

Moldura microclimática para pinturas sobre tela expostas a flutuações intensas de humidade relativa

Sara Sá^{1,2,*} , Isabel Pombo Cardoso^{1,2} , Leslie Carlyle^{1,2} , Raquel Marques^{1,2} 

¹ Departamento de Conservação e Restauro, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Campus Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal

² LAQV-REQUIMTE, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Campus Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal

*sr.sa@campus.fct.unl.pt

Resumo

O Ecomuseu Municipal do Seixal pretende exibir três retratos a óleo sobre tela do século XIX, pertencentes ao seu espólio, num dos seus núcleos museológicos, o Moinho de Maré de Corroios. Em virtude da sua localização, inerente à função de moinho de maré, este edifício exhibe condições ambientais que se caracterizam por fortes flutuações de temperatura e, em particular, de humidade relativa. O presente trabalho tem como objectivo propor um modelo de moldura microclimática que oferece uma solução para a preservação a longo prazo das pinturas referidas. O design desta moldura foi definido com base no estudo das condições ambientais da sala de exposições do moinho (temperatura e humidade relativa), bem como nos resultados de uma experiência realizada in situ com molduras protótipo. A proposta apresentada, uma moldura microclimática contendo sílica gel como material tampão, considerou os modelos referidos na literatura, os requisitos individuais das pinturas em questão e, finalmente, a necessidade de restrição a um orçamento específico.

Microclimate frame for paintings on canvas exposed to extreme fluctuations in relative humidity

Abstract

Ecomuseu Municipal do Seixal is aiming to exhibit three oil portraits on canvas from the 19th century in the Tide Mill of Corroios. Due to its location, intrinsic to its function of Tide Mill, the building exhibits environmental conditions characterized by severe fluctuations in temperature and relative humidity. This work aims to propose a model of microclimate frame that offers a solution for the continued preservation of the three paintings. The frame's design was chosen based on the study of the environmental conditions (temperature and relative humidity) of the exhibition room at the Tide Mill as well as in the results of an in situ experiment involving model frames. The proposal here described, a microclimate frame with silica gel as buffering material, considered the designs presented in the literature, the individual needs of the paintings and, finally, the available budget.

Palavras-chave

Moinho de Maré
Pintura a óleo sobre tela
Flutuações de humidade relativa
Moldura microclimática
Microclima
Sílica gel

Keywords

Tide mill
Oil paintings on canvas
Fluctuations in relative humidity
Microclimate frame
Microclimate
Silica gel

ISSN 2182-9942



Introdução

O Moinho de Maré de Corroios, núcleo museológico pertencente ao Ecomuseu Municipal do Seixal (EMS), é um edifício histórico que se manteve em condições de funcionamento até aos nossos dias (Figura 1). Foi edificado em 1403, sofreu várias alterações e ampliações ao longo do tempo, tendo sido adquirido pela autarquia em 1980. Por se tratar de um moinho de maré, este núcleo museológico apresenta características climáticas muito peculiares, com valores de humidade relativa (HR) muito elevados e flutuações muito severas, decorrentes da sua construção num terreno que inunda bidualmente (Figuras 1 e 2). Apesar destas condições climáticas, o EMS pretende expor neste núcleo três pinturas a óleo sobre tela, por retratarem três proprietários do moinho durante o século XIX, João Luiz Lourenço, Isabel Maria Lourenço Affonso e Domingos Affonso.

Os efeitos negativos de flutuações diárias e anuais de temperatura e HR nos objectos estão amplamente estudados [1-3]. As pinturas de cavalete, por se tratarem de objectos compósitos, são especialmente susceptíveis em consequência do comportamento distinto que os seus diferentes materiais apresentam face às flutuações ambientais [3-5]. Deste modo, o controlo das condições ambientais no local de exposição é fundamental para a preservação destes objectos. Especial atenção deve ser dada ao controlo das flutuações de HR, pois estas provocam um maior impacto na variação do teor de humidade destes objectos, quando comparado com o impacto provocado por flutuações de temperatura [6-7].

A literatura refere que, na impossibilidade de se obter um controlo climático efectivo do edifício, é uma opção recorrer à criação de microclimas para exposição das obras de arte [8]. Além do mais, considera-se este tipo de controlo climático localizado uma solução mais económica, mais sustentável, bem como mais eficiente, comparativamente ao controlo climático do interior do edifício [9-10]. Desta forma, o presente trabalho consistiu no estudo das condições ambientais da sala de exposições do moinho, na realização de testes preliminares de diferentes tipos de molduras e no *design* e produção de uma moldura microclimática adequada.

Molduras microclimáticas: relevância e variações tipológicas

Além de reduzirem e controlarem as flutuações de HR no seu interior, as molduras microclimáticas apresentam outras vantagens, como oferecer ao artefacto alguma protecção contra acidentes ou acções de vandalismo e proteger as obras em reserva ou em trânsito [8, 11].

Existem diferentes sistemas de molduras microclimáticas: alguns são executados de modo a conterem tanto a pintura como a moldura, outros contêm a pintura sem moldura, e outros podem ainda ser construídos dentro da própria moldura [8]. Não obstante, todos os sistemas seguem o mesmo princípio, o da criação de um microespaço, mais ou menos hermético em redor da pintura, com o objectivo de atenuar as flutuações de HR procedentes do exterior circundante.



Figura 1. Moinho de Maré de Corroios, Seixal. Imagem de <http://www.cm-seixal.pt/ecomuseu-municipal/moinho-de-mare-de-corroios>.

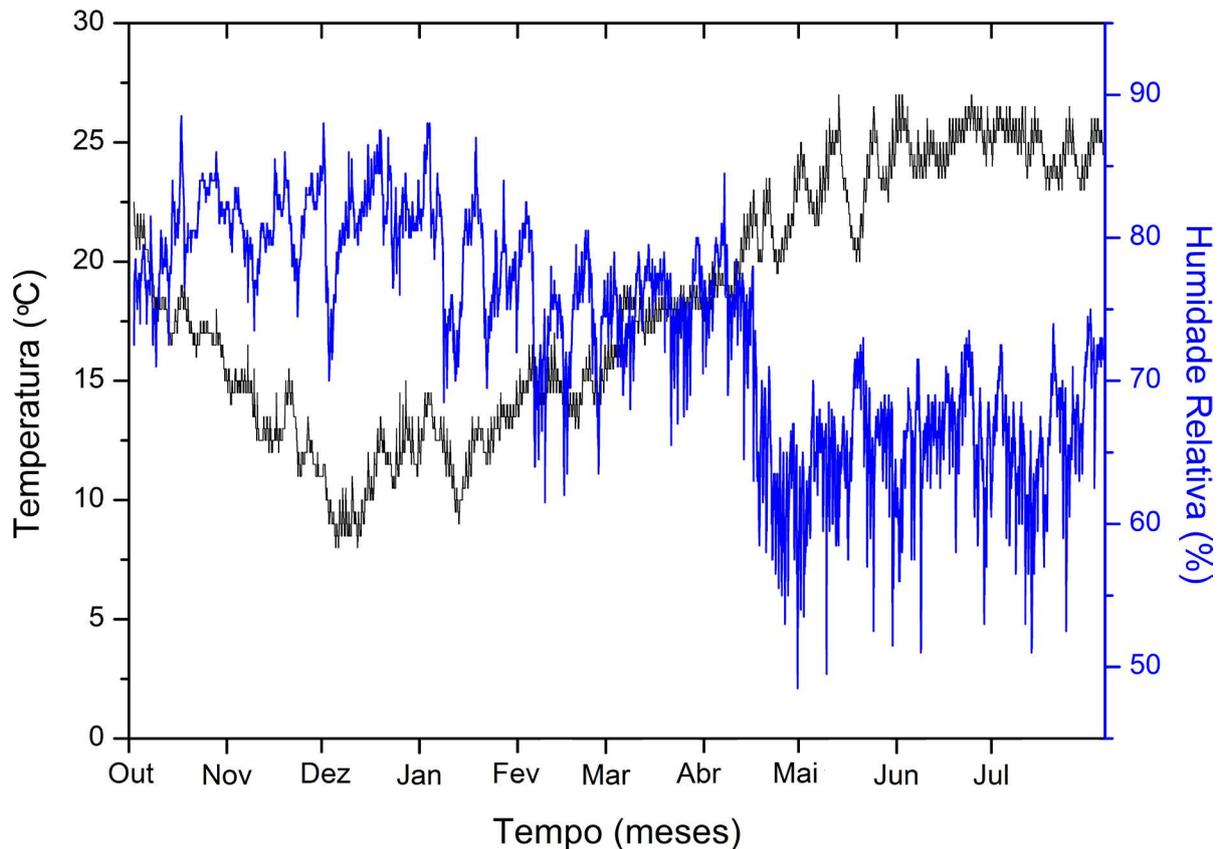


Figura 2. Gráfico dos valores de temperatura e HR da sala de exposições do Moinho de Maré de Corroios entre Outubro de 2014 e Outubro de 2015. As leituras foram realizadas de 30 em 30 minutos, com um *data logger* EL-USB-2 Lascar.

Existem algumas preocupações relativamente a fechar uma pintura dentro de uma moldura microclimática que devem ser tidas em conta. Uma das preocupações diz respeito à acumulação de poluentes que possam ser gerados no interior [11-12], sendo que a actual recomendação é evitar, na sua construção, o uso de materiais com elevada emissão de compostos orgânicos e tornar o microclima o mais hermético possível, reduzindo assim infiltrações de poluentes do exterior. Outra recomendação é deixar um intervalo de tempo significativo (pelo menos 3 meses) entre a construção da moldura e a instalação da pintura no seu interior. Podem também ser tomadas algumas medidas adicionais, tais como a aplicação de materiais absorventes, a instalação de películas de barreira – para cobrir os materiais de construção que emitam poluentes gasosos (tais como a madeira) – ou, ainda, alterar a composição da atmosfera no interior da moldura microclimática [12-13].

Outra preocupação é a possibilidade do crescimento de fungos devido à criação de um ambiente favorável – HR elevada e estável por um período prolongado de tempo [9, 14]. Contudo, um estudo prático realizado por Toledo *et al.*, em museus localizados em climas húmidos e temperados, demonstrou que as pinturas não protegidas por uma caixa de vidro revelaram um crescimento de fungos superior, bem como uma maior deposição de poeira e sujidade, que podem ter contribuído para promover tal

crescimento de fungos [15]. As molduras microclimáticas classificam-se também de acordo com o seu conteúdo: podem apostar apenas na hermeticidade, podem conter um material tampão activo como estabilizador da HR interna e podem ainda conter um gás de substituição [8]. Estas últimas têm como principal objectivo reduzir os efeitos de degradação provocados por acção do oxigénio [13]. Contudo, em tais atmosferas, alguns pigmentos podem sofrer alterações na cor e, portanto, não serão aqui consideradas [16]. As molduras microclimáticas sem material tampão, para além da hermeticidade, podem também tirar partido do possível comportamento higroscópico de alguns dos materiais constituintes da moldura (ex. madeira), bem como do próprio objecto artístico, como elementos estabilizadores dentro de um pequeno volume de ar [11, 17-19]. Esta opção também é defendida com o argumento de que, no caso de se verificar um período continuado de temperaturas elevadas, o material tampão pode interferir negativamente com o objecto, promovendo a sua desidratação [18]. Apesar de alguns testes mostrarem que as molduras sem material tampão têm um bom desempenho, especialmente no caso de conterem materiais higroscópicos [18-19], alguns autores alertam para o possível dano que possa resultar de se enclausurarem objectos compósitos [4], como é o caso das pinturas, onde os diferentes componentes higroscópicos existem em diferentes quantidades,

porque, como a humidade se move entre estes materiais, poderá acontecer uma transferência da humidade de um componente em menor quantidade para um em maior quantidade, causando danos no primeiro. Esses mesmos autores demonstraram que o uso de um material tampão, por ter a capacidade de libertar humidade, iria contrariar a tendência de dessecar do componente em menor quantidade [4].

O grande argumento a favor da introdução de um material tampão em molduras microclimáticas parece ser o facto de estes apresentarem uma maior capacidade de armazenar água e uma maior rapidez de resposta, sendo, portanto, os primeiros a reagir à introdução ou perda de humidade num sistema fechado, reduzindo assim a resposta do artefacto [6, 20]. Este tipo de controlo passivo de HR dentro das molduras é simples e parece ser um método com um bom custo/benefício para proteger os objectos artísticos [6].

Em suma, o uso de molduras microclimáticas pode trazer inúmeras vantagens para a protecção dos objectos artísticos, desde que estes sistemas de emolduramento sejam bem planeados e construídos com materiais cuidadosamente seleccionados [13].

Materiais utilizados para a construção de molduras microclimáticas

Os métodos para a construção de molduras microclimáticas podem variar nos detalhes, mas geralmente um vidro (ou material transparente) é encaixado no rebaixo da moldura, seguido da pintura e de uma placa de revestimento que é encaixada no verso da moldura [9]. Relativamente aos materiais que revestem a frente da pintura, os mais utilizados têm sido o vidro, a chapa acrílica e a chapa de policarbonato [13]. O vidro, apesar de existir de boa qualidade e de baixa reflexão, tem a desvantagem de ser quebrável e pesado. Por questões de segurança, o vidro laminado com tratamentos anti-reflexo é considerado uma alternativa [9]. As chapas acrílica e de policarbonato, quando não tratadas, apresentam uma elevada reflexão e susceptibilidade aos riscos [9]. Recentemente, foram desenvolvidas chapas acrílicas de elevada qualidade (Optium acrylic) que, de acordo com o fabricante, são leves, anti-reflexo, antiestáticas e anti-risco, mas são actualmente bastante dispendiosas.

Quanto aos materiais utilizados para a protecção do verso da moldura, o painel de fibra de madeira de alta densidade (HDF) temperado a óleo é um dos materiais mais utilizados. É relativamente resistente ao impacto, funciona como boa barreira para a humidade e é económico, mas apresenta a desvantagem de ser pesado, de distorcer em condições de elevada humidade e de não ser um material com qualidade de arquivo [9]. De forma a prevenir que os compostos voláteis ácidos do HDF entrem no espaço microclimático da moldura, é aconselhado cobrir a superfície interior com uma folha

de Melinex (filme de poliéster) [9]. Igualmente é sugerida na literatura a utilização de Marvelseal 360 (um filme-barreira composto por nylon e polietileno revestidos por alumínio) para cobrir a placa de revestimento posterior e, também, o interior da moldura de madeira. Outra opção para selar a madeira é a fita de alumínio. Outros materiais têm sido referidos na literatura, mas por serem muito mais dispendiosos não serão aqui abordados. Alguns autores defendem que a inspecção visual do verso da pintura é importante e, para tal, um material transparente pode ser utilizado [13].

Materiais para atenuar flutuações de humidade relativa

Como acima referido, os materiais tampão são muito sensíveis a alterações de HR, reagindo rapidamente, absorvendo ou libertando humidade [4, 6, 20].

A sílica-gel e o Art-Sorb são os materiais mais utilizados para atenuar flutuações de HR. Existem outros que não serão aqui abordados por serem menos adequados para os valores de HR pretendidos, visto não ser possível utilizá-los no verso de uma moldura ou serem mais difíceis de adquirir.

A sílica-gel foi recomendada a primeira vez para aplicações museológicas por Kenzo Toishi em 1959 [20]. Trata-se de um material inerte e não-tóxico, composto por dióxido de silício amorfo (SiO_2), geralmente em forma de pequenas esferas que contêm uma rede interna de poros microscópicos interconectados, originando uma área superficial de 700-800 m^2/g . As moléculas de água são adsorvidas e expelidas por estas microcapilaridades até ser atingido um equilíbrio de pressão de vapor com a HR da atmosfera envolvente [6].

Inicialmente utilizada na indústria como dessecante, quando utilizada em contexto museológico necessita ser condicionada de modo a funcionar como um material tampão. Condicionar a sílica gel implica a sua exposição a uma determinada humidade que permita a sua estabilização ao valor de HR pretendido.

Uma desvantagem atribuída à sílica-gel em contexto museológico é a necessidade de uma quantidade considerável de material. Garry Thomson determinou que, para que não seja necessário recondicionamento, são necessários 20 kg/m^3 de sílica-gel de densidade regular para atenuar as flutuações de HR durante um ano inteiro numa vitrina bem construída (com taxa de vazamento de ar de uma mudança de ar por dia) [21]. Desta forma, o microclima dentro da vitrina estaria protegido da baixa HR no Inverno (nos edifícios aquecidos) e elevada HR no Verão, criando assim uma vitrina autocorrectiva [6]. Não obstante, Thomson alerta que se a média anual de HR divergir significativamente do que é pretendido no interior do espaço microclimático, provavelmente será necessário um recondicionamento anual da sílica-gel [21].

Por esta razão, outras opções têm sido testadas e desenvolvidas com os objectivos de diminuir a quantidade

de material necessário e melhorar a rapidez de resposta perante flutuações de HR.

O Art-Sorb é vendido em vários formatos e parece ser a alternativa mais comum à sílica-gel. O formato em folha é o mais popular para as molduras, pois tem a vantagem de ser leve e fino, permitindo ser facilmente colocado no verso das molduras. Este material comercial é constituído por uma matriz de fibras de polietileno e polipropileno, com partículas de sílica-gel incorporadas, nos poros das quais se encontra embebida uma solução aquosa de cloreto de lítio [10, 22-23]. O cloreto de lítio tem uma pronunciada acção dessecante; contudo é um sal altamente corrosivo [21, 24]. Como o Art-Sorb não se encontra suficientemente estudado e existem indicações de que possa afectar negativamente as obras de arte, este material não foi considerado como opção para o caso do Moinho de Maré [23, 25].

Desenho experimental

Considerando as indicações acima mencionadas, foram então testados os dois modelos de molduras microclimáticas – com e sem material tampão – para o problema específico do Moinho de Maré de Corroios.

Assim, quatro molduras microclimáticas (duas réplicas) foram colocadas no Moinho de Maré, no mesmo espaço onde as três pinturas do EMS serão expostas. Todas foram executadas da mesma maneira, sendo que em duas foi introduzida sílica-gel condicionada. A quantidade mínima de sílica gel foi calculada segundo a recomendação de Thomson [21, p. 111 e p. 237] e, considerando o ambiente húmido e muito agressivo do moinho, foi utilizada a quantidade máxima possível. A sílica-gel foi preconditionada à HR pretendida, a 50 %.

Construção das molduras microclimáticas protótipo e instalação

Cada protótipo consistiu numa moldura de madeira com um vidro frontal e polipropileno alveolar como placa de protecção no verso. No interior, foi colocada uma pintura teste e um *data logger* (Figura 3) [26]. Dois espaçadores em rolha de cortiça com 2 cm de espessura foram pregados à parte inferior do verso da moldura de madeira, de forma a mantê-la afastada da parede e evitar possível condensação no verso (Figura 3) [27].

No sistema com material tampão, a sílica-gel foi colocada num saco de Reemay (poliéster não-tecido) desenhado para conter o máximo de sílica-gel e expor a maior área de superfície possível (Figura 3b). No centro deste saco foi deixado aberto um quadrado de 7 cm × 7 cm para acomodar o *data logger* (Figura 3b). A quantidade de sílica-gel introduzida na moldura (aproximadamente 400 g, massa seca) foi 3,51 vezes superior à quantidade mínima recomendada por Thomson [21].

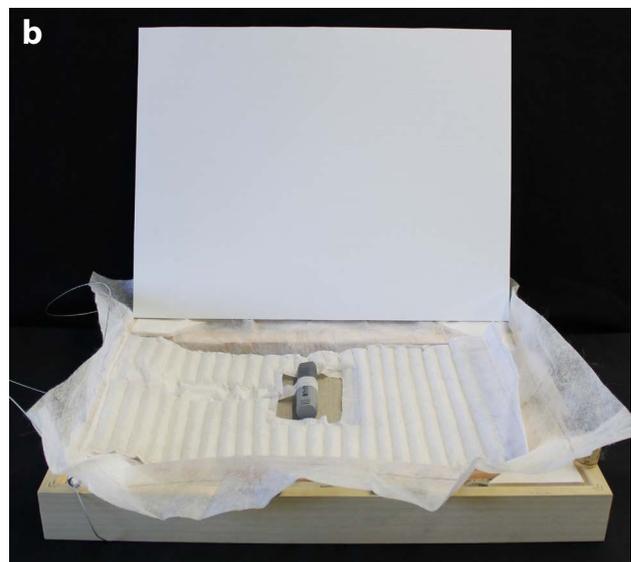
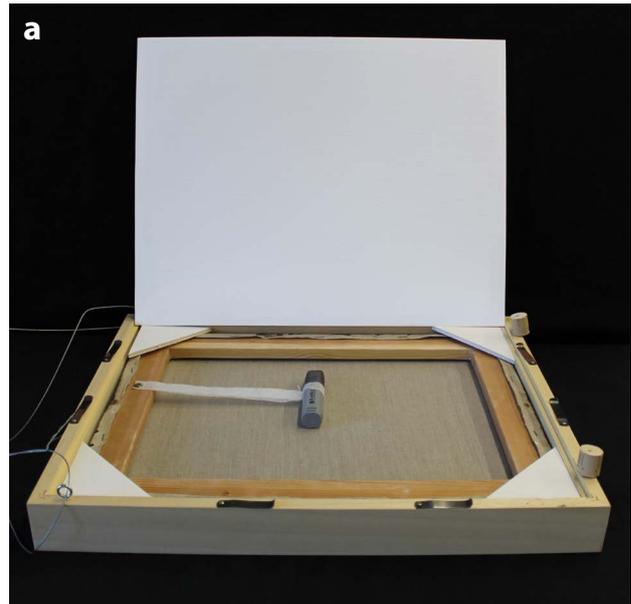


Figura 3. Interior das molduras microclimáticas protótipo, sendo visível o *data logger* no centro: a) moldura hermética sem material tampão; b) moldura com sílica gel dentro dos canais de um saco de Reemay.

Resultados e discussão

Os resultados da experiência realizada no Moinho de Maré com as molduras microclimáticas protótipo mostram que ambos os sistemas de emolduramento, com e sem sílica-gel, embora seguindo o ciclo de flutuações anual, atenuam eficazmente as severas flutuações diárias de HR que caracterizam o ambiente da sala de exposição do moinho.

Tal como previsto, e já reportado na literatura, a moldura microclimática fechada e sem qualquer material condicionador de HR atenua significativamente estas flutuações. Não obstante, uma maior capacidade de atenuar os picos das flutuações é conseguida com a presença de sílica-gel dentro da moldura (Figura 4). Além disso, este

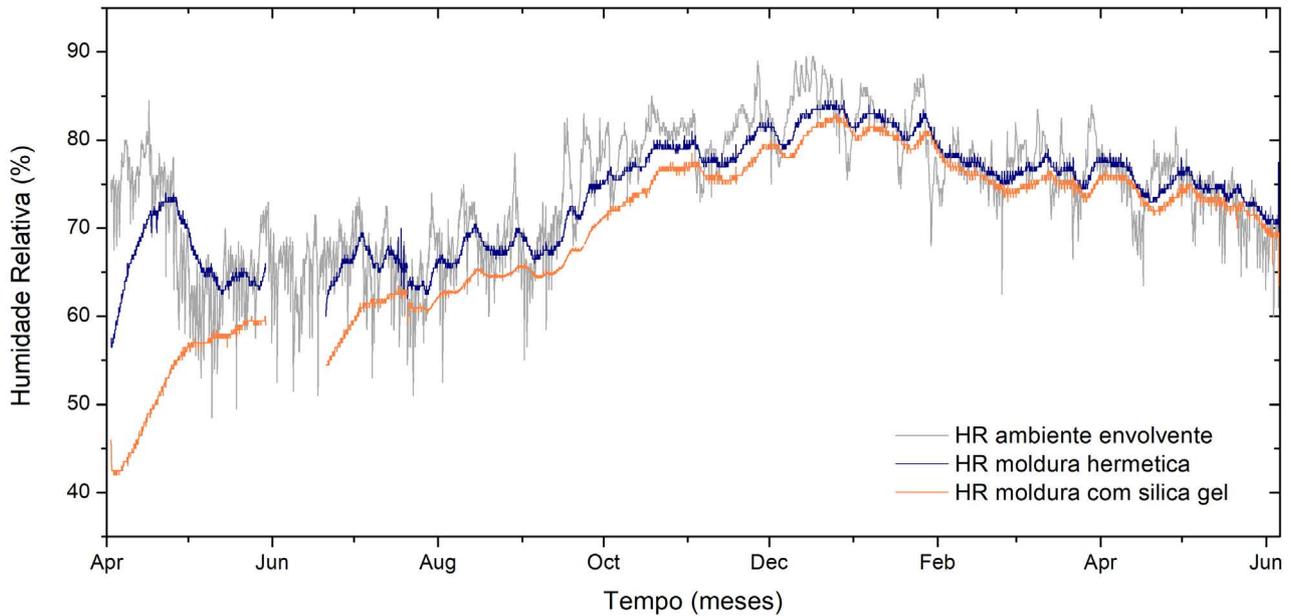


Figura 4. Gráfico dos valores de HR das molduras microclimáticas protótipo e da sala de exposições do Moinho. Leituras realizadas de 30 em 30 minutos com um *data logger* EL-USB-2 Lascar, entre 20 de Abril de 2015 e 23 de Junho de 2016. A ausência de dados de HR das duas molduras entre 16 de Junho de 2015 e 8 de Julho de 2015 deve-se ao facto de estas terem sido retiradas do moinho no âmbito de uma tese de mestrado [25].

sistema permite obter valores mais baixos de HR, tão importantes no caso do Moinho de Maré. Contudo, esta tendência vai diminuindo ao longo do tempo devido à saturação da sílica-gel. A baixa selagem das molduras protótipo e o facto de estas terem sido abertas com alguma frequência no ambiente húmido do moinho (para aceder à leitura dos *data logger*) levaram a uma perda de capacidade da sílica-gel. Isto é perceptível pela análise dos valores de HR das duas molduras, que se tornam cada vez mais semelhantes. A perda de eficiência da sílica-gel é referida por Thomson [21, p. 111], que alerta que, em ambientes onde a HR exterior é muito superior ao pretendido no espaço microclimático, a tendência é existir um aumento gradual dos valores de HR no interior da moldura. Face a esta situação, Thomson sugere uma troca ou acondicionamento anual da sílica-gel [21].

Proposta e construção da moldura microclimática

Sumário da construção da moldura

O estudo realizado no Moinho de Maré de Corroios, associado à interpretação da literatura, forneceu diretrizes importantes para o planeamento e construção de um modelo de moldura microclimática como pretendido. Nesta secção é sumariada a construção geral da moldura. Na secção seguinte encontra-se detalhada a construção passo-a-passo, incluindo ilustrações e notas explicativas.

Foi escolhida uma moldura simples e económica como estrutura base para o sistema microclimático (Tabela 1).

A moldura com uma espessura fina permitirá no futuro o encaixe numa outra, de estilo mais concordante com a pintura, que, por motivos de falta de orçamento do museu, não foi equacionada.

Não foi possível optar por vidro laminado ou um acrílico anti-reflexo de boa qualidade para proteger a frente da pintura devido ao seu elevado custo; assim, foi utilizado vidro anti-reflexo (Clear Colour UV 92). Por razões de segurança, para o tamanho de moldura em questão, a espessura do vidro foi de 2 mm. O verso da moldura foi fechado com uma chapa de acrílico transparente (94,4 cm × 77,9 cm × 0,4 cm de espessura), apoiada no rebaixo mais exterior da moldura (Figura 5). Foi preferido acrílico transparente para que o verso da pintura (que havia estado infestado com microrganismos) e um equipamento de leitura de HR permanecessem visíveis para inspeção periódica.

Um dos aspectos mais desafiantes do *design* da moldura consistiu em encontrar uma solução eficaz para suportar o volume adequado de sílica gel, no espaço disponível no

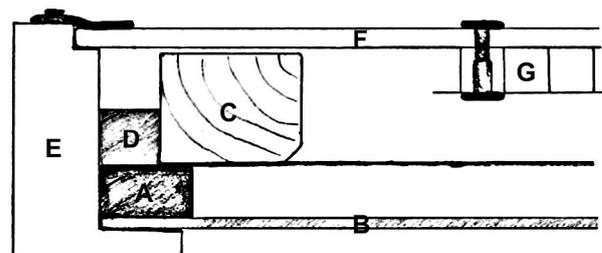


Figura 5. Esquema do perfil da moldura: A – espaçador; B – vidro; C – grade da pintura; D – calço; E – moldura; F – placa de protecção do verso; G – suporte da sílica-gel.

Tabela 1

Lista dos materiais utilizados na construção da moldura microclimática e respectivos fornecedores

Material	Fornecedor
Chapa acrílica	Dagol, Lisboa, Portugal http://www.dagol.com
Fita de selagem de molduras (<i>frame sealing tape</i>)	PEL, Preservation Equipment http://www.preservationequipment.com
Vidro anti-reflexo, Clear Colour UV 92, 2 mm	M&M – Moldura Minuto, Almada, Portugal http://www.molduraminuto.pt
Parafusos de rosca niquelados (<i>Chicago screws</i>), 1,5 cm de capacidade	Cartune, Lisboa, Portugal http://www.cartune.pt
Adesivo Colaplex Goold Plus	Dagol, Lisboa, Portugal http://www.dagol.com
Policarbonato alveolar	Dagol, Lisboa, Portugal http://www.dagol.com
Reemay	PEL, Preservation Equipment http://www.preservationequipment.com
Parafusos e placas de união em forma de “L”	Leroy Merlin, Almada, Portugal http://www.leroymerlin.pt
Silica-gel branca, grânulos de 2-5 mm	PEL, Preservation Equipment http://www.preservationequipment.com
Espuma de revestimento de rebaixo Volara (<i>foam rabbet tape</i>)	PEL, Preservation Equipment http://www.preservationequipment.com
Moldura de madeira	M&M – Moldura Minuto, Almada, Portugal http://www.molduraminuto.pt
<i>Data logger</i> EL-USB-2	Lascar Electronics http://www.lascarelectronics.com

verso da pintura, e, ao mesmo tempo, garantir que uma elevada área de superfície da sílica gel ficasse exposta. A opção seguida nas molduras microclimáticas protótipo, que consistiu em costurar a sílica gel dentro de canais criados num saco de Reemay, não se adequava a molduras de grandes dimensões, devido ao peso e à dificuldade de instalação. Inspirado num *design* anterior [28], utilizou-se uma chapa de policarbonato alveolar para formar um suporte para a sílica-gel (Figura 6). Foram necessárias duas chapas devido à existência de uma barra central na grade da pintura. Os canais com 1 cm × 1 cm de espessura das chapas de policarbonato foram orientados horizontalmente. Ao cortar selectivamente a superfície superior da chapa que cobria alguns canais, foram criadas secções alternadas de canais abertos e canais fechados (Figura 6a). A sílica-gel foi vertida para o interior dos canais abertos e segura por uma folha de Reemay aderida com adesivo à superfície dos canais fechados (Figura 6 b).

A quantidade mínima de sílica gel requerida para este sistema (460 g) foi determinada tendo por base a recomendação de Garry Thomson [21, p. 111 e p. 237]. Uma vez que os canais nas chapas de policarbonato podiam acomodar sílica-gel além do mínimo, considerando o ambiente com fortes flutuações de HR e tendencialmente húmido da sala de exposições do moinho, optou-se por incluir sílica-gel em quantidade consideravelmente

superior à mínima recomendada, num total de 1370 g. Determinou-se que o nível de hermeticidade da moldura deveria ser superior ao das molduras protótipo, de forma a evitar a introdução de humidade do exterior para o interior da moldura microclimática. Tal poderia ser obtido cobrindo o interior da moldura de madeira com um material impermeável e selando o verso da moldura.

De forma a evitar a acumulação de compostos orgânicos voláteis no espaço microclimático, libertados pela pintura ou pelos materiais de construção da moldura, foi deixado um intervalo de tempo superior ao mínimo recomendado entre a construção da moldura e o fecho da pintura no seu interior [13]. Da mesma maneira, foi também deixado um intervalo de tempo de 12 meses desde o final do restauro da pintura até esta ser emoldurada. A impermeabilização do interior da moldura de madeira com materiais-barreira com qualidade de arquivo foi também uma solução adicional.

Construção passo-a-passo da moldura

Preparação do espaçador da moldura e isolamento da madeira

a) Um espaçador de madeira de cor preta foi utilizado, de forma a evitar o contacto entre a pintura e o vidro.

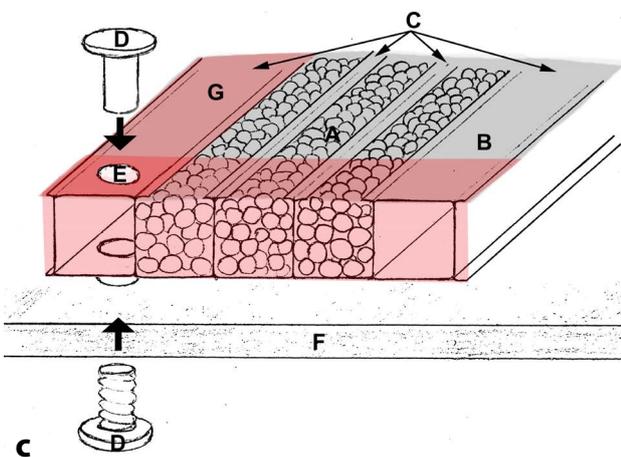


Figura 6. Suporte para a sílica-gel. *a)* Chapa de policarbonato alveolar depois de cortada a superfície superior dos canais seleccionados e antes da aplicação de Reemay. A superfície observada na figura corresponde à que ficará virada para o interior da moldura. *b)* Detalhe do verso do suporte da sílica-gel (superfície virada para o exterior da moldura, visível através da chapa acrílica) mostrando os canais de policarbonato enchidos com grânulos de sílica-gel. O Reemay, que se encontra colado no lado da frente, é visível através dos canais transparentes vazios. *c)* Esquema do suporte da sílica-gel: A – canais cortados, com sílica gel; B – canais vazios não cortados; C – superfície à qual o Reemay é aderido; D – parafuso de rosca; E – buraco feito no centro de um canal intacto do policarbonato para permitir a introdução do parafuso; F – placa acrílica de protecção do verso; G – fita de selagem de molduras.

Este espaçador foi coberto com fita de espuma Volara (Figura 7). De acordo com a descrição do produto, esta fita consiste numa espuma de polietileno de células abertas, inerte e *acid-free*, coberta com um adesivo acrílico estável. É fornecido como um material de qualidade de arquivo não abrasivo para forrar rebaixos de molduras (Tabela 1). Nota: o espaçador ficou assente sobre o vidro e foi seguro por pressão moderada obtida pelo ajuste ao interior da moldura.

b) De forma a isolar a madeira, uma fita de selagem de molduras (*frame sealing tape*), incorporando uma folha de alumínio e um adesivo acrílico (Tabela 1), foi colocada sobre a madeira do interior da moldura (Figura 7).

Preparação do suporte da sílica gel

a) Duas chapas de policarbonato alveolar com canais de 1 cm × 1 cm, orientados horizontalmente, foram cortadas à medida pelo fornecedor. Cada chapa tinha 33 cm de largura, 56 cm de comprimento e 1 cm de espessura.

b) A camada protectora de plástico que acompanhava as chapas de policarbonato alveolar na frente e no verso foi mantida durante toda a preparação para evitar a criação de riscos indesejados na superfície. A parte central da superfície superior dos canais seleccionados foi cortada com uma lâmina (*x-acto*) (Figura 6a). Para assegurar a estabilidade estrutural do suporte, os canais não foram cortados continuamente de um lado ao outro da chapa de policarbonato alveolar. Ao invés, foram mantidas tiras verticais de plástico não cortado nas margens esquerda e direita da chapa e no centro da mesma, obtendo-se três colunas de canais cortados, separadas por duas áreas verticais não cortadas (Figura 6a). De forma a fornecer uma superfície para o pano de Reemay aderir, foi deixado fechado um canal por cada três abertos (Figura 6a).

Nota: o policarbonato é um material muito resistente e difícil de cortar. A lâmina utilizada, guiada por uma régua, teve de ser nova e afiada e, geralmente, foi necessário passar duas a três vezes sobre a mesma linha de corte antes de esta conseguir trespassar o plástico.

c) Os suportes da sílica-gel foram fixados à placa de protecção do verso da moldura através de parafusos de rosca. Assim, foram perfurados buracos no suporte da sílica-gel e na chapa acrílica para permitir a passagem dos parafusos de rosca com 0,5 cm de diâmetro. Foram feitos três buracos ao longo da parte superior e inferior das chapas de policarbonato alveolar, tendo cada um deles sido perfurado no centro de um canal intacto (Figura 6c). Buracos correspondentes foram feitos na chapa acrílica. O registo da localização das chapas de policarbonato alveolar e dos buracos a serem perfurados foi facilitado por ser possível desenhar sobre o plástico protector que cobria a chapa acrílica. Este plástico protector foi removido durante a montagem.

d) Para aderir o pano de Reemay à superfície das chapas de policarbonato alveolar que conteriam a sílica-gel, optou-se por um adesivo plástico comercial (Colaplex Gould Plus) (Tabela 1), criado para aderir ao acrílico e ao



Figura 7. Canto interior da moldura mostrando o espaçador coberto com espuma Volara e as margens internas do interior da moldura cobertas com fita de selagem de molduras.

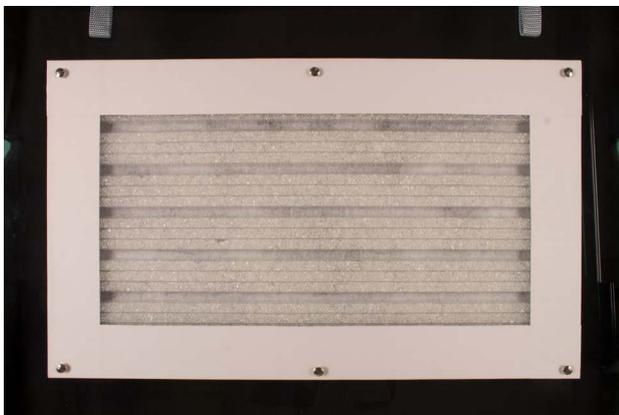


Figura 8. Detalhe do verso da moldura mostrando o suporte de sílica-gel preso à placa acrílica de protecção do verso.

policarbonato. De acordo com a literatura deste produto, é composto por polímero acrílico e diclorometano. O adesivo foi aplicado com um pincel sobre os canais não cortados (Figura 6c). Devido à sua rápida secagem, a aplicação do pano de Reemay foi feita gradualmente sobre a chapa de policarbonato alveolar e não de uma só vez.

Nota: foi importante não utilizar adesivo em excesso na superfície dos canais não cortados, uma vez que o excesso de adesivo poderia migrar, impregnando o pano de Reemay, além da área desejada, tornando-o impermeável.

e) Após a secagem do adesivo (de um dia para o outro) e o Reemay estar firmemente seguro à chapa de policarbonato alveolar, uma das extremidades de cada chapa foi selada utilizando a fita de selagem de molduras (Tabela 1). Na frente da chapa de policarbonato alveolar, a fita foi aplicada junto à margem não cortada directamente sobre o Reemay e, envolvendo as arestas do policarbonato, foi aderida à parte de trás. Com uma extremidade agora fechada, a sílica-gel pôde ser introduzida nos canais cortados através da outra extremidade da chapa de policarbonato alveolar.

f) A sílica-gel (Tabela 1) foi introduzida nos canais com recurso a um funil e uma colher. Quando todos os

canais cortados ficaram cheios, a extremidade aberta do policarbonato alveolar foi selada com a fita de selagem de molduras. A fita foi igualmente colocada à volta das restantes margens das duas chapas para produzir um acabamento uniforme (Figura 8).

Nota: nesta fase a fita de alumínio cobria os buracos previamente feitos para acomodar os parafusos de rosca (passo c). Antes de se fixarem as duas chapas (policarbonato alveolar e acrílico), estes buracos foram perfurados.

Preparação da placa de protecção do verso

a) Para facilitar a remoção da placa de protecção do verso quando necessário, duas pegas flexíveis foram anexadas à chapa acrílica utilizando parafusos de rosca (Figura 9). A construção das pegas é detalhada abaixo. Foram furados na chapa dois buracos para acomodar os parafusos, aproximadamente a 3 cm do topo e 44 cm afastados um do outro.

b) As chapas de policarbonato alveolar contendo sílica gel e cobertas com pano Reemay foram montadas na placa acrílica de protecção do verso, utilizando parafusos de rosca inseridos nos buracos previamente furados (Figura 9a).

c) As pegas metálicas foram criadas com uma fita cinzenta de nylon. Para cada uma das pegas, a fita foi dobrada em dois e as extremidades foram costuradas uma na outra. Aproximadamente a 1,5 cm acima da extremidade, outra linha foi costurada de forma a unir



Figura 9. Pegas flexíveis: a) detalhe mostrando uma das pegas fixa à chapa acrílica; b) ilhó metálico e costuras nas extremidades da tira de nylon.



Figura 10. Detalhe do interior da moldura mostrando os calços de madeira moldados para se adequarem ao perfil da pintura.



Figura 11. Placas de união em forma de "L", com espuma Volara.

as duas partes da tira para que um ilhó de metal pudesse ser colocado através da sua dupla espessura (Figura 9b). Um parafuso de rosca inserido através do ilhó segurou a pega à placa acrílica de protecção do verso, onde buracos correspondentes haviam sido feitos.

Preparação dos calços de madeira de balsa

a) Como a pintura não forma um rectângulo perfeito, e para evitar que esta se movesse dentro da moldura, foram criados calços a partir de tiras de madeira de balsa. Estes calços, com cerca de 1 cm de largura e 1,5 cm de espessura, foram conformados para se ajustarem perfeitamente ao perfil da pintura, sendo depois inseridos entre as margens de pregaria da pintura e o interior da moldura (Figura 10). Foi escolhida madeira de balsa pois permite acomodar eventuais alterações nas dimensões da grade de madeira da pintura, em caso de variações graduais da HR.

Selagem da moldura

a) Para segurar a placa acrílica de protecção do verso, foram aparafusadas no verso da moldura placas de união em forma de "L" (4 cm × 4 cm) (Figura 11), de modo a que o canto de cada L ficasse sobre a chapa de acrílico (Figura 12b). Foi utilizado um total de 14 placas de união: uma em cada canto da moldura, duas ao longo da margem superior e da inferior e três de cada lado.

b) De forma a evitar que o metal das placas de união riscasse a superfície da chapa acrílica, pequenos quadrados

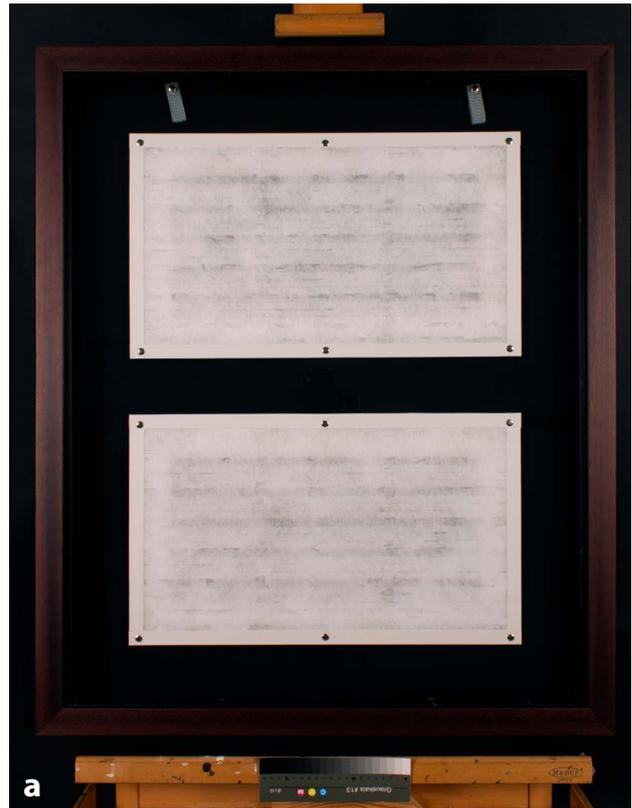


Figura 12. a) Frente da moldura mostrando o suporte da sílica-gel fixo à placa de protecção do verso, com a sílica-gel virada para o interior da moldura e segura por Reemay. As duas pegas fixas ao acrílico são visíveis no topo da placa de protecção do verso. b) Verso da moldura mostrando a placa acrílica de protecção do verso segura por placas de união em forma de "L" fixadas à madeira da moldura. A sílica-gel é visível através dos canais não cortados e vazios da chapa de policarbonato alveolar.



Figura 13. Fita de selagem de molduras cobrindo a abertura entre a placa de protecção do verso e a moldura.

de espuma Volara foram aderidos às placas de união, no futuro local de contacto com o acrílico (Figura 11).

c) As placas de união foram seguras à margem da moldura através de pequenos parafusos (3 mm de diâmetro por 16 mm de comprimento), introduzidos em buracos previamente furados na madeira. Furar previamente os buracos para os parafusos foi um passo importante para estabelecer a localização exacta dos buracos no centro da área de madeira disponível, e guiou os parafusos quando estes foram introduzidos na madeira. Isto evitou a possibilidade da madeira lascar ou rachar no caso de introdução dos parafusos sem buracos prévios.

d) Após a pintura ter sido inserida na moldura e esta se encontrar fechada com a placa de protecção do verso, o estreito intervalo entre a moldura e a placa foi selado com a fita de selagem de molduras (Figuras 13 e 14). Para se ter acesso à pintura, esta fita terá de ser cortada ao longo da abertura e reaplicada no momento em que a pintura volte a ser emoldurada.

Considerações finais

A experiência realizada no Moinho de Maré de Corroios, com as molduras microclimáticas protótipo, permitiu obter informações importantes, não só para a compreensão do ambiente no qual as pinturas serão expostas, como para a tomada de decisões relativas à construção de uma moldura microclimática, adequada a este caso específico e a outros que apresentem o mesmo tipo de problemas. A interpretação dos resultados da experiência *in situ* permitiu que se fizessem melhoramentos no *design* final da moldura proposta, entre os quais aumentar a hermeticidade do espaço microclimático e selar os materiais de construção. Espera-se, portanto, um melhor desempenho da moldura microclimática final, relativamente às molduras protótipo.

Não obstante, o desempenho da moldura microclimática vai ser monitorizado durante um ano completo, através de um *data logger* inserido no verso da moldura e de um *data logger* colocado no exterior,



Figura 14. Retrato de João Luiz Lourenço no interior da respectiva moldura microclimática: a) frente; b) verso.

que registarão os valores de temperatura e HR em intervalos regulares. A condição da pintura será também monitorizada com avaliações visuais regulares que serão registadas com fotografia digital. A evidência visual será correlacionada com os registos do *data logger* do interior da moldura.

Através da experiência com molduras protótipo, verificou-se que a utilização da moldura microclimática com sílica-gel permite baixar significativamente o valor médio diário de HR ao qual a pintura estará exposta, bem como atenuar as flutuações de HR ao longo do ano, quando comparativamente com os valores de HR do ambiente envolvente. Espera-se que estas condições de HR sejam alvo de uma melhoria ainda mais significativa, considerando o incremento de hermeticidade no *design* final da moldura. Ainda assim, a monitorização da condição da pintura é de extrema relevância, visto o já mencionado risco de desenvolvimento de microrganismos devido à manutenção de um valor médio de HR elevado.

O efeito dos compostos voláteis nas pinturas carece ainda de um estudo aprofundado, nomeadamente para definição de valores limite, actualmente inexistentes. O *design* da moldura aqui proposta e o enclausuramento da pintura num espaço microclimático foram planeados cuidadosamente de forma a reduzir a libertação de poluentes dos materiais de construção, designadamente através do recurso a um maior intervalo de tempo entre a construção da moldura e a introdução da pintura na moldura, e da selagem dos materiais de construção.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Ecomuseu Municipal do Seixal a oportunidade de realizar este estudo, nomeadamente à Dr.^a Ana Duarte e a José Meias pela grande disponibilidade e ajuda ao longo de todo o projecto. As autoras agradecem também a Stefan Michalski por ter apresentado o conceito de Garry Thomson de utilizar sílica-gel como um sistema passivo de redução das flutuações diárias e anuais de HR, no início de 1980, durante discussões com uma das autoras, a propósito do *design* de uma moldura microclimática para uma pintura sobre tela [28]. Este artigo foi escrito com o apoio das bolsas de doutoramento ref.^a PD/BD/135054/2017 (Sara Sá) e ref.^a PD/BD/135058/2017 (Raquel Marques) da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT-MEC) e com o apoio do Laboratório Associado para a Química Verde – Tecnologias e Processos Limpos (LAQV) financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (UID/QUI/50006/2013) e co-financiado pelo FEDER, no âmbito do Acordo de Parceria PT2020 (POCI-01-0145-FEDER-007265).

ORCID

Sara Sá

 <https://orcid.org/0000-0002-4822-4252>

Isabel Pombo Cardoso

 <https://orcid.org/0000-0003-3328-6749>

Leslie Carlyle

 <https://orcid.org/0000-0001-9480-4613>

Raquel Marques

 <https://orcid.org/0000-0002-6498-6468>

Referências

- 1 Van Duin, P., 'Climate effects on museum objects: the need for monitoring and analysis', *Conservation Perspectives, The GCI Newsletter* 29(2) (2014) 13-15, http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/29_2/climate_effects.html. (acesso em 2018-2-10).
- 2 Michalski, S., 'Relative humidity: a discussion of correct/incorrect values', in *Historical Perspectives on Preventive Conservation*, ed. S. Staniforth, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (2013) 165-168.
- 3 Mecklenburg, M., 'Microclimates and moisture induced damage to paintings', in *Museum Microclimates*, eds. T. Padfield & K. Borchersen, National Museum of Denmark, Denmark (2007) 19-25.
- 4 Toishi, K.; Gotoh, T., 'A note on the movement of moisture between the components in a sealed package', *Studies in Conservation* 39 (1994) 265-271, <https://doi.org/10.1179/sic.1994.39.4.265>.
- 5 Mecklenburg, M. F.; McCormick-Goodhart, M.; Tumosa, C. S., 'Investigation into the deterioration of paintings and photographs using computerized modeling of stress development', *Journal of American Institute for Conservation* 33(2) (1994) 153-170, <https://doi.org/10.1179/019713694806124739>.
- 6 Weintraub, S., 'Demystifying silica gel', in *Object Specialty Group Postprints*, vol. 9, ed. V. Greene & P. Griffin, The American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works, Washington (2002) 169-194.
- 7 Richard, M., 'The benefits and disadvantages of adding silica gel to microclimate packages for panel paintings', in *Museum Microclimates – Contributions to the Copenhagen Conference, 19-23 November 2007*, eds. T. Padfield & K. Borchersen, The National Museum of Denmark, Copenhagen (2007) 237-243.
- 8 Wadum, J., 'Microclimate Boxes for Panel Paintings', in *The Structural Conservation of Panel Paintings: Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, 24-28 April 1995*, ed. K. Dardes & A. Rothe, Getty Conservation Institute, Los Angeles (1998) 497-524.
- 9 Hackney, S., 'Framing for conservation at the Tate Gallery', *The Conservator* 14 (1990) 44-52, <https://doi.org/10.1080/01410096.1990.9995056>.
- 10 Glaznev I.; Alekseev, V.; Salnikova, I.; Gordeeva, L.; Shilova, I.; Elepov, B.; Aristov, Y., 'ARTIC-1: A new humidity buffer for showcases', *Studies in Conservation* 54 (2009) 1-16, <https://doi.org/10.1179/sic.2009.54.3.1>.
- 11 Camuffo, D.; Sturaro, G.; Valentino A., 'Showcases: A really effective means of protecting artworks?', *Thermochimica Acta* 365 (2000) 65-77, [https://doi.org/10.1016/S0040-6031\(00\)00614-6](https://doi.org/10.1016/S0040-6031(00)00614-6).
- 12 López-Aparicio, S.; Grontoft, T.; Odlyha, M.; Dahlin, E.; Mottner, P.; Thickett, D.; Ryhl-Svensden, M.; Schmidbauer, N.; Scharff, M., 'Measurement of organic and inorganic pollutants in microclimate frames for paintings', *e-Preservation Science* 7 (2010) 59-70.
- 13 Dahlin, E. (ed.), *PROPAIN – Improved Protection of Paintings During Exhibition, Storage and Transit. Final Activity Report*, Norwegian Institute for Air Research, Kjeller (2010).
- 14 Michalski, S., 'Risk analysis of backing boards for paintings: damp climates vs cold climates', in *Minimo Intervento Conservativo nel Restauro dei Dipinti*, II Prato, Padua, (2005) 21-27.
- 15 Toledo, F.; Sehn, M.; Sousa Júnior, M.; Brazolin, S.; Hackney, S., 'The use of glass boxes to protect modern paintings in warm humid museums', in *Museum Microclimates – Contributions to the Copenhagen Conference, 19-23 November 2007*, eds. T. Padfield & K. Borchersen, The National Museum of Denmark, Copenhagen (2007) 261-266.

- 16 Townsend, J. H.; Thomas, J.; Hackney, S.; Lerwill, A., 'The benefits and risks of anoxic display for colorants', in *Conservation and Access: Contributions to the London Congress 15-19 September 2008*, eds. D. Saunders, J. H. Townsend & S. Woodcock, International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, London (2008) 76-81, <https://doi.org/10.1179/sic.2008.53.Supplement-1.76>.
- 17 Hackney, S., 'The evolution of a conservation framing policy at Tate', in *Museum Microclimates – Contributions to the Copenhagen Conference, 19-23 November 2007*, eds. T. Padfield & K. Borchersen, , The National Museum of Denmark, Copenhagen (2007) 229-235.
- 18 Sozzani, L., 'An economical design for a microclimate vitrine for paintings using the picture frame as the primary housing', *Journal for the American Institute for Conservation* **36**(2) (1997) 95-107, <https://doi.org/10.1179/019713697806373163>.
- 19 Thomson, G., 'Relative humidity – Variation with temperature in a case containing wood', *Studies in Conservation* **9** (1964) 153-169, <https://doi.org/10.1179/sic.1964.025>.
- 20 Toishi, K., 'Humidity control in a closed package', *Studies in Conservation* **4** (1959) 81-87, <https://doi.org/10.1179/sic.1959.018>.
- 21 Thomson, G., *The Museum Environment*, 2nd ed., Butterworth-Heinemann, Oxford (1986), <https://doi.org/10.1016/c2013-0-01226-1>.
- 22 Melin, C. B., 'A presentation of a new experimental test method for humidity buffers – a comparison of two silica gels, Artsorb and Prosorb', in *Museum Microclimates – Abstracts of Posters at the Copenhagen Conference, 19-23 November 2007*, eds. T. Padfield & K. Borchersen, , The National Museum of Denmark, Copenhagen (2007) 9-11.
- 23 Waller, C. 'Art sorb', in *Long Life for Art*, <http://www.cwaller.de/english.htm> (acesso em 2015-6-3).
- 24 Lide, D. R. (ed.), *Handbook of Chemistry and Physics*, 84th ed., CRC Press LLC, Florida (2003).
- 25 Sá, S., 'Analysis and treatment of a nineteenth century portrait, study of Artsorb® and a proposal for a microclimate frame', tese de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa, Lisboa (2015), <http://hdl.handle.net/10362/16442>.
- 26 Reis, D., 'The materials, technique, conservation treatment and after-care of Interior de um Convento', tese de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa, Lisboa (2011), <http://hdl.handle.net/10362/6670>.
- 27 Padfield, T.; Berg, H.; Dahlstrøm N.; Rischel, A., 'How to protect glazed pictures from climate insult', in *ICOM Committee for Conservation, 13th Triennial Meeting, Rio de Janeiro, 22-27 September 2002: Preprints*, ed. R. Vontobel, vol. 1, James & James (Science Publishers) Ltd., London (2002) 80-85.
- 28 Leslie, C., 'The adaptation of a commercial aluminum channel frame to provide a humidity controlled enclosure for a painting', poster, *International Institute for Conservation, Canadian Group 12th Annual Conference*, Winnipeg (1986).

Recebido: 2017-11-22

Revisto: 2018-1-31

Aceite: 2018-2-26

Online: 2018-3-16



Licenciado sob uma Licença Creative Commons

Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

Para ver uma cópia desta licença, visite

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt>