

# *Ferramentas inovadoras para monitorização ambiental e avaliação de danos para objectos em museus, palácios, arquivos e bibliotecas: a exposição luminosa e os dosímetros LightCheck®.*

PAULA MENINO HOMEM

## **Resumo**

*Cada vez mais se afirma a importância estratégica de uma política integrada e sustentada de gestão de riscos, de modo a garantir uma adequada e eficaz definição de planos de Conservação Preventiva do Património. O artigo centra a sua atenção na sensibilidade dos objectos, no risco por parte da exposição luminosa e nas ferramentas ao dispor das instituições patrimoniais para o prever, avaliar e mitigar.*

## **Abstract**

*An integrated and sustained risk management policy is considered of a strategic importance for the correct and efficient definition of Preventive Conservation plans. This paper focuses its attention on the objects' sensibility, on the risk by the luminous exposure and on the tools available to the institutions for its prediction, evaluation and mitigation.*

## **1. Notas introdutórias acerca...**

### ***...da natureza da luz e dos comprimentos de onda das radiações do espectro electromagnético...***

A luz é uma forma de energia electromagnética chamada radiação. Todas as formas de energia que são agrupadas como energia electromagnética podem

ser consideradas quer como ondas quer como partículas. Se se tiver em conta a sua energia total, podem definir-se como partículas e, no caso específico da luz, usam-se termos como “fotões” ou “quanta” de luz. Já termos como “comprimento de onda” são usados referindo-se ao modo como as vibrações evoluem ou se desenvolvem<sup>1</sup>. Antes do século XIX, o uso do termo “luz visível” não faria qualquer sentido. No entanto, em 1800-01, William Herschel e Johann Wilhelm Ritter expandiram os limites do espectro da luz para além daqueles definidos por Isaac Newton em 1666, demonstrando que a luz continha formas de energia invisíveis que iam para além do vermelho e do violeta [18, 9].

A luz visível distingue-se, então, apenas por ser uma forma de radiação visível para o olho humano e enquadra-se perto do centro do espectro electromagnético, entre os 400 e os 700 nm aproximadamente<sup>2</sup>. Os comprimentos de onda correspondentes às radiações ultravioleta (UV) enquadram-se abaixo dos 400 nm enquanto os correspondentes às infravermelho (IV) se encontram para além dos 700 nm. Logo, ambas as radiações são invisíveis para o olho humano.

De acordo com a aceção actual, o termo “luz” refere-se apenas à luz visível e o “radiação” à UV e/ou à IV.

### ***...dos danos e da sensibilidade dos objectos...***

O facto de ser uma forma de energia faz com que, sempre que iluminamos um objecto com a expectativa de que alguém o veja, esta energia seja continuamente recebida pela sua superfície. Pode vir a ser reflectida ou, pelo contrário, absorvida pelas moléculas dessa área do objecto. Esta interacção radiação/moléculas é explicada em termos foto-químicos e resulta em processos diferenciados de deterioração.

A absorção da energia luminosa pode desencadear muitas sequências possíveis de reacções químicas. Como cada molécula da superfície do objecto necessita de uma quantidade mínima de energia para começar a reagir quimicamente com outras, a que se chama energia de activação, diferentes tipos de moléculas possuem diferentes energias de activação. Se a energia luminosa de uma fonte de luz, natural ou artificial, for igual ou superior à energia de activação de uma dada molécula, ela ficará “excitada”, ou seja, disponível para reacções químicas. Neste estado, a molécula pode comportar-se de variadas formas: (*i*) o excesso de energia pode resultar em produção de calor ou de luz; (*ii*) a energia pode quebrar as ligações entre a molécula (o que originará moléculas mais pequenas e fragilizará os materiais); (*iii*) a energia pode provocar rearranjos dos átomos da molécula ou (*iv*) pode ser transferida para outra molécula [17].

---

<sup>1</sup> As ondas electromagnéticas são ondas de natureza diferente das ondas mecânicas (como as ondas do mar ou as ondas sísmicas); enquanto estas só se propagam através de um meio material, as ondas electromagnéticas conseguem propagar-se não só através de um meio material como também através do vácuo. Quer um tipo de onda quer outro não só transportam energia como também a transferem.

<sup>2</sup> nm = nanómetro, unidade de medida aplicada a radiações, que corresponde a  $10^{-9}$  m (um milhar de milhão de avos do metro).

Uma das reacções foto-químicas primárias é a de oxidação, na qual a molécula “excitada” transfere a sua energia a uma molécula de oxigénio que, por sua vez, reage com outras moléculas para iniciar reacções químicas. Embora a sequência de reacções possa ser extremamente complexa, o resultado é sempre deterioração. As alterações químicas são quase sempre medidas como alterações nas propriedades físicas, em vez de alterações nas quantidades de espécies químicas.

Radiações com comprimentos de onda pequenos, como a UV, possuem uma frequência e uma energia maiores do que radiações com comprimentos de onda mais longos, como a IV, o que significa que bombardeiam um objecto com mais energia num menor espaço de tempo e que a sua energia é muito provável que iguale ou exceda as energias de activação necessárias a muitos e variados tipos de moléculas. Podem, então, fazer com que a deterioração foto-química ocorra mais precoce e rapidamente. À medida que os comprimentos de onda se alongam, as radiações possuem cada vez menos frequência e energia, o que reduz a capacidade de “excitar” moléculas. Podem, ainda assim, causar sérios danos aos objectos pois a energia absorvida a partir de radiação IV aumenta a temperatura do objecto, o que, por sua vez, pode acelerar a velocidade das reacções químicas de deterioração em curso, ou provocar fenómenos de alteração de dimensão e forma por desidratação, consoante a higroscopicidade e anisotropia dos materiais, e a cristalização de sais, dependendo das espécies de sais existentes e da saturação das suas soluções.

Pode verificar-se que o total de danos causados pela radiação UV (que não é necessária para que o objecto seja visto) é, pelo menos, cinco vezes superior ao causado pela luz visível (sem a qual o objecto não pode ser visto). É por ser a mais energética e destrutiva forma de energia luminosa que o bom senso aconselha a filtração da radiação UV. No entanto, apesar de poderem prolongar o tempo de vida das substâncias mais estáveis até dez vezes [1, 230-1], os filtros UV têm um efeito mínimo nos materiais muito sensíveis, nunca conseguindo proporcionar uma protecção completa. Não deve, portanto, ser esquecida a luz visível remanescente e a sua capacidade de destruição.

A verdade é que todos os comprimentos de onda do espectro luminoso (visível e invisível) significam dano para os objectos e o seu efeito é cumulativo e irreversível. Os danos que podem ocorrer dependem não só do controlo da iluminação (da sua intensidade, duração e distribuição dos comprimentos de onda) como da natureza e especificidades do objecto. A potencialidade de uma radiação para provocar danos foto-químicos está relacionada com o seu comprimento de onda, sendo, como já vimos, tão mais destruidora quanto mais pequeno ele for. Gary Thomson afirma [23, 184] que isto advém da relação entre o comprimento de onda e a energia do fóton<sup>3</sup> (o quantum<sup>4</sup> da luz), onde a energia de uma mole de

<sup>3</sup> Partícula de energia luminosa que se desloca à velocidade de 300 000 km por segundo.

<sup>4</sup> Palavra latina que significa uma quantidade ou soma que se não designa.

fotões ( $6 \times 10^{23}$  fotões) é de  $119560/\text{Å}^5$  quilojoules. Alerta, no entanto, para o facto de não podermos assumir uma relação numérica directa desta natureza entre o dano e o comprimento de onda, exactamente porque cada substância tem a sua resposta característica à radiação que incide na sua superfície, absorvendo algumas bandas e reflectindo outras, sendo sensível a algumas mas não a outras. A este propósito, Patricia Cox Crews<sup>6</sup> demonstrou que relativamente a alguns materiais que são muito sensíveis à luz visível, como por exemplo os corantes naturais, os filtros UV usados nos estudos efectuados tiveram pouco ou nenhum efeito na sua taxa de desvanecimento. Tal resultado prende-se com o facto da maioria dos danos infligidos a estes materiais advir da luz azul. Neste caso, Jonathan Ashley-Smith defende [1, 231] que, desde que a leitura do objecto não seja demasiado distorcida, o uso de filtros amarelos, que absorvem a luz azul, poderia ser mais eficaz na redução do seu desvanecimento. Recorda que a cor dos materiais é determinada pelos comprimentos de onda das radiações que são absorvidas e por aqueles das que são reflectidas; os objectos amarelos absorvem a luz azul enquanto os azuis a reflectem. Assim sendo, considera que será de esperar que objectos azuis sofram menos danos a partir de uma fonte de luz com grande quantidade de radiação azul do que aqueles que forem amarelos ou mesmo vermelhos. Esta ideia é confirmada pelos estudos de David Saunders e de Jo Kirby [20, 192-3].

A sensibilidade dos materiais e os possíveis danos (bem como as possibilidades de sua mitigação) têm sido muito estudadas por vários autores, o que contribuiu para a definição de categorias de sensibilidade dos materiais, que se relacionam com as normas ISO (International Organisation for Standardisation) adoptadas e que se apresentam esquematicamente na *Tabela 1*.

---

<sup>5</sup> Å = Ångstrom. Unidade de comprimento utilizada principalmente na medição do comprimento de onda da luz. A designação advém do físico sueco A. J. Ångstrom (1814-74). É equivalente a  $10^{-10}$  m.

<sup>6</sup> CREWS, P. C. (1989); "A comparison of selected UV filtering materials for the reduction of fading", *Journal of the American Institute for Conservation*, **28**, 117-125, artigo citado em [1, 231].

Categoria	Exemplos de materiais de suporte/objectos <sup>7</sup>	Da máxima exposição luminosa dos artefactos resultará, após 100 anos, um notável desvanecimento <sup>8</sup>
Sensibilidade elevada ISO 1, 2, 3	Documentos gráficos, fotografias a cores, pergaminhos, cabedais, têxteis, espécimens de História Natural	10 000 lux.h por ano
Sensibilidade moderada ISO 4, 5, 6	Pinturas a óleo, temperas, esculturas em madeira policroma, ossos, marfins	100 000 lux.h por ano
Sensibilidade baixa ISO 7, 8, acima	Pedras, metais, cerâmicas	3 000 000 lux.h por ano

**Tabela 1.** Categorias de sensibilidade dos materiais e correspondentes limites aceitáveis de exposição luminosa anual, a partir dos vários dados publicados <sup>9</sup>

Chamamos, no entanto, a atenção para o facto de dentro de cada classe de objectos poder haver uma grande margem para dramáticas diferenças de sensibilidade. Observemos o exemplo veiculado por Mike Ware<sup>10</sup>: os documentos fotográficos. A sua exposição ao amplamente recomendado nível de 50 lux causaria: (i) uma notável alteração a uma prova em papel salgado, em poucas semanas; (ii) uma notável alteração a uma fotografia a cores, em meses mas (iii) nenhuma alteração a uma bem processada foto moderna em prata-gelatina, em vários séculos.

Será, então, de crucial importância, para a previsão do seu comportamento e para a definição de soluções estratégicas e personalizadas de sua exposição e protecção, conhecer as tecnologias usadas na produção dos objectos. Pequenas diferenças neste âmbito podem conduzir a grandes diferenças quanto ao modo como os objectos respondem à sua iluminação. Um museu, palácio, arquivo ou biblioteca não pretenderá/deverá sacrificar os seus objectos sensíveis mas também não poderá sacrificar os seus visitantes impedindo-os de ver, ou de ver “bem”, ob-

<sup>7</sup> A consulta a Jean Tétéault permitirá a obtenção de mais exemplos de materiais e artefactos pertencentes a cada categoria ISO.

<sup>8</sup> Valores de exposição luminosa obtidos em *LightCheck Technical Specifications*, <http://www.lightcheck.co.uk/>, a 10 de Maio de 2005, a partir de [21, 138].

<sup>9</sup> Tabela constituída a partir de *LightCheck Technical Specifications*, <http://www.lightcheck.co.uk/>, a 10 de Maio de 2005

<sup>10</sup> WARE, M. (1994); *Mechanisms of Image Deterioration in Early Photographs*, Trustees of the Science Museum, London, 41-42, citado em [1, 227].

jectos que serão perfeitamente capazes, pelas suas especificidades tecnológicas, de resistir sem alterações a um nível de iluminação mais alto e a um maior tempo de exposição. Os resultados em termos de gestão integrada e de captação de novos e diferenciados públicos serão mais interessantes se as instituições, interdisciplinarmente, passarem a considerar as sensibilidades/resistências dos seus objectos a título individual e não colectiva, indiferenciada, redutora e empobrecedoramente. Quanto mais conhecermos, mais poderemos dar a conhecer e mais racional e eficazmente poderemos preservar.

### ***... da previsão e avaliação dos riscos de dano...***

Em termos muito práticos, a radiação UV pode ser facilmente eliminada das áreas de reserva ou de exposição. Não a conseguindo perceber, os nossos olhos também não darão pela sua falta. Mais problemática para uns [17] ou de igual modo fácil para outros [1, 226; 15] poderá ser a gestão da luz visível. As questões que se podem colocar serão: teremos mesmo que eliminar todas as radiações UV? E quanto à luz visível, especificamente em áreas de exposição, quais deverão ser os níveis de iluminação?

O valor limite adoptado pela comunidade museológica para a radiação UV é de  $75 \mu\text{W}/\text{lm}^{11}$ . Gary Thomson [23, 20] lembra que os valores obtidos a partir das monitorizações efectuadas a lâmpadas de Tungsténio se balizam entre os 60 e os  $80 \mu\text{W}/\text{lm}$ . Uma vez que defende que este tipo de lâmpadas não necessita de filtros UV, este será o valor limite tolerável. Estabeleceu-se, então, que qualquer fonte de iluminação que resulte em valores iguais ou superiores a  $75 \mu\text{W}/\text{lm}$  requer a utilização de filtros UV.

Michalski [15, Table 1] vai um pouco mais longe, defendendo que se for possível um controlo total da luz, todos os materiais orgânicos e aqueles inorgânicos que forem sensíveis à luz e aos UV deverão ser mantidos a níveis inferiores a  $10 \mu\text{W}/\text{lm}$ . O limite dos  $75 \mu\text{W}/\text{lm}$  permanecerá, no entanto, caso só seja possível fazer um controlo parcial da iluminação. Quanto ao nível de iluminância<sup>12</sup>, o mesmo autor defende [15, 97] o regresso à intenção manifestada por Gary Thomson de gerir a vulnerabilidade dos objectos, que necessita ser respeitada, e a visibilidade, a que se exige que os visitantes tenham acesso, com inteligente flexibilidade, mais do que aplicando cegamente o valor recomendado de 50 lux. Uma das ferramentas do conhecimento essenciais de apoio a esta gestão seria a Lei da Reciprocidade, que diz que uma exposição limitada a uma elevada iluminância produzirá o mesmo dano que uma longa exposição a uma baixa iluminância. Por exemplo, uma exposição a 100 lux durante 5 horas causará o mesmo dano que uma exposição a

---

<sup>11</sup> MicroWatts por Lumen. Unidade usada para medir a proporção da radiação UV (microWatts) do fluxo luminoso (por Lumen – unidade do fluxo luminoso que pode ser descrita como o fluxo de energia radiante percebido pelo olho humano).

<sup>12</sup> Formalmente, é o valor da iluminação. É medida em lux, que equivale ao lumen por metro quadrado.

50 lux durante 10 horas [23, 21]. Sublinha Thomson que a Lei da Reciprocidade nos ensina que a luz, como radiação altamente energética que é, actua cumulativamente e que, por isso, não é apenas com a iluminância que nos temos de preocupar mas também com o tempo a que os objectos estão a ser iluminados; isto é, com a dose total, afinal, com a sua exposição. Esta será, então, o produto da iluminância e do tempo e é esta dose que teremos de gerir inteligentemente e com flexibilidade, de acordo com a dupla preocupação em causa: a vulnerabilidade e a visibilidade dos objectos.

Mas, porquê 50 lux? Stefan Michalski [15, 97] lembra que foi Thomson [22] quem, em 1961, estabeleceu este valor como um nível museológico, fundamentando-se na sua experiência pessoal e nos valores mínimos recomendados pelos franceses e japoneses, trinta anos antes. Desde então, o domínio da Conservação defendeu que a este nível era possível ver bem, particularmente cores. Referindo-se (i) aos estudos de Crawford [9], que demonstrou que os nossos olhos perdiam a sua capacidade para ver pequenas diferenças de cor cerca dos 2 lux; (ii) aos de Boyce<sup>13</sup>, que quanto à discriminação de cores estipula que o máximo desempenho ocorre cerca dos 10 lux e (iii) aos de Loe<sup>14</sup>, que considerou a perspectiva da satisfação do visitante face à iluminação e esquematizou uma curva suave com um cotovelo perto dos 200 lux mas onde se insere também uma curva nítida de transição, a partir da qual se pode concluir que a grande parte da satisfação é atingida cerca dos 50 lux, Stefan Michalski conclui [15, 98] que fica provado que os 50 lux serão demais, no que diz respeito ao necessário para a percepção das cores, mas que tal nível resvala o mínimo quanto ao conforto dos visitantes.

Perante tal conclusão, o Canadian Conservation Institute (CCI)<sup>15</sup> sugere que se adopte, por questões de visibilidade, o nível dos 50 lux mas aponta três possíveis motivos para o aumentar até cerca do seu triplo: (i) para detalhes de baixo contraste; (ii) para objectos escuros e (iii) para pessoas idosas. Equacionando a vulnerabilidade dos objectos, desenvolveu um teste directo de desvanecimento que afirma ser uma ferramenta muito útil para previsão e avaliação de dano, especialmente aplicável aos têxteis por poder vir a ser efectuado em pequeníssimos locais escondidos no seu avesso. Trata-se de uma técnica simples que se fundamenta numa lâmpada standard para fibras ópticas que emite cerca de 200.000 lux, associada a uma máscara metálica com um orifício de 2mm de diâmetro, usada para reduzir o local de teste a um diâmetro ainda mais pequeno que o do feixe da fibra óptica [15, 103].

<sup>13</sup> BOYCE, P. (1987); "Visual acuity, colour discrimination and light level", *Lighting in Museums, Galleries and Historic Houses*, UK Institute for Conservation and the Museums Association, London, 50-57, citado em [15, 97].

<sup>14</sup> LOE, D. (1987); "Preferred lighting for the display of paintings with conservation in mind", *Lighting in Museums, Galleries and Historic Houses*, UK Institute for Conservation and the Museums Association, London, 36-49, citado em [15, 97-8].

<sup>15</sup> Canadian Conservation Institute, 1030 Innes Road, Ottawa, ON K1A 0M5 Canada, <http://www.cci-icc.gc.ca>

Em sintonia com o defendido pelo CCI, Jonathan Ashley-Smith reforça a ideia de que independentemente do nível de iluminância assumido, o resultado será sempre (mais tarde ou mais cedo) a deterioração do objecto; que os 50 lux representam uma intensidade de luz aceitável, o que implica que há, então, uma certa taxa de deterioração, de dano, que é também aceitável. Assim sendo, defende que, se uma certa taxa de dano é aceitável, então os objectos mais estáveis, menos sensíveis, poderão ser expostos a intensidades luminosas mais elevadas. Considera que os 50 lux levam a um equilíbrio razoável entre ser capaz de apreciar o objecto e minimizar, em vez de encorajar, o seu dano; mas que iluminar a “51 lux is not a sin” [1, 234].

Mas como podem, então, os museus saber a que condições de iluminação estão ou deverão estar as suas colecções? A que ferramentas têm, até agora, podido eles recorrer para gerir a tão importante dose? Como, em termos práticos, têm podido prever os possíveis danos para os seus, tão individual e diferenciadamente sensíveis, objectos?

### ***As ferramentas tradicionais; os equipamentos***

O uso de monitores de UV, de luxímetros e de radiómetros, todos disponíveis comercialmente, tem estado na base de actuação das instituições patrimoniais que se preocupam com este importante factor de risco. Embora de grande utilidade pelo seu carácter de monitor em contínuo (importante para cálculos mais precisos do efeito cumulativo da luz; da dose de exposição), os recém desenvolvidos data loggers são dispendiosos, podem perturbar a apresentação do objecto e requerem, ainda, pessoal com competências específicas para a interpretação das leituras. Para além disso, se o museu quiser de facto monitorizar todos os objectos expostos, teria de instalar um data logger por cada um (pois só assim apuraria a dose a que cada um estaria particularmente sujeito), o que se tornaria incomportável até para as instituições mais abastadas (cada vez em menor número). Serão, ainda assim e mesmo quando instalado apenas um reduzido número de unidades, mais úteis do que os monitores de leituras pontuais. Estes nunca reflectirão a dose recebida pelos objectos durante a exposição, muito especialmente se o sistema instalado previr/ permitir uma mistura de iluminação artificial e natural. As significativas variações da luz solar, em termos de intensidade e proporção das diferentes radiações do espectro luminoso, levam à desvalorização das leituras pontuais e obrigam a estimativas de cálculo complexas, imprecisas e perigosamente enganadoras.

### ***As reacções sinérgicas***

Para além da sensibilidade própria dos objectos, do tipo de radiação e da dose de exposição, há ainda que equacionar outros factores que, em sinergia com a exposição luminosa, afectam o índice de deterioração dos objectos: percentagens elevadas de Humidade Relativa (HR) conduzirão a reacções de foto-oxidação mais rápidas, tal como uma Temperatura (T) elevada ou a presença de metais ou compostos metálicos. O desvanecimento de corantes provocado por poluentes

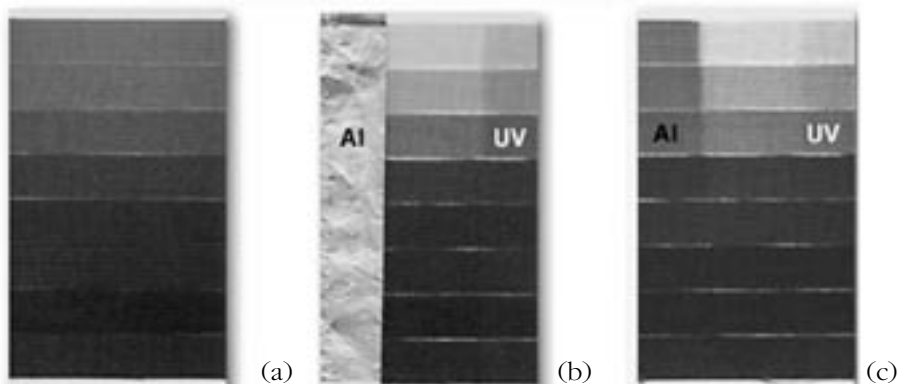


gasosos, que pode ocorrer na completa escuridão, é acelerado pela presença da luz [1, 235]. Perante tal evidência, o uso dos equipamentos tradicionais referidos será limitado como ferramenta de gestão de risco, na medida em que eles equacionam apenas um parâmetro específico e não permitem uma percepção do resultado da reacção sinérgica com outros, necessitando de ser complementado com outro tipo de ferramentas de monitorização integrada.

### ***Dosímetros para a luz***

Uma abordagem diferente será, então, considerar ferramentas designadas por dosímetros, materiais sensíveis à luz usados como monitores integrados onde o dano causado pela luz se torna visível antes do objecto entrar em perigo.

O único material até agora disponível no mercado com estas características tem sido o Blue Wool Standard (BWS)<sup>16</sup> (Fig. 1). Originalmente desenvolvido com objectivos técnicos, este padrão foi adoptado como norma ISO Recommendation R 105 e British Standard BS1006 (1961), daí estar disponível no mercado [23, 183]. Cada cartão possui 8 corantes azuis especialmente preparados em lã. A amostra 1 é extremamente sensível à luz enquanto a amostra 8 tem o corante mais estável e duradouro (embora não permanente). A amostra 2 demora quase duas vezes mais a desvanecer do que a 1. A amostra 3, duas vezes mais do que a 2, e assim por diante.



**Fig. 1.** O padrão ISO, o Blue Wool Standard, usado para prever a extensão do desvanecimento provocado pela exposição à luz e à radiação UV: (a), não desvanecido; (b) protegido, numa extremidade, da luz com folha de Alumínio, Al. A outra, mais escura, foi protegida com um filtro UV, enquanto a faixa do meio não foi protegida; (c) cartão desprotegido à direita, colocado numa janela a Sul durante 8 meses, o seu desvanecimento equivale a algumas décadas de exposição a condições de iluminação controladas<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> Produzido pela Society of Dyers and Colourists.

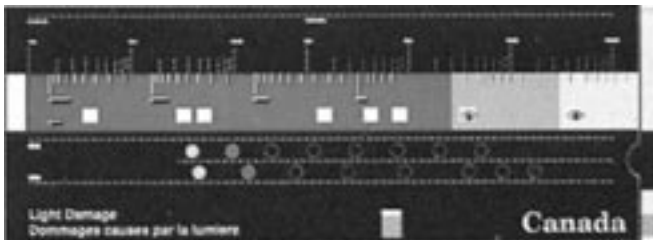
<sup>17</sup> Teste levado a efeito por Robert Waller, do Canadian Museum of Nature, e que pode ser encontrado em [http://www.nature.ca/collections/conservation\\_e.cfm](http://www.nature.ca/collections/conservation_e.cfm)

Para prever a taxa de desvanecimento de um objecto, coloca-se um cartão do BWS no local onde se pretende expor o objecto, anotando a data do início da exposição. De tempos a tempos (cada duas semanas, por ex.), deverão verificar-se os primeiros sinais de desvanecimento do padrão. Uma vez que as primeiras amostras do cartão correspondem a materiais sensíveis, como documentos e têxteis, os resultados darão uma ideia geral do dano que se pode vir a prever se tais materiais forem expostos durante o mesmo período de tempo, naquele mesmo local e sujeitos àquele mesmo nível de iluminação. Poderá ser muito útil para sustentar decisões tomadas quanto à iluminação a que se pretende expor os objectos, demonstrando precocemente o seu efeito.

Desenvolvido para a indústria e usado pioneiramente em contexto de museus pela National Trust, este dosímetro foi, no entanto, sendo acusado de responder muito lentamente aos valores baixos de iluminação usados em museus e Bullock & Saunders [2] provaram que são necessários tempos de sua exposição de, pelo menos, um ano.

Para além disso, como pode, para a previsão do dano em termos de exposição, ser feita a conversão dos níveis de desvanecimento para sensibilidades absolutas à luz?

Tem-se assistido a um grande debate e confusão à volta desta matéria. Os investigadores do CCI desenvolveram, então, normas específicas com base no BWS e colocaram no mercado uma ferramenta útil na previsão de dano: a Light-Damage Slide Rule (*Fig. 2*).



**Fig. 2.** A Light-Damage Slide Rule<sup>18</sup>

A Light-Damage Slide Rule [4] é uma escala de plástico que desliza e que faz alinhar os tipos de luz projectada, os níveis de luz e os tempos de exposição, de forma a prever o desvanecimento de um cartão de BWS sob essas condições. Demonstra, por exemplo, que um objecto exposto a 150 lux durante 100 anos desvanecerá ao mesmo nível de um outro exposto a 5000 lux por 3 anos. A primeira exposição (150 lux por 100 anos) causaria um significativo desvanecimento no

<sup>18</sup> Ferramenta que pode ser obtida através da Preservation Equipment Limited, [www.preservationequipment.com](http://www.preservationequipment.com), ou das empresas que a representam em Portugal

BWS 4 e abaixo. Esta régua também compara os danos que seriam causados por luz filtrada nos UV e por luz não filtrada e, no caso referido, o BWS 4 e os abaixo, são notoriamente mais desvanecidos quando expostos a luz não filtrada.

## 2. As ferramentas inovadoras: os dosímetros LightCheck®

Perante a baixa sensibilidade do BWS, o mundo dos museus começou a tentar desenvolver dosímetros dirigidos e apropriados às suas especificidades. As primeiras tentativas fizeram uso de filmes dopados de fenotiazina<sup>19</sup> e de reproduções miniaturadas de pinturas a têmpera<sup>20</sup> como material de dosímetro.

Um aumento significativo de sensibilidade foi alcançado pela equipa de Lavédrine<sup>21</sup>, em 1999, com um sistema que consistia na mistura de um corante vermelho com um corante azul, aplicado sobre um suporte de papel com um aglutinante orgânico. Foi este conceito que foi testado no âmbito de um projecto interdisciplinar, juntamente com um segundo protótipo em que o vidro era proposto como suporte; o projecto LiDo (Light Dosimeter for Monitoring Cultural Heritage: Development, Testing and Transfer to Market)<sup>22</sup>, cuja investigação desenvolvida veio a ser agraciada com o “Pan-European Grand Prix for Innovation”, no Mónaco, a 6 de Dezembro de 2003.

O projecto LiDo foi, então, concebido para dar resposta à necessidade de um dosímetro padronizado e mais sensível do que o BWS, que fosse fácil de manusear, ambientalmente robusto, barato, cumulativo e desenhado para um amplo campo de aplicações no sector do Património. Muito sumariamente:

- A primeira etapa de trabalho prendeu-se com uma investigação laboratorial ao nível de diferentes combinações de corantes/matrizes/suportes e as suas respostas a diferentes níveis de iluminação. Os protótipos eram expostos à luz emitida a partir de uma lâmpada de tungsténio-halogénio e, em seguida, estudados por espectroscopia de reflectância nos 350-860 nm, de forma a investigar a resposta do dosímetro à luz e a estudar o mecanismo de desvanecimento;

- Em seguida, compararam-se os resultados obtidos a partir dos testes de envelhecimento acelerado com os obtidos a partir de testes efectuados em ambiente natural de museu. Vários museus foram seleccionados para desenvolverem estes testes, representando diferentes condições e necessidades. Junto ao objecto seleccionado, colocavam-se os dosímetros e um data logger para registo das condições de iluminação, durante uma exposição de 4 semanas;

<sup>19</sup> TENNENT, N., TOWNSEND, J.H. & DAVIS, A. (1982); “A simple integrating dosimeter for UV light”, *Science and Technology in the Service of Conservation, Proc. IIC Congress*, Washington, 32-36, citado em [12].

<sup>20</sup> BACCI, M. et al. (1999); “Indoor environmental monitoring of colour changes of tempera-painted dosimeters”, *Proc. ICOM 12<sup>th</sup> Triennial Meeting*, Lyon, vol.1, 3-13, citado em [12].

<sup>21</sup> LAVÉDRINE, B., GILLET, M. & GARNIER, C. (1999); “Mise au point d’un actinomètre pour le contrôle de l’exposition des photographies et des objets sensibles à la lumière”, *Proc. ICOM 12<sup>th</sup> Triennial Meeting*, Lyon, vol.1, 65-69, citado em [12].

<sup>22</sup> LiDo, EVK4-CT-2000-00016 - <http://www.lido.fhg.de>

- A última fase foi dedicada ao desenvolvimento de métodos de preparação padronizados e de controlo de qualidade dos dois dosímetros para a luz desenvolvidos, para sua introdução no mercado. Para avaliar a calibração dos protótipos foram usadas duas abordagens: colorimetria e análise em componentes principais dos espectros de reflectância. Foi provada a utilidade dos dois métodos em providenciar uma indicação quantitativa da dose de luz recebida.

Como resultado final do projecto, têm estado a ser progressivamente introduzidos no mercado dois tipos de dosímetros baseados no mesmo princípio: um revestimento sensível à luz, sobre um suporte, que muda de cor durante a sua exposição à luz. Conseguiu estabelecer-se uma calibração entre a cor e a exposição luminosa. A exposição luminosa, indicada na escala de cores de referência (tabela de “calibração”) que os acompanha, corresponde ao potencial dano provocado pelas condições de iluminação de um dado local.

São indicadores, não instrumentos de precisão, especialmente desenhados para uma avaliação preventiva do risco de dano para os materiais face a exposição luminosa. Podem ser usados para uma primeira estimativa de total de exposição à luz, sem necessitar de recurso a qualquer tipo de equipamento. Ambos os tipos são mais sensíveis que o BWS, podendo reagir muito rapidamente em horas, dias ou semanas. Cobrem uma série de aplicações complementares e designam-se comercialmente de LightCheck®<sup>23</sup>, podendo optar-se pelo LightCheck Sensitive (LCS) (Fig. 3) e/ou pelo LightCheck Ultra (LCU) (Fig. 4).



**Fig. 3.** LightCheck Sensitive (LCS) e respectiva tabela de “calibração”.



**Fig. 4.** LightCheck Ultra (LCU) e respectiva tabela de “calibração”.

O LCS foi concebido para suportar doses até 400.000 lux horas (Tabela 2) e o LCU, mais sensível, para doses até 100.000 lux horas (Tabela 3). Pela sua diferente sensibilidade, são usados para monitorizar diferentes contextos e materiais: o LCS, para objectos moderadamente sensíveis à Exposição Luminosa (pinturas a óleo ou esculturas policromadas, por ex.) e para tempos de exposição mais longos; o

<sup>23</sup> Para mais informação sobre os dosímetros poderá consultar-se: <http://www.lightcheck.co.uk/>

LCU, para objectos muito sensíveis (como têxteis ou documentos gráficos) e para tempos de exposição mais reduzidos.

As suas distintas características advêm das suas distintas tecnologias de produção: o LCS possui como suporte um quadrado de um vidro fino e como revestimento um corante azul (azul de Toluidina [12]) fixo numa matriz de um polímero ORMOCER<sup>24</sup>, enquanto o LCU joga com a reacção de um revestimento composto por dois corantes, um azul e um vermelho, fixo numa matriz de acetato de poli(vinilo) (PVAC) e aplicado sobre um suporte de papel rectangular.

Os dosímetros são colocados de forma a receberem a mesma Exposição Luminosa que o objecto, com indicação da data de início da exposição. Periodicamente, a sua variação de cor ao longo do período de monitorização é confrontada com a escala de cores da sua tabela de “calibração”. Cada cor da escala corresponde a uma Exposição Luminosa Equivalente (ELE, lux.horas) (*Tabela 2 e 3*). Apurado o tempo em que o dosímetro alterou de cor e confrontados os valores da ELE com a categoria de sensibilidade correspondente ao objecto e com a máxima exposição luminosa aceitável (*Tabela 1*) são previstos e avaliados os riscos e os danos para os objectos em causa. Constituirão dados de crucial importância para a definição subsequentemente das estratégias mais ajustadas à sua mitigação/eliminação<sup>25</sup>.

LCS	Exposição Luminosa Equivalente (ELE) (lux h)
4S	Acima de 340 000 lux.h
3S	200 000-340 000 lux.h
2S	80 000-240 000 lux.h
1S	60 000-100 000 lux.h
0S	Abaixo de 60 000 lux.h

**Tabela 2.** LightCheck © Sensitive (LCS).  
Exposição máxima 400.000 lux.h  
(saturação completa)

LCU	Exposição Luminosa Equivalente (ELE) (lux h)
4U	75 000 - 100 000
3U	45 000 - 75 000
2U	30 000 - 45 000
1U	5 000 - 30 000
0U	0 - 5 000

**Tabela 3.** LightCheck © Ultra (LCU).  
Exposição máxima 100.000 lux.h  
(saturação completa)

Dado que as tabelas de “calibração” também são sensíveis à luz, é recomendada a sua manutenção em local escuro, como a sua própria embalagem, que é opaca.

<sup>24</sup> ORMOCER – ORGANICALLY MODIFIED CERAMICS. Marca registada da Fraunhofer-Society for Applied Research, Alemanha

<sup>25</sup> Para mais informações quanto aos cálculos a efectuar, consulte *How to use LightCheck*, <http://www.lightcheck.co.uk/>,

Outra recomendação prende-se com a sua escala de cores que, pelas dificuldades de reprodução comercial, é específica para cada embalagem (normalmente com 5 unidades). Não devem, portanto, ser usadas tabelas de “calibração” de outras embalagens.

Os dosímetros LCS e LCU reagem não exclusivamente à luz, equacionando cumulativamente as suas reacções sinérgicas com outros parâmetros ambientais como os UV a T, a HR e a poluição (especialmente os poluentes oxidantes. Daí, como advertência, o facto de terem de ser manipulados cautelosamente, por forma a não se tocar directamente com os dedos no revestimento sensível). Permitem, então, uma melhor percepção dos potenciais riscos sinérgicos de dano, através da visualização de algo que se pode alterar, coisa que os diferentes equipamentos, específicos para cada parâmetro ambiental, não permitem.

A facilidade com que são usados e as suas características comportamentais fazem destes dosímetros uns verdadeiros Sistemas de Aviso/Alerta Precoce (EWS) de grande utilidade e baixo custo. Não estão, portanto, adaptados para monitorizar longos períodos de tempo, como anos. A sua capacidade cumulativa só poderá ser associada ao funcionamento de um data logger, equipamento adequado a uma monitorização contínua, tão desejada quanto onerosa.

A sua pronta reacção permite a sua aplicação: (i) como ferramenta pedagógica; (ii) para rapidamente diagnosticar e avaliar locais de exposição; (iii) como argumento para sensibilizar profissionais e decisores e (iv) para apoiar ou rectificar políticas e dinâmicas assumidas ou em intenção.

Em Portugal, foram validadas as suas muito interessantes características através de exercícios de sua aplicação no Museu Nacional de Soares dos Reis, Porto, e na Casa-Museu de Teixeira Lopes, Vila Nova de Gaia, a quem a autora agradece toda a colaboração.

## Referências bibliográficas

- [1] ASHLEY-SMITH, J. (1999); *Risk Assessment for Object Conservation*, Butterworth-Heinemann, Oxford
- [2] BULLOCK, L. & SAUNDERS, D. (1999); “Measurement of cumulative exposure using Blue Wool standards”, *Proc. ICOM 12<sup>th</sup> Triennial Meeting*, Lyon, Vol. I, 21-26
- [3] CCI (Jun. 1983); *Ultraviolet Filters for Fluorescent Lamps*. CCI Note No. 2/1, Canadian Conservation Institute, Ottawa
- [4] CCI (Dec. 1988); *A Light Damage Slide Rule*. CCI Note No. 2/6, Canadian Conservation Institute, Ottawa

- [5] CCI (1992); *Using a Camera to Measure Light Levels*. CCI Note No. 2/5, Canadian Conservation Institute, Ottawa
- [6] CIBSE (1994); *Lighting for Museums and Art Galleries*, The Chartered Institution of Building Services Engineers, London
- [7] COLBY, K. M (1993); "Suggested Exhibition/Exposure Policy for Works of Art on Paper". Disponível no web site da The Lighting Resource: <http://www.webcom.com/~lightsrc/>
- [8] CUCCI, C. *et al.* (2003); "Disposable indicators for monitoring lighting conditions in museums", *Environmental Science & Technology*, **37** (24), 5687-5694
- [9] CRAWFORD, B. H. (1973); "Just perceptible colour differences in relation to level of illumination", *Studies in Conservation*, **18**, 159-166
- [10] DUFF, D., SINCLAIR, R.S. & STIRLING, D.S. (1977); "Light-induced colour changes of natural dyes", *Studies in Conservation*, **22**, 161-169
- [11] FELLER, R.L. (Jun. 1964); "The Deteriorating Effect of Light on Museum Objects", *Museum News* Technical Supplement No. 3. American Association of Museums, Washington, DC
- [12] GERLACH, S., RÖMICH, H., PICOLLO, M., CUCCI, C., LAVÉDRINE, B., MARTIN, G. & DVORAK, M. (2004); "Accelerated Ageing of Light Dosimeters" In *Innovative Tools for Exhibition Purposes: Environmental and Damage Assessment*, Malta Centre for Restoration, Malta
- [13] GORDON, A. (Sept/Oct. 1993); "The Light Solution", *Museum News*, 27.
- [14] MICHALSKI, S. (1987); "Damage to museum objects by visible radiation (light) and ultraviolet radiation (UV)", *Lighting in Museums, Galleries and Historic Houses*, The Museums Association and the United Kingdom Institute for Conservation, London, 3-16
- [15] MICHALSKI, S. (1997); "The lighting decision", *Textile Symposium 97*, The Canadian Conservation Institute, Ottawa, 97-104
- [16] PADFIELD, T. & LANDHI, S. (1966); "The light-fastness of the natural dyes", *Studies in Conservation*, **11**, 181-196
- [17] PATKUS, B. L.; *Protection from Light Damage*, <http://www.nedcc.org/plam3/leaf24.htm>, em 05/05/06
- [18] READ, P. & MEYER, M.-P. (2000); *Restoration of Motion Picture Film*, Butterworth-Heinemann, Oxford
- [19] RÖMICH, H. (2004); "Definition of an Early Warning System" In *Innovative Tools for Exhibition Purposes: Environmental and Damage Assessment*, Malta Centre for Restoration, Malta

- [20] SAUNDERS, D. & KIRBY, J. (1994); "Wavelength-dependent fading of artists' pigments" In *Preventive Conservation: Practice, Theory and Research*, Preprints to the Ottawa Congress, 12-16 September, IIC, 190-194
- [21] TÉTREAULT, J. (2003); *Airborne Pollutants in Museums, Galleries and Archives: Risk Assessment, Control Strategies and Preservation Management*, Canadian Conservation Institute, Ottawa
- [22] THOMSON, G. (1961); "A new look at colour rendering, level of illumination, and protection from ultraviolet radiation in museum lighting", *Studies in Conservation*, **6**, 49-70
- [23] THOMSON, G. (1986); *The Museum Environment*, 2<sup>nd</sup> ed., Butterworths, London