \times e^{\frac{17,27 \times T}{237,3 + T}}$$

ANEXO B. REGISTO DA RECOLHA DA ÁGUA DOS DESUMIDIFICADORES EM JULHO



Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra
 TELEF. 239859000 - FAX 239827136
 3000 - 447 COIMBRA

Registo da água retirada dos Desumidificadores

Mês: Julho

Localização: Casa forte

DIA	Desumidificador 1/4%	Desumidificador 2/4%	Desumidificador 3/1"	Desumidificador 4/1"
01				
02	cheio - 16L	cheio	desligado	desligado
03				
04	Feriado	-	-	-
05				
06				
07	cheio - 16L	cheio	desligado	desligado
08				
09	cheio - 16L	cheio	desligado	desligado
10				
11	cheio - 16L	cheio	desligado	desligado
12				
13				
14	cheio - 16L	cheio	desligado	desligado
15				
16	cheio - 16L	cheio	desligado	desligado
17				
18	cheio - 16L	cheio	-	-
19				
20				
21	meio	cheio	-	-
22				
23	desligado	cheio	-	-
24				
25	cheio	cheio	-	-
26				
27				
28	+/- meio	cheio	-	-
29				
30	desligado	cheio	-	-
31				

Assinatura: _____

Imagem 27

ANEXO C. REGISTO DA RECOLHA DA ÁGUA DOS DESUMIDIFICADORES EM AGOSTO



Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra
 TELEF. 239850800 - FAX 239827135
 3000 - 447 COIMBRA

Registo da água retirada dos Desumidificadores

Mês: Agosto

Localização: Casa Forte

DIA	Desumidificador 1	Desumidificador 2	Desumidificador 3	Desumidificador 4
01	cheio - 16L	cheio	desligado	desligado
02				
03				
04	cheio - desligado	cheio	desligado	cheio
05				
06	1 meio	cheio	cheio	desligado
07				
08	cheio	cheio	desligado	desligado
09				
10				
11	—			
12				
13				
14				
15				
16				
17	F E R I A S			
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25	cheio	cheio	desligado	desligado
26				
27	cheio	cheio	desligado	desligado
28				
29	cheio	cheio	desligado	desligado
30				
31				

Assinatura: _____

1004_07

ANEXO D. REGISTO DA RECOLHA DA ÁGUA DOS DESUMIDIFICADORES EM SETEMBRO


Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra
TELEF. 239859800 - FAX 239827135
3000 - 447 COIMBRA

Registo da água retirada dos Desumidificadores

Mês: Setembro

Localização: casa Fonte

DIA	Desumidificador 1	Desumidificador 2	Desumidificador 3 Ex.	Desumidificador 4 Fm ^o
01	cheio + 16	cheio	desligado	desligado
02				
03	cheio + 16	cheio	- meio	cheio
04				
05	ligado	desligado	ligado	ligado
06				
07				
08	meio + 16	desligado	desligado	ligado - meio
09				
10	cheio + 16	- meio	- meio	ligado - meio
11				
12	ligado - meio	desligado	desligado	ligado - meio
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				

Assinatura: _____

Imbg_07

ANEXO E. CARACTERÍSTICAS DOS DESUMIDIFICADORES



Figura 16- Desumidificador Fagor DH-16



Figura 17- Desumidificador Princesse YL-2007