



O Projecto Luminotécnico em Espaços Expositivos de Arte Contemporânea

GUSTAVO ADOLFO FARIA PORTELA CARNEIRO

novembro de 2016

O PROJECTO LUMINOTÉCNICO EM ESPAÇOS EXPOSITIVOS DE ARTE CONTEMPORÂNEA

Gustavo Adolfo Faria Portela Carneiro



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE -
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: Gustavo Adolfo Faria Portela Carneiro, Nº 1930394, 1930394@isep.ipp.pt

Orientação científica: Nuno Matos da Silva, nbs@isep.ipp.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2016

A ciência eléctrica revelou-nos a verdadeira natureza da luz, forneceu-nos inúmeros aparelhos e instrumentos de precisão, e assim adicionamos vastamente à exactidão do nosso conhecimento.

Nikola Tesla

Agradecimentos

Não sendo possível agradecer a todas as pessoas e instituições que de alguma forma permitiram a elaboração desta dissertação, não podia no entanto omitir quatro casos que foram fundamentais para ter sido possível este trabalho:

- O corpo docente do departamento Eletrotécnica – Sistemas de Energia do ISEP, responsáveis por toda a minha formação académica.
- O Eng. Nuno Matos da Silva, que aceitou ser meu orientador, e que me ajudou muito ao longo de toda a elaboração desta dissertação.
- Maria Antonieta Gonçalves Teixeira Ferreira e Francisco João Ferreira Carneiro, as duas pessoas que mais me apoiaram e incentivaram a realização desta dissertação.

Resumo

O projecto luminotécnico tem um papel de grande relevância na Arte e na concepção dos espaços expositivos, quer sejam eles espaços institucionais ou comerciais.

A iluminação tem um impacto significativo não só do ponto de vista conceptual e estético, mas também ao nível da conservação das características dos elementos iluminados e dos aspectos económicos e energéticos das instalações.

Esta dissertação aborda a evolução da iluminação de obras de arte e dos espaços expositivos, identificando as melhores recomendações técnicas, explorando o seu suporte teórico, e comparando-as com as práticas mais comuns que se encontram estabelecidas. Com esta avaliação pretende identificar-se áreas de melhoria e de desenvolvimento, quer do ponto de vista das opções de projecto quer em termos das soluções tecnológicas utilizadas. O intervalo encontrado entre teoria e prática foi descodificado de modo a permitir a melhor compreensão das decisões tomadas pelos vários intervenientes ao nível do projecto e execução das instalações de iluminação destes locais, abrindo desse modo espaço para que seja possível atingir um equilíbrio que permita a sua evolução.

A iluminação nas artes plásticas começou por ser apenas a iluminação do “local de trabalho”, de modo a possibilitar aos artistas a realização das suas tarefas fora das habituais horas de luz solar. O Museu do Louvre (em Paris) e a Museu Britânico (em Londres) foram os primeiros espaços dedicados às artes plásticas que, no início, não eram mais do que espaços onde os artistas podiam desenvolver os seus trabalhos, funcionando como ateliers, ficando posteriormente as suas obras expostas nesses mesmos espaços.

Ao longo do tempo essa realidade mudou por completo, para além de gerarem luz de trabalho, os sistemas de iluminação passaram a ter outra relevância criando ambientes, cenários, alterando a textura e cor das obras, ou mesmo passando, em alguns casos, a ser parte integrante da própria obra.

Está hoje definido que as obras de arte não são apenas os tradicionais desenhos, pinturas, fotografias ou esculturas, têm uma abrangência cada vez maior em termos de técnicas e de

materiais utilizados, estendendo-se a tudo o que nos rodeia e, dessa forma, a escolha dos sistemas de iluminação e as propriedades da radiação luminosa emitida têm um carácter fundamental para manter a integridade dos materiais e também para permitir que se vá de encontro à ideia que o artista ou curador têm quando criam ou expõe uma determinada obra.

Variáveis como o tempo que a obra vai estar exposta e as condições dessa exposição devem ser tidas em conta para salvaguardar a não destruição da obra, e para se definirem eventuais características especiais das instalações de iluminação, tais como a utilização de filtros de protecção ou de fontes especiais.

Existem vários “locais tipo” onde se mostram as obras ou fazem exposições, dos quais se destacam Museus, Galerias de Arte, Centros Culturais e espaços de Coleccionadores. Os Museus e Galerias de Arte são, sem dúvida, responsáveis pela maioria das mostras. Por essa razão, foi decidido acompanhar algumas exposições numa galeria de arte comercial (Galeria Quadrado Azul) e num museu (Museu de Serralves) e comparar os aspectos técnico-económicos das diferentes instalações, analisando a vertente cenográfica que cada solução incorpora e o impacto que é gerado sobre os visitantes dos espaços. Realizou-se ainda um inquérito para compreender a sensibilidade dos utilizadores em relação aos sistemas de iluminação dos espaços expositivos.

A partir das recomendações técnicas para espaços expositivos e dos dados recolhidos na observação de várias exposições e dos resultados do inquérito efectuado elaborou-se um caso de estudo, com a criação de um sistema de iluminação padrão, aplicável à maior parte das exposições a realizar em museus e galerias de arte contemporânea.

Palavras-Chave

projecto luminotécnico, iluminação, conservação preventiva, dano, LED, DIM, dimmer, TC, temperatura de cor, IRC, índice de reprodução de cor, UV, ultravioleta, IV, infravermelho, iluminância, intensidade luminosa, luz, focos, curva Kruithof, direcção da luz, sombra, cor, Kelvin, lux, museu, Serralves, galeria, Quadrado Azul, arte, objecto artístico, contemporânea, obra de arte, wallwasher, radiação, cénico, Dialux, DALI, MCU, ERCO, OSRAM.

Abstract

The lightning project plays a role of great relevance in the art and in the conception of the expositive spaces, either institutional or commercial ones.

The illumination has a meaningful impact not only from the conceptual and esthetic point of view, but also to the maintenance level of the characteristics of the illuminated elements and of the economic and energetic aspects of the installations.

This dissertation approaches the evolution of the illumination of the art works and of the expositive spaces, identifying the best technical recommendations, exploring their theoretical support, and comparing them with the most common practices that are established. With this valuation one intends to identify the areas of improvement and of development, either from the point of view of the options of the project or in terms of the technological solutions employed. The interval found between the theory and the practice was decodified and in this manner it allows for the best understanding of the decisions taken by the several intervenients at the level of the project and the execution of the lightning settings of these places, making it possible to reach a balance that allows its evolution.

Lightning in the plastic arts began to be merely that of the «work place», in a manner to become possible for the artists to work beyond the usual day light hours. The Museum of Louvre (in Paris) and British Museum (in London) were the first places dedicated to the plastic arts, that, in the beginning, were no more than spaces where the artists could develop their works, operating as work places where ultimately those works would be exposed.

Over time this situation changed completely, in addition to generating work light, lighting systems now have another relevance creating moods, scenarios, altering the texture and color of the work or even, in some cases, be part of the work itself.

It is now established that the works of art are not only traditional drawings, paintings, photographs or sculptures, but they also have a more and more enclosure of techniques and

materials used, extending to everything around us and, therefore, extending to everything around us and, therefore, the choice of lighting and the properties of luminous radiation systems have a fundamental character to maintain the integrity of the materials and also to allow them to meet the idea that the artist or curator have when they create or exhibit a certain work.

Variables such as how long the work will be exposed and the conditions of such exposure should be taken into account to safeguard the work not to be destroyed, and to define any special characteristics of lighting systems, such as the use of protective filters or special sources.

There are several "standard places", where the works are exhibited, among which are Museums, Galleries, cultural centers and places of Collectors. The Museums and Art Galleries are undoubtedly responsible for the majority of shows and for that reason it was decided to accompany some exhibitions in a commercial art gallery (Galeria Quadrado Azul) and a museum (Museu de Serralves) and compare the technical and economic aspects of the different facilities, analyzing the scenographical side that each solution incorporates and the impact that is created on the visitors of those spaces. We've also conducted a survey to understand the sensitivity of users in relation to the lighting systems of the exhibition spaces.

From the technical recommendations for exhibition spaces, data collected from the observation of several exhibitions and the survey made, we have elaborated a case study, with the creation of a standard lighting system which applies to most of the exhibitions to be held in museums and contemporary art galleries.

Keywords

lightning project, lighting, preventive maintenance, damage, LED, DIM, dimmer, CT, color temperature, CRI, color rendering index, UV, ultraviolet, IR, infrared, illuminance, light intensity, light, spotlights, Kruithof curve, direction of light , shadow, color, Kelvin , lux, museum, Serralves, gallery, Quadrado Azul, artistic object, contemporary artwork, wallwasher, radiation, scenic, Dialux, DALI, MCU, ERCO, OSRAM .

Índice

1. Introdução	1
1.1 Contextualização	2
1.2 Objectivos	3
1.3 Organização do Relatório	4
2. Breve História da Museologia – Enquadramento ao Projecto	5
2.1. A Iluminação na Museologia	9
2.2. A Arte Contemporânea e a Iluminação	11
3. O Projecto Luminotécnico em Espaços Expositivos	15
3.1. Concepção Luminotécnica em Espaços Expositivos	16
3.2. Dano e Prevenção	22
3.3. Boas Práticas de Um Projecto Luminotécnico de Espaços Expositivos	26
3.4. Espaços Expositivos de Arte	42
3.5. Exemplos de Iluminação em Museus e Galerias de Arte	44
4. Levantamento de Instalações de Iluminação – Acompanhamento e Análise de Diferentes Situações	53
4.1. Museu de Serralves	54
4.1.1. Exposições no Museu de Serralves	58
4.2. Galeria Quadrado Azul	65
4.2.1. Exposições na Galeria Quadrado Azul	67

4.3. Análise Comparativa	74
5. Opinião dos Utilizadores de Espaços Expositivos	75
5.1. Dados Técnicos do Questionário	77
5.2. Análise dos Resultados Obtidos	79
6. Caso de Estudo	83
6.1. Critérios Seguidas	85
6.1.1. Características Gerais	85
6.1.2. Caracterização do Espaço	90
6.1.3. Critérios e Selecção das Luminárias Utilizadas	91
6.1.4. Condições Criadas para a Simulação	97
6.2. Simulações Dialux	101
6.3. Selecção do Sistema de Iluminação	121
6.4. Equipamentos Suplementares	122
6.5. Controlo de Iluminação	123
6.5.1. Primeira Alternativa	125
6.5.2. Segunda Alternativa	129
7. Conclusão	133

Índice de Figuras

Figura 1	Museu Britânico em Londres	6
Figura 2	Museu Louvre em Paris – 1801	7
Figura 3	Museu Soares dos Reis no Porto	8
Figura 4	Instalação de Ray King - Aeroporto Internacional de Taiwan	9
Figura 5	Instalação de Tim Noble e Sue - <i>webster 3</i>	12
Figura 6	Bruce Nauman – <i>Double Poke in the Eye II</i>	13
Figura 7	Escultura em exposição na National Gallery of Art (Washington, DC)	18
Figura 8	Espetro de radiação de luz	22
Figura 9	Luxímetro	23
Figura 10	Medidor UV	23
Figura 11	Vidro anti-radiação UV	25
Figura 12	Modelo para concepção de projecto de iluminação	26
Figura 13	Tapeçaria com dois ângulos de incidência da iluminação, no caso da esquerda a incidência vertical e no caso da direita deslocou-se a luminária para uma incidência com um ângulo de 60°	27
Figura 14	Curva de Kruithof	30
Figura 15	Guia de referência para colocação de luminárias para objectos planos em superfícies verticais	34

Figura 16	Guia de referência para colocação de luminárias em vitrinas. No primeiro caso a luminária está exterior à vitrina e no segundo caso a luminária está interior à vitrina	36
Figura 17	Iluminação tridimensional usando luz de destaque, ambiente e luz por trás	38
Figura 18	Iluminação tridimensional usando só luz de destaque	38
Figura 19	Iluminação tridimensional usando só luz ambiente	38
Figura 20	iluminação tridimensional usando só contra-luz	38
Figura 21	Vista em planta de iluminação para objectos tridimensionais	39
Figura 22	Vista frontal de iluminação para objectos tridimensionais	39
Figura 23	Vista de exposição na galeria Pedro Cera em Lisboa	45
Figura 24	Vista de exposição na galeria Cristina Guerra em Lisboa	45
Figura 25	Vista de exposição do artista Pires Viera - Museu de arte Contemporânea Chiado – Lisboa	46
Figura 26	Exposição <i>Le Corbusier</i> - Centro Pompidou - Paris	47
Figura 27	Exposição Andrew Grasses - <i>New Hang</i> - Tate Modern - Londres	48
Figura 28	Exposição colectiva - Tate Modern em Londres	48
Figura 29	Exposição <i>Tremlett</i> - Kunsthalle em Hamburgo	49
Figura 30	Exposição permanente (Sala Guernica) - Museu Rainha Sofia	50
Figura 31	Tratamento preventivo da obra <i>Guernica</i> - Museu Rainha Sofia	51
Figura 32	Vista de exposição no museu de Serralves	56
Figura 33	Vista nº1 da exposição <i>Noites Brancas</i>	58
Figura 34	Vista nº 2 da exposição <i>Noites Brancas</i>	58

Figura 35	Vista nº 1 exposição colectiva - ala central	59
Figura 36	Vista nº 2 exposição colectiva - ala central	60
Figura 37	Vista de exposição colectiva - ala central	60
Figura 38	Vista exposição colectiva - sala da ala direita	62
Figura 39	Vista Exposição de vídeo - ala central	63
Figura 40	Vista Exposição de vídeo - ala esquerda	64
Figura 41	Vista de exposição de Fernando Lanhas (espaço 1 - Porto)	67
Figura 42	Vista nº1 Exposição de Fernando Lanhas (espaço 2 - Porto)	68
Figura 43	Vista nº2 Exposição de Fernando Lanhas (espaço 2 - Porto)	68
Figura 44	Vista de exposição de Hugo Canoilas (espaço 2 - Porto)	69
Figura 45	Vista de exposição de Paulo Nozolino (Lisboa)	70
Figura 46	Vista de obra de Franciso Tropa em exposição colectiva (espaço 2 - Porto)	71
Figura 47	Vista de instalação de David Maranhã (espaço 1 - Porto)	72
Figura 48	Vista do stand da Galeria Quadrado Azul na feira de Madrid – ARCO	73
Figura 49	Curva de Kruithof	88
Figura 50	Exposição na Casa de Serralves	89
Figura 51	Exposição no Museu de Serralves	89
Figura 52	Vista 3D da sala de exposições (imagem criado no Dialux)	91
Figura 53	Curva de distribuição de luz das luminárias OSRAM	95
Figura 54	Luminária OSRAM FLASH T5 Prestige Pack	95
Figura 55	Lista 3D das 8 grelhas de pontos (imagem criada no Dialux)	97

Figura 56	Vista das malhas 1, 2, 3, 4 e 5 (imagem criada no Dialux)	98
Figura 57	Vista da malha 6 (imagem criada no Dialux)	98
Figura 58	Vista das malhas horizontais 7 e 8 (imagem criada no Dialux)	99
Figura 59	Vista 3D da sala de exposições com objectos (imagem criada no Dialux)	99
Figura 60	Vista 3D da sala de exposições com a representação das 8 malhas de pontos (imagem criada no Dialux)	100
Figura 61	Vista da malha 1 com luminária fluorescente T5 (igual à malha 5)	107
Figura 62	Vista da malha 2 com luminária fluorescente T5 (igual à malha 4)	107
Figura 63	Vista da malha 3 com luminária fluorescente T5	108
Figura 64	Vista da malha 6 com luminária fluorescente T5	108
Figura 65	Vista da malha 7 com luminária fluorescente T5	109
Figura 66	Vista da malha 8 com luminária fluorescente T5	109
Figura 67	Vista do Tecto com luminária fluorescente T5	110
Figura 68	Vista da malha 1 com fita de LEDs (igual à malha 5)	110
Figura 69	Vista da malha 2 com fita de LEDs (igual à malha 4)	111
Figura 70	Vista da malha 3 com fita de LEDs	111
Figura 71	Vista da malha 6 com fita de LEDs	112
Figura 72	Vista da malha 7 com fita de LEDs	112
Figura 73	Vista da malha 8 com fita de LEDs	113
Figura 74	Vista do tecto com fita de LEDs	113
Figura 75	Vista 3D da sala de exposições com objectos (imagem criada no Dialux)	115

Figura 76	Vista topo da sala com os três pontos de cálculo vertical (imagem criada no Dialux)	115
Figura 77	Vista lateral da sala com os dois pontos de cálculo horizontal (imagem criada no Dialux)	115
Figura 78	Vista 3D sala com objectos iluminados pelos projectores (imagem criada no Dialux)	118
Figura 79	Esquema do sistema de iluminação sugerido (fitas de LEDs mais projectores de LEDs)	121
Figura 80	Projector ALBA 8/22	122
Figura 81	Esquema do sistema DALI – MCU	126
Figura 82	Cabo NYM de cinco núcleos	127
Figura 83	Esquema do sistema DALI – DALI	130

Índice de Tabelas

Tabela 1	Níveis de iluminação recomendados consoante o tipo de material	22
Tabela 2	Variação da luz branca em função da temperatura	27
Tabela 3	Níveis de iluminância com correspondentes níveis de TC	27
Tabela 4	Grau de sensibilidade dos objectos à luz	28
Tabela 5	Resultados obtidos da população geral e do meio artístico	76
Tabela 6	Níveis de iluminação recomendados consoante o tipo de material	83
Tabela 7	Níveis de iluminância com correspondentes níveis de TC	85
Tabela 8	Tabelas de Lâmpadas T5 da Marca OSRAM	94
Tabela 9	Tabelas de Lâmpadas Fitas de LEDs da Marca OSRAM	96
Tabela 10	Localização do objectos na sala de exposições	100
Tabela 11	Simulação luminária fluorescente T5 – HO 49/830 no Dialux	101
Tabela 12	Simulação das luminária fluorescente T5 – HO 54/830 no Dialux	102
Tabela 13	Simulação das luminária fluorescente T5 – HO 39/830 no Dialux	102
Tabela 14	Simulação das luminária fluorescente T5 – HO XT 49/830 no Dialux	102
Tabela 15	Simulação das luminária fluorescente T5 – HE 32/830 no Dialux	103
Tabela 16	Simulação das luminária fluorescente T5 – HE 35/830 no Dialux	103
Tabela 17	Simulação das luminária fluorescente T5 – HO 54/830 no Dialux	104
Tabela 18	Simulação das luminária fluorescente T5 – HO 54/830 no Dialux	104

Tabela 19	Simulação das fitas de LEDs LF06P 2 – W4F - 830P no Dialux	105
Tabela 20	Simulação das fitas de LEDs LF06P 2 – W5F – 830P no Dialux	105
Tabela 21	Simulação das fitas de LEDs LF06A – W3F – 830P no Dialux	106
Tabela 22	Simulação das fitas de LEDs LF06S – 830P no Dialux	106
Tabela 23	Valores de luminância nos pontos de cálculo	116
Tabela 24	Tabelas de características de cinco modelos de Projectores LEDs seleccionados da Marca ERCO	118
Tabela 25	Valores de luminância nos pontos de cálculo (simulado no Dialux)	119
Tabela 26	Tabela de material a usar na alternativa 1	128
Tabela 27	Tabela de material a usar na alternativa 2	132

Acrónimos

CCI	–	Canadian Conservation Institute
ICOM	–	International Council of Museums
IRC	–	Índice de Reprodução de Cor
IV	–	Infravermelho
K	–	Kelvin (unidade de medida da temperatura de cor)
LED	–	Light Emitting Diode (diodo emissor de luz)
lm	–	Lúmem (unidade de medida de fluxo luminoso)
lx	–	Lux (unidade de medida da iluminância)
TC	–	Temperatura de Cor
UV	–	Ultravioleta
W	–	Watt (unidade de potência)

1. INTRODUÇÃO

Na criação de um projecto luminotécnico, nem sempre o cálculo teórico é o que deve ser aplicado na montagem do sistema de iluminação de um espaço expositivo de artes plásticas. Com o estudo que realizei para a elaboração desta dissertação concluí que existem muitos factores para além dos estritamente técnicos para a elaboração de projectos luminotécnicos.

Existem dois factores fundamentais que devem ser tidos em conta por parte do projectista e que por isso o obrigam a ter uma sensibilidade adicional para poder projectar um sistema para este tipo de instalação: as características dos objectos que vão estar expostos e o impacto que a radiação luminosa terá sobre eles e, por outro lado, o impacto da iluminação na componente cénico-artística.

Todos estes critérios técnicos, artísticos e, consequentemente, económicos irão pesar de forma diferente consoante os vários tipos de instalações: museu, galerias de arte comerciais, colecções privadas, fundações, etc. De entre as várias instalações existentes, as galerias de arte comerciais e os museus são, sem dúvida, aqueles que existem com mais abundância e tem mais visitas do público e, por essa razão, acabam por ser as referências escolhidas para o trabalho aqui realizado.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Esta dissertação surgiu do acompanhamento que tenho feito em arte contemporânea nos últimos dez anos, que me levou a compreender melhor a realidade e necessidades dos artistas e curadores na montagens de exposições de obras de arte, necessidades essas que muitas vezes chocam com a opinião técnica de projectistas luminotécnicos.

Compreender e conhecer as necessidades específicas deste meio é uma obrigação do projectista, pois só dessa forma é possível executar um projecto que para além das necessidades técnicas de iluminação também garanta as necessidades cénicas e de segurança da integridade das obras de arte.

1.2. OBJECTIVOS

O objectivo desta dissertação compreende duas partes. Uma primeira parte pretende estudar a evolução da iluminação de obras de arte e, em especial, a iluminação de espaços expositivos e estudar e analisar as melhores práticas nesta área e a influência que a iluminação tem na obra de arte. Por outro lado, pretende-se avaliar as opções tomadas ao nível da concepção da iluminação de espaços expositivos comerciais, como galerias de arte, e de espaços expositivos institucionais, como museus.

Numa segunda fase pretende-se acompanhar algumas exposições numa galeria de arte comercial e num museu e comparar os aspectos técnico-económicos das diferentes instalações, analisar a vertente cenográfica que cada solução incorpora e o impacto que é gerado sobre os visitantes dos espaços. A partir dos dados assim recolhidos e das recomendações técnicas para espaços expositivos, iremos elaborar um caso de estudo, para criar um sistema de iluminação padrão, aplicável à maior parte das exposições a realizar em museus e galerias de arte contemporânea.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

No capítulo 1, apresentamos a introdução do relatório, no capítulo seguinte, 2, apresentamos uma breve história da museologia, aparecimento da iluminação eléctrica nos museus e definição da arte contemporânea. No capítulo seguinte, 3, apresentamos os factores fundamentais para a elaboração de um projecto luminotécnico em espaços expositivos, danos e prevenções dos sistema de iluminação, boas práticas para a elaboração de um projecto e análise superficial de alguns sistemas de iluminação em galerias e museus. No 4º capítulo, fazemos o levantamento, análise e comparação de instalações de iluminação, especificamente, no Museu de Serralves e na Galeria Quadrado Azul. No capítulo seguinte, 5, apresentamos o resultado de um inquérito realizado a utilizadores de espaços expositivos. No 6º capítulo, apresentamos um caso de estudo: simulação do sistema de iluminação para uma sala de exposições. No último capítulo, 7, são reunidas as principais conclusões sobre o projecto luminotécnico em espaços expositivos de arte contemporânea.

2. BREVE HISTÓRIA DA MUSEOLOGIA – ENQUADRAMENTO AO PROJECTO

A palavra “Museu – do grego mouseion”, aparece, pela primeira vez, na Grécia Antiga com o significado de “templo das musas”. Este termo era usado na cidade de Alexandria para designar o local de estudo das artes e ciências.

Um museu é, na definição do International Council of Museums (ICOM, 2001), *“uma instituição permanente, sem fins lucrativos, a serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, aberta ao público e que adquire, conserva, investiga, difunde e expõe os testemunhos materiais do homem e de seu entorno, para educação e deleite da sociedade”* [1].

O museu moderno, já com algumas semelhanças ao museu actual, apareceu no século XVII, e não era mais do que o culminar de algo que o homem já fazia desde a origem dos tempos, o coleccionar ou juntar objectos, quer apenas por mero interesse estético, quer por

potencial valor monetário. Com as viagens de navegação e a descoberta de território novo e diferente, o coleccionismo aumentou e começaram a surgir por toda a Europa gabinetes de curiosidades, colecções altamente heterogêneas e assistemáticas de peças das mais variadas naturezas e procedências, nos quais se incluíam fósseis, aberrações da natureza, objectos raros, etc.

A primeira doação de objectos de um coleccionador, e que originou o primeiro museu moderno, foi a colecção de John Tradescant, feita por Elias Ashmole, à Universidade de Oxford, conhecido como Ashmolean Museum [2].

Mas este tipo de museu que apareceu inicialmente consistia em espaços de acesso limitado apenas a alguns e não de livre acesso ao público em geral.

Os primeiros Museus como os conhecemos hoje, de acordo com a definição do ICOM, espaços públicos, gratuitos (na altura) e com finalidades recreativa e cultural foram: o Museu Britânico, em Londres, em 1759, e o Museu Louvre, em Paris, em 1793.



Figura 1 Museu Britânico em Londres [3]

No resto do mundo, a partir do século XIX, começaram a abrir outros museus similares.

É de salientar que os museus de arte não serviam inicialmente apenas para guardar e mostrar os objectos artísticos, mas eram usados, muitas vezes, como atelier para os próprios artistas poderem trabalhar. Inicialmente, estes espaços foram adaptações de palácios e igrejas e, por isso, possuidores de grandes dimensões, e com grandes janelas que permitiam a entrada de luz abundante.



Fig. 47. — Exposition des produits de l'Industrie française, dans la cour du Louvre (1801).

Figura 2 Museu Louvre em Paris - 1801 [4]

Em Portugal, os primeiros museus a surgirem foram O Real Museu de História Natural e jardim botânico na Ajuda Lisboa (1768) o de história natural e jardim botânico da Universidade de Coimbra (1772) o de Arqueologia, Medalhística, Etnografia e História Natural, em Beja, Museu Pacense (1791) e o Museu Portuense ou Ateneu D. Pedro (1833).

O primeiro museu público em Portugal, museu de arte e história natural, apareceu na cidade do Porto, criado pelo comerciante de vinhos do porto e colecionador de descendência Britânica John Francis Allen.(1836). O acervo deste museu passou pela mão do município local para o Museu Portuense (1850) e mais tarde pela mesma mão, deu origem ao “Museu Soares dos Reis”(1911).



Figura 3 Museu Soares dos Reis no Porto [5]

2.1 A ILUMINAÇÃO NA MUSEOLOGIA

Quando o artista cria uma obra de arte, tem como objectivo comunicar através da sua criação. A mensagem é passada de uma forma sensorial, emocional e cognitiva, que cada observador irá interpretar de uma forma muito pessoal.

Uma grande parte da mensagem é feita através da comunicação visual, onde a interacção entre a luz e a matéria que constitui a obra estão inteiramente ligadas.

O artista tem de ter uma prévia compreensão da interacção que a luz vai ter com a obra pois só assim pode fazer a escolha do material, da cor, textura, forma que a obra irá ter.

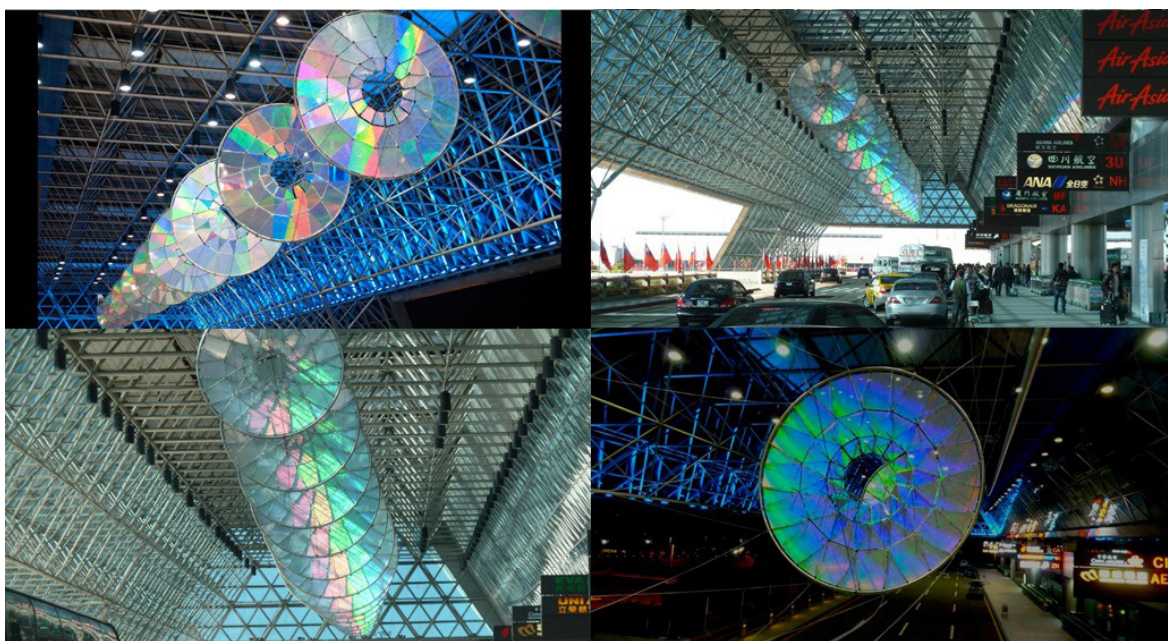


Figura 4 Instalação de Ray King - Aeroporto Internacional de Taiwan [6]

Até finais do século XIX os artistas trabalhavam quase exclusivamente com luz natural, apesar de já ser possível a utilização de luz artificial. Esta não iluminava o suficiente e alterava muito as referências cromáticas. Além do mais implicava um custo acrescido, no combustível dos candeeiros (óleo, parafina ou gás). Só no final do XIX com o aparecimento da lâmpada incandescente, é que os artistas começaram a trabalhar mais para além das horas de iluminação solar.

Até então os espaços para os artistas trabalharem e mostrarem as suas obras eram locais com grandes janelas para terem o máximo de luz solar, mas mesmo assim a luz era difusa e

estavam dependentes das condições climatéricas para terem uma melhor ou pior qualidade de luz.

Com a iluminação eléctrica, espaços como cabarés, grémios, clubes, passaram a reunir até mais tarde, artistas plásticos, poetas, actores e pensadores, permitindo uma maior interacção de diversas correntes de pensamento e conseqüente aumento de produtividade nestas áreas.

Não apenas foi possível trabalhar até horas mais tardias, mas passou a ser possível simular varias posições de incidência da luz e conseqüentemente começou-se a jogar com sombras, brilhos e nuances.

Nas exposições das obras, museus como o Louvre em Paris e o museu Britânico em Londres, também puderam tirar partido da luz eléctrica, passando a não depender das grandes janelas para poder mostrar as suas obras de arte.

2.2 A ARTE CONTEMPORÂNEA E A ILUMINAÇÃO

Apesar de não haver total consenso sobre o início deste período artístico, a maior parte dos especialistas considera que a arte contemporânea e os seus estilos, escolas e movimentos surgiram após a segunda guerra mundial. Apareceu como uma acção de ruptura com a arte moderna.

Este novo período deve-se a uma necessidade dos artistas interagirem mais com os problemas da sociedade, numa altura em que o mundo estava em reconstrução e recuperação de uma guerra mundial. Havia uma necessidade constante de experimentação de novas técnicas e linguagens de comunicação, enquanto que a arte moderna tinha como base a revolução industrial e a evolução das máquinas e o movimento. Já a arte contemporânea está ligada à evolução tecnológica e à ciência e a sua forma de comunicação procura ter uma linguagem em tempo real. Um dos grande acontecimentos mundiais que teve muita influência foi a conquista do espaço. A consciência da ecologia, o reaproveitamento dos materiais, a revolução digital e a internet foram outros pontos marcantes destes novos estilos emergentes.

Com estas novas alterações, também a forma de montar um espaço expositivo sofreu alterações. Os novos paradigmas da arte vieram revolucionar a forma como os objectos poderão ser vistos.

Duas novas variáveis passaram a fazer desta equação complexa que é o projecto luminotécnico:

por um lado a preocupação com o visitante passou a ter muito importância, e a prova disso foi o aparecimento nos museus dos departamentos de acção educativa e por outro lado, a utilização de materiais que são eles próprios fontes emissoras de luz levou os projectistas a terem que repensar como desenhar os sistema de iluminação.

A arte Néon e o Videoart são dois exemplos de estilos artísticos que têm, eles mesmos, iluminação e, como tal, a iluminação do espaço envolvente terá um impacto muito grande na obra.

Deixo aqui dois exemplos muito elucidativos onde a influência da iluminação do espaço pode interferir directamente com a obra.

No primeiro caso, uma obra de Tim Noble e Sue, *webster 3*, instalação feita à base de lixo e apenas se compreende o que os artistas fizeram quando um foco de luz virado para a peça cria uma sombra na parede.



Figura 5 Instalação de Tim Noble e Sue - *webster 3* [7]

No segundo caso, uma obra de Bruce Nauman – *Double Poke in the Eye II*, instalação em néon de várias cores e por isso emissora de luz e onde a iluminação do espaço terá um impacto directo na obra.

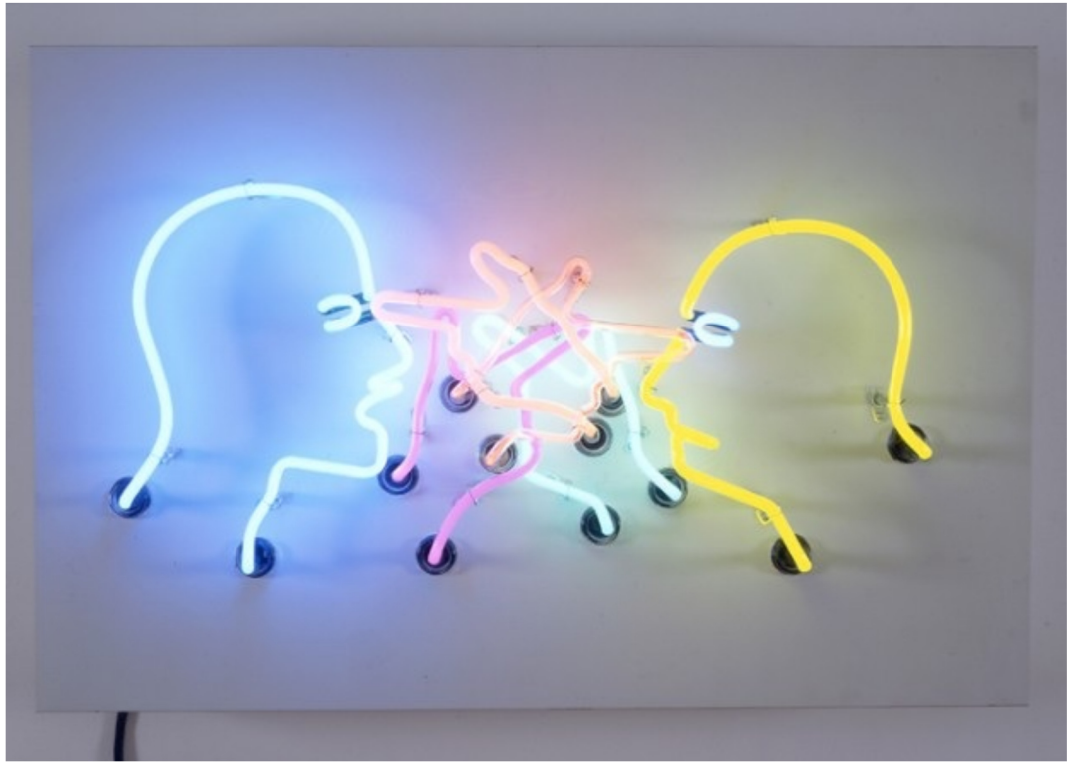


Figura 6 Bruce Nauman – *Double Poke in the Eye II* [8]

3. PROJECTO LUMINOTÉCNICO EM ESPAÇOS EXPOSITIVOS

3.1 CONCEPÇÃO LUMINOTÉCNICA EM ESPAÇOS EXPOSITIVOS

O projecto de iluminação é um trabalho de equipa que exige, para além dos conhecimentos técnicos, formação e sensibilidade estético-artísticas.

Deverão ser analisados todos os aspectos que, directa ou indirectamente, contribuem para a instalação de um sistema de iluminação que beneficia esteticamente o espaço expositivo, destaque o significado da obra de arte e seja eficiente a nível energético.

A atenção visual é selectiva e temporalmente limitada. O projecto de iluminação pode orientar a atenção do visitante, sugerindo um determinado percurso, chamando a atenção para uma ou outra peça e pormenor significativos, levando-o, assim, a um entendimento intelectual e emocional da exposição.

Segundo os estudos de Serrel [9] e Conroy, do Aniston Museum of Natural History [10], os visitantes, ao entrar numa exposição, tendem a virar à direita e fazer o percurso neste sentido (excepto os visitantes Britânicos, que seguem pela esquerda, conforme seu hábito), observam com mais atenção as obras expostas no início da exposição do que no final, raramente se dirigem para uma zona central isolada do percurso, saem da exposição à primeira oportunidade, prestam mais atenção a objectos isolados e também a peças que sejam visíveis à distância de vários pontos do percurso, são mais atraídos por objectos curiosos, misteriosos, perigosos ou valiosos e também por objectos grandes, brilhantes ou de cores vivas.

A iluminação tem uma importância fulcral na valorização e revelação de pormenores significativos de cada obra, destacando os centros psicovisuais ou certos atributos materiais, como o brilho do ouro em ourivesaria, a opalescência das pedras em joalheria ou a translucidez do vidro, entre outros.

Os dois atributos mais importantes na identificação de um objecto são a forma e o contraste.

O sistema de iluminação deve garantir a melhor quantidade e qualidade de luz a cada peça, em função da sua forma, textura ou cor. No entanto, deve ser dada especial atenção à temperatura de cor da luz incidente em objectos policromos (em especial na pintura) e ao

contraste de luz e sombra que define e valoriza a forma e a textura em objectos tridimensionais (em especial na escultura).

No caso de objectos policromos tridimensionais, deve ser dado ênfase às características que revelam a sua singularidade.

Para além da iluminação mais apropriada para uma boa reprodução de cores, é fundamental escolher bem a direcção e o ângulo de incidência da luz que permitam uma visão global e de pormenor da peça. Assim, deverá haver sempre uma iluminação geral da peça e uma iluminação de destaque.

Muitas vezes, a própria pintura, pela sua composição cromática, sugere uma determinada iluminação, que se harmonize com a iluminação pictórica.

Além deste dois tipos de luz, existe a luz de atenuação e a contraluz, que poderão servir para realçar a peça. A luz de atenuação poderá servir para diminuir as sombras causadas pela luz de destaque, principalmente, em peças tridimensionais.

Na pintura, deve tomar-se atenção para que toda a superfície da obra tenha uma iluminação uniforme mesmo que necessite de iluminação de destaque. No entanto, verifica-se que, muitas vezes, a zona mais próxima da fonte de luz recebe mais luz, o que dificulta a leitura completa da obra.

Também deverá ser garantido que o sistema de iluminação não causará, pela direcção e ângulo de incidência da luz, o aparecimento da sombra do próprio visitante na obra.

O direcção e ângulo de incidência da luz também determinam a aparência da superfície da obra, principalmente, em objectos tridimensionais. Se incidir lateralmente, realça a textura e os relevos da peça. Mas estes também podem ser vistos de diferentes modos, conforme o visitante se desloca à volta da obra.

Quando a luz incide de frente, minimiza a textura e achata a forma. Se a obra é iluminada por trás, a contra-luz, a forma é realçada e destacada do fundo. Nos casos dos objectos transparentes ou translúcidos, a iluminação a contraluz realça o material de que são compostos.

A iluminação das esculturas também pode transmitir diferentes emoções ou revelar detalhes.

A direcção da luz permite controlar e orientar a sombra dos objectos e transformá-la em parte da obra de arte, como neste exemplo, onde, com vários focos de direcção bem definida se projectou a sombra do cavaleiro na parede, multiplicando-o e criando um exército em movimento.



Figura 7 Escultura em exposição na National Gallery of Art (Washington, DC) [11]

Um dos principais problemas da iluminação de vitrinas, exterior ou interior, é a incorrecta direcção da luz, que causa brilho, encadeamento, reflexos e/ou sombras indesejáveis.

Uma situação comum de sombras indesejadas em vitrinas ocorre quando a luz, de fonte exterior à vitrina, incide na junta de união dos respectivos vidros, projectando-a no objecto.

O projectista deve ter em atenção quatro processos fisiológicos visuais: a adaptação visual, a visão tricromática, a acuidade e a acomodação.

A adaptação visual é o processo de adaptação fotoquímica às alterações de luminosidade, durante o qual a visão é comprometida. A adaptação de altos níveis de luminosidade para baixos níveis pode demorar cerca de 7 minutos. Pelo contrário, a adaptação de baixos para altos níveis de luz pode demorar quase 1 hora.

Embora o contraste de luminosidade seja essencial para melhor se perceber os limites dos objectos, o projectista deve encontrar um equilíbrio de forma que a variação de intensidade de luz seja progressiva. Se houver muitas variações bruscas de luz ao longo do percurso pode o visitante sentir cansaço visual.

Também em relação à temperatura de cor, há adaptação visual, especialmente em objectos policromos. A percepção emocional do espaço pode mudar conforme a luz incidente seja “quente” ou “fria”.

No caso de representações pictóricas, a aparência cromática de luz deve aproximar-se do tom de luz representado na obra.

Os valores ideais de temperatura de cor devem oscilar entre os 2700 K e os 3600 K, com níveis de iluminância de 50 a 200 lux, conforme o recomendado para a conservação dos objectos. No entanto, segundo Pierre Lemaigre–Vorraox, para uma boa visibilidade cromática de objectos de tons claros, é aconselhável pelo menos 500 lux e de tons escuros até 2000 lux [12]. Como estes valores são muito mais altos do que os referidos acima, tem-se pesquisado novos métodos de iluminação que os tornem compatíveis.

A acuidade constitui uma capacidade do sistema visual de detectar o detalhe dos objectos, dependendo dos níveis de iluminação, do contraste e do tempo de observação. A acuidade visual aumenta conforme aumenta o nível de iluminância.

As variações de intensidade luminosa causam efeitos que dificultam a percepção visual, nomeadamente a sensação de brilho, o encadeamento e os reflexos.

O brilho constitui uma sensação visual de intensa luminosidade que, embora contribua para o reconhecimento de certos materiais (como o metal ou o vidro), pode reduzir a respectiva visibilidade. Assim, o brilho deve estar presente como meio de identificação, mas controladamente para não impedir a percepção da cor ou dos detalhes do objecto ou distrair o visitante. A origem do brilho pode ser a própria obra de arte ou dos equipamentos expositivos (vitrina, molduras, por exemplo).

O encadeamento é também um fenómeno perceptivo de elevada luminosidade, com algumas diferenças: pode abranger áreas superiores com menos luminosidade (em relação ao brilho) e não constitui um indicador do material do objecto. Pode ser causado por iluminação natural ou artificial, directa ou indirecta.

Os reflexos indesejados diminuem a acuidade e a percepção do contraste do objecto e o fundo e também dificultam a percepção das cores mas, em certas circunstâncias expositivas, são inevitáveis.

Estes reflexos são provocados por superfícies claras ou escuras que se reflectem nos objectos ou no respectivo equipamento expositivo, consoante a luz incidente, tiver, respectivamente, menor ou maior nível de iluminância que a iluminação ambiente.

Os reflexos também podem ter origem no interior da vitrina, se esta apresentar incorrectos níveis de iluminância ou de direcção de luz.

A temperatura de cor da luz pode alterar a percepção da cor da peça. As superfícies mais claras possuem um índice de refacção mais elevada do que as superfícies escuras. Assim os seus níveis de iluminância deverão ser diferentes para que haja um equilíbrio perceptivo entre as várias peças expostas.

Algumas correntes artísticas, como o fauvismo [13], apresentam as cores intencionalmente alteradas nas pinturas, sendo fundamental respeitar os níveis respectivos de rendimento cromático, de forma a contradizer a tendência perceptual de constância de cor.

A percepção da cor dos objectos expostos pode ser influenciada pelo fundo (parede, mobiliário, outros objectos). O fundo não terá importância se o objecto receber iluminação de realce ou de contra-luz pois, assim, será destacado do fundo.

O contraste cromático pode influenciar a atenção do visitante nas peças. Contrastes fortes produzem emoções fortes, cores suaves criam relaxamento.

Se o fundo tiver uma cor viva, é aconselhável que seja complementar à cor predominante da obra ou do conjunto de obras em exposição.

O contraste cromático entre a peça e fundo é essencial para facilitar a visualização da peça, particularmente se a obra for monocromática. Se se usar um fundo do mesmo tom, a peça “perde-se” no fundo.

Conforme referimos antes, frequentemente, sente-se a necessidade de iluminar os objectos de tons escuros com níveis de iluminância superiores aos objectos claros. No entanto, se o fundo for mais escuro que o objecto, este será percebido com uma iluminância superior.

É necessário ter em conta o processo visual de acomodação (capacidade da visão em alterar a sua distância focal) no planeamento da iluminação de uma exposição.

A acomodação visual diminui com a idade, apesar de também haver muitas pessoas novas com dificuldade de acomodação normal [14].

Paralelamente, em muitas exposições há dificuldade acrescida de acomodação devido a barras de protecção das obras que impedem o visitante de se aproximar, agravando-se se houver baixos níveis de iluminância. Isto geralmente acontece na exposição de objectos fotossensíveis (conservação preventiva), quando se opta por um percurso na penumbra ou quando há iluminação incorrecta da peça.

O projecto de iluminação exige um estudo muito apurado de modo a conseguir um equilíbrio entre a aplicação dos processos psico-visuais referidos, a valorização das obras e a respectiva iluminação.

3.2 DANO E PREVENÇÃO

As obras de arte expostas a emissões de radiação luminosa (natural ou artificial), por períodos de tempo regulares ou prolongados, podem sofrer danos irreversíveis.

Os danos por exposição à luz são cumulativos, o que significa que o dano causado será em função do somatório de tempo que a obra está exposta, independentemente se esteve um período contínuo ou com interrupções; da mesma forma, quanto maior for a intensidade da radiação tanto maior será o dano.

O dano que a peça sofre é irreversível, por isso, no fim da exposição, mesmo que a peça seja colocada num local sem iluminação, o dano não será revertido.

A radiação emitida pela fonte de luz vai variar em função do seu comprimento de onda. As fontes de luz natural e artificial estão normalmente compreendida entre três regiões: radiação ultravioleta (UV) (300-400nm), radiação visível (400-760nm) e infravermelho (IV) (acima dos 760nm).

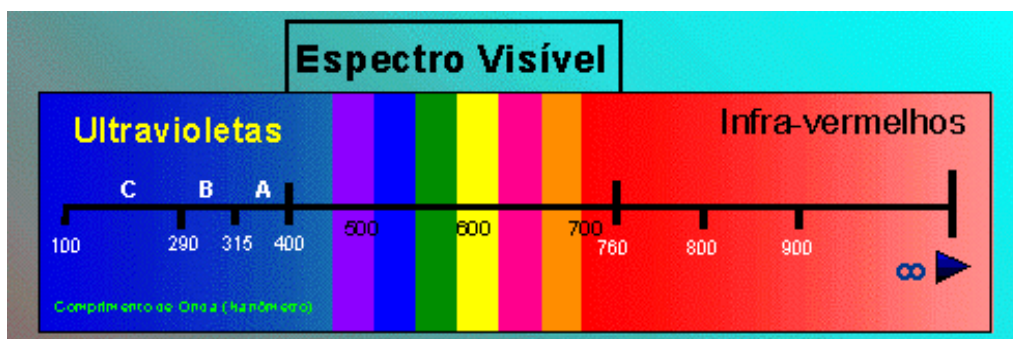


Figura 8 Espectro de radiação de luz [15]

Como regra geral, quanto menor for o comprimento de onda, maior será o dano sofrido pela obra.

As principais fontes de luz a que as obras estão sujeitas nos espaços expositivos são: a luz natural, a luz fluorescente, luz incandescente, lâmpadas de halogéneo e tungsténio e os LEDs.

A luz solar contém os três tipos de radiação e deveria, por isso, ser totalmente evitada devido ao dano que as obras irão sofrer.

A luz fluorescente contém a radiação visível e a UV. Este tipo de fonte de luz tem óptima eficiência energética, é mais económica que as incandescentes mas, como emitem radiação UV, seria recomendada a utilização de filtro UV para proteger as obras.

As lâmpadas incandescentes emitem radiação visível e UV, tal como as lâmpadas fluorescentes, mas também emitem radiação IV. Comparativamente com as lâmpadas fluorescentes têm maior perda energética (sob a forma de calor), rendimentos mais baixos, e menor tempo de vida, sendo por isso um equipamento a evitar.

As lâmpadas de halogéneo e tungsténio são idênticas às incandescentes, só que têm uma eficiência energética mais elevada, maior tempo de vida médio, e uma óptima reprodução de cor. São, por isso, recomendadas para iluminar obras de arte onde a reprodução de cor é muito importante, mas será sempre importante as obras terem filtros de protecção.

Os LEDs não emitem radiação UV e IV, tem grande eficiência luminosa e longo tempo de vida médio, mas apresentam a pior reprodução de cor entre as várias fontes de luz. Serão uma óptima escolha para iluminação geral de um espaço, mas poderão sempre precisar do suporte de outros equipamentos para iluminação específica de objectos ou áreas em especial.

Para melhor controlar e prevenir o dano de uma obra de arte, deverá ser feita a média da quantidade de luz e a radiação UV. Estas duas medidas poderão ser conseguidas com a utilização de um luxímetro e de um medidor de UV.



Figura 9 Luxímetro [16]



Figura 10 Medidor UV [17]

Em baixo, reproduz-se uma tabela com os valores recomendados pelo Ministério da Cultura para alguns materiais expostos habitualmente em museus.

Tabela 1 Níveis de iluminação recomendados consoante o tipo de material [18]

Níveis de iluminação recomendados consoante o tipo de material		
Lux (lúmen/m ²)	U.V. (MW/m ²)	Materiais
≤300	≤75	Cerâmica, vidro, metais, pedra
≤200	≤75	Pintura a óleo/têmpera, couro não pintado, laca, osso, madeira, marfim, corno, fotografia a preto e branco
≤50 *	≤30	Aquarela, guache, manuscritos, corantes, desenhos, têxteis, fotografia a cores, couro pintado, maioria dos objectos naturais

* este valor corresponde ao valor mínimo ao qual o olho humano poder ter a percepção da cor e tende a altera-se com a idade da pessoa (Heene, 2002)

Apesar dos valores apresentados, deve-se ter em atenção que uma obra que está em mau estado de conservação deve ser sujeita aos valores mínimos possíveis de radiação, uma vez que se vai degradar muito mais depressa.

Devemos ter sempre em consideração a lei da reciprocidade, (100 lux/10 horas = 10 lux por 100 horas), ou seja, se a exposição se vai prolongar no tempo, dever-se-á reduzir a radiação emitida. Situação a ter em consideração principalmente em exposições permanentes ou com grandes períodos de exposição.

A prevenção é o caminho mais correcto para minimizar os danos e aumentar a longevidade conservativa de uma obra de arte.

Idealmente, os locais expositivos devem possuir um conjunto de equipamento tal como interruptores de relógio, reóstatos e sensores de movimento (para que sempre que a exposição não esteja com visitante possa estar sem luz).

Janelas e clarabóias e outras entradas de luz natural devem ter sistemas de telas, cortinas, persianas, pano-cru ou material difusor, visto que a luz natural é a maior emissora de radiação UV e IV.

Os espaços expositivos devem ter uma manutenção regular dos equipamentos de iluminação, uma vez que o envelhecimento das lâmpadas vai aumentar a emissão de radiação UV, diminuição da intensidade luminosa e aumento das perdas por calor.

Peças que estão colocadas em vitrinas devem ter iluminação de fora das vitrinas, para permitir uma mais fácil manutenção e para que o calor produzido pelos sistemas de iluminação não atinja as obras.

Sempre que se usem sistemas de iluminação emissora de radiação UV, deverão ser colocados filtros de protecção nas obras.

Por último, deverão ser medidos e monitorizados os valores de quantidade de luz e radiação UV e guardados em base de dados, para se ter valores mensuráveis da radiação acumulada que uma obra está a receber e assim ser possível gerir melhor o tempo de exposição e a emissão de luz a usar.



Figura 11 Vidro anti-radiação UV [19]

3.3 BOAS PRÁTICAS DE UM PROJECTO LUMINOTÉCNICO DE ESPAÇOS EXPOSITIVOS

Como já foi mencionado, o projecto luminotécnico de espaços expositivos em galerias de arte e museus tem de obedecer a critérios muito particulares, e o não cumprimento poderá levar ao dano das obras de artes que irão estar expostas ou à falha na mensagem que o artista tenta passar para o público. Por esta razão, as práticas aqui apresentadas são as recomendadas na 9ª edição do "IESNA Lighting Handbook" [20].

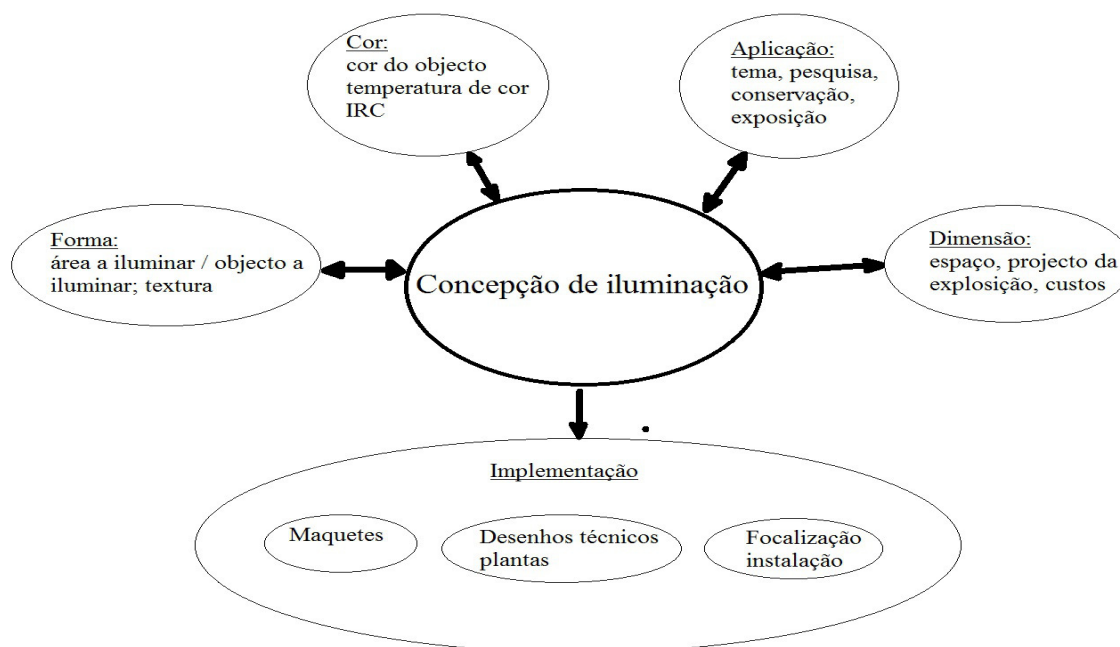


Figura 12 Modelo para concepção de projecto de iluminação [21]

O sucesso de uma boa concepção de iluminação para um museu ou galeria de arte necessita de uma boa compreensão por parte do projectista de quatro aspectos importantes: forma, cor, aplicação e dimensão.

- forma - é fundamental compreender o que pretende e como pretende o artista iluminar uma área ou objecto e que tipo de foco de luz deve ser usado, com forma quadrada, circular, cónica, etc.

- cor - a iluminação não deve alterar a cor do objecto, deve manter a sua cor original, o projectista deve conhecer o Índice de Reprodução de Cor (IRC) e usar, se possível, as luminárias com o maior IRC.

- Aplicação - o diálogo com curadores, artistas e demais pessoas envolvidas nas exposições é fundamental para se compreender o que vai ser exposto e como deve a iluminação ser montada. O projectista necessita compreender quais as zonas mais importantes, se é necessário criar com a iluminação percursos ou diferentes áreas de atracção dos visitantes.

- Dimensão - todos os objectos são tridimensionais, mesmo pinturas e trabalhos em papel, e o projectista deve garantir que tal seja percebido pelo visitante. É importante, também, que cada objecto tenha o seu próprio espaço na exposição.

Com o exemplo abaixo podemos compreender melhor a importância do dimensionamento. A mesma tapeçaria com uma iluminação no primeiro caso colocada por cima da obra com um ângulo de 0° (Wallwasher) e no segundo caso com uma inclinação de 60°



Figura 13 Tapeçaria com dois ângulos de incidência da iluminação, no caso da esquerda a incidência vertical e no caso da direita deslocou-se a luminária para uma incidência com um ângulo de 60° [22]

Uma iluminação museográfica de qualidade implica o conhecimento das quatro unidades fundamentais de quantificação de luz: o Watt(W), unidade potência; o lúmen (lm), unidade

de medida do fluxo luminoso; lux (lx), unidade de medida da iluminância; Kelvin (K), unidade de medida da temperatura de cor (tc). Além destas unidades, é essencial o conhecimento de um parâmetro inter-relacionado chamado Índice de Reprodução de Cor (IRC), ou índice de rendimento cromático.

A potência, medida em Watts, constitui uma unidade importante para a avaliação do consumo energético de uma lâmpada.

Fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida, em todas as direcções, por uma fonte luminosa.*

A iluminância é a medida do fluxo luminoso incidente por unidade de superfície, sendo medida em lux. A definição dos níveis de iluminância exige um equilíbrio entre os níveis de lux recomendados por questões de conservação preventiva e a quantidade de lux necessários a uma boa visibilidade.

O *Canadian Conservation Institute* (CCI) [23] propõe um acréscimo de iluminância de 50 lux (recomendados na iluminação de objectos muito sensíveis), para cerca de 150 lux: em pormenor de peças com pouco contraste, em objectos de tons escuros e exposições com uma grande percentagem de público idoso.

O nível de iluminância interfere na percepção cromática dos objectos, ou seja, a visão fica mais sensível à percepção dos tons verdes-amarelados do objecto se for aumentada a iluminância e dos tons azuis-esverdeados se for diminuída.

A Temperatura de Cor avalia a aparência cromática de uma fonte de luz, baseando-se na comparação de valor de temperatura absoluta de radiador preto, com a cromacidade igual à da fonte de iluminação, sendo medida em graus Kelvin (K).

Quanto mais alta for a temperatura de cor mais clara é a tonalidade da luz. Assim, a luz considerada *quente* emite no objecto uma tonalidade de branco amarelado, embora possua uma temperatura baixa e a luz *fria* emite uma tonalidade de branco azulado, detendo uma temperatura elevada.

Tabela 2 Variação da luz branca em função da temperatura [24]

Temperatura de Cor (Kelvin)	Tonalidade
Até 3.000 K	Branco alaranjado (<i>quente</i>)
De 3.000 K a 5.000 K	Branco (<i>intermédio</i>)
Superior a 5.000 K	Branco azulado (<i>frio</i>)

O ritmo circadiano regula o ciclo biológico do ser humano. O nível de intensidade luminosa, ao longo do dia, emite diferentes tonalidades de luz. Assim, ao nascer e pôr do sol a diminuição de intensidade luminosa cria uma atmosfera *quente* (3200 K). A luz no zénite solar tem um máximo de intensidade luminosa com uma sensação visual de luz *fria* (9000 K a 12000 K), com tom azulado. Durante a maior parte do dia a luz tem uma temperatura de cor de branco intermédio (5500 K a 6000 K).

A iluminação criada num espaço expositivo deve aproximar-se o mais possível do ritmo circadiano diurno, ou seja, os tons quentes correspondem a baixos níveis de iluminância e os tons frios a altos níveis. No entanto, como a maior parte dos materiais é sensível, isso raramente é possível.

Tabela 3 Níveis de iluminância com correspondentes níveis de TC [24]

Grau de sensibilidade dos objectos à luz	Níveis recomendados de iluminância (lux)	Níveis de Temperatura de Cor (Kelvin)	Tonalidade
Muito sensíveis, como a aguarela, a miniatura ou os têxteis	50 lx	2700 K	Quente
Sensíveis, como a pintura a óleo, o couro, a madeira ou o marfim	150 - 200 lx	3.000 - 4.000 K	Quente - neutro
Pouco sensíveis, como a pedra, o metal, o vidro ou a cerâmica	300 lx	4.000 K	Neutro

A *curva de Kruithof* [25], representa os valores de iluminância (E[lux]) e de Temperatura de Cor (°K) que o público considera agradáveis. A zona B contém os valores considerados visualmente confortáveis, enquanto as zonas A (mais quente) e C (mais fria) são consideradas desconfortáveis.

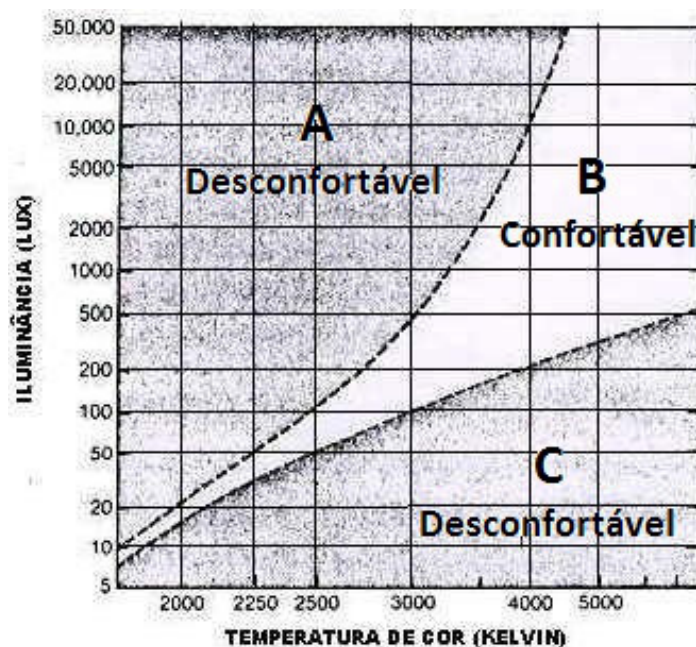


Figura 14 Curva de Kruithof [26]

Se juntarmos o quadro anterior à *curva de Kruithof*, os valores de temperatura de cor sofrem algumas alterações

Tabela 4 Grau de sensibilidade dos objectos à luz [25]

Grau de sensibilidade dos objectos à luz	Níveis recomendados de iluminância (lux)	Níveis de Temperatura de Cor (Kelvin)	Tonalidade
Muito sensíveis	50 lx	2.250 - 2.500 K	Quente
Sensíveis	150 - 200 lx	2.700 - 3.600 K	Quente - neutro
Pouco sensíveis	300 lx	2.800 - 4.500 K	Neutro

Dado que abaixo de 30 lux não conseguimos ver a cor, o nível de 50lux poderá não ser suficiente para uma boa percepção cromática, se for escolhida a tonalidade confortável (amarelada).

O Índice de Reprodução de Cor (IRC) avalia a comparação entre a cor real do objecto e a sua aparência visual, face a uma fonte de luz de referência. O índice vai de 0 a 100.

A luz natural é considerada o espectro ideal de reprodução de cores, apresentando um IRC de 100.

A luz artificial deve possuir um nível de IRC o mais próximo possível da luz natural (recomenda-se um valor superior a 90).

Actualmente, a iluminação de um espaço expositivo é feita pela conjugação da luz natural com luz artificial ou, dada a dificuldade de conseguir um equilíbrio entre as duas, só por iluminação artificial.

Os espaços expositivos podem apresentar duas formas de iluminação natural, isoladamente ou em conjunto: a zenital e a lateral.

A luz zenital entra no espaço através de clarabóias. Permite uma boa distribuição da luz no espaço e uma grande poupança energética.

A iluminação lateral varia conforme as dimensões da abertura (janelas, vão envidraçados ou frestas). Uma janela maior no sentido horizontal dá uma distribuição mais homogénea da luz do que uma janela vertical, que permite que a luz natural penetre numa maior distancia na sala.

As principais vantagens da iluminação natural directa ou indirecta, são o conforto psicovisual do visitante, a melhor percepção da cor, contraste e pormenor da peça e a redução de custos.

As principais desvantagens são a necessidade de existir um permanente e eficaz controlo das radiações de ultravioletas e de infravermelhos por questões de conservação preventiva e a variação dos níveis de iluminância e temperatura de cor.

As grandes vantagens da iluminação artificial são a possibilidade de um controlo dos níveis de iluminância, de Temperatura de Cor e do índice de reprodução de cor; a possibilidade de se diminuir ou eliminar, na própria fonte de luz, as radiações de UV e IV e a possibilidade de se poder regular a direcção e a amplitude do fluxo luminoso.

A iluminação de um espaço expositivo deve ser, se possível, uma iluminação mista que permita uma melhor percepção visual e diminua os consumos energéticos e os custos associados. Para este fim, alguns museus tem recorrido a programas de hardware e software com o DALI System da empresa ERCO, que também permitem novas estratégias de conservação preventiva.

A Comunidade Europeia estipulou, no Regulamento N° 244/2009 de 18.03.2009 [27] e na Directiva 2009/125/CE de 21.10.2009 [28], uma gradual eliminação, até 2016, das lâmpadas com elevado consumo energético, sendo substituídas, por questões ambientais, por lâmpadas economizadoras com novos parâmetros técnicos.

Actualmente , as lâmpadas mais utilizadas na iluminação museográfica são as halogéneo ou halogéneo-tungsténio (230V), as de halogéneo de baixa tensão (12V), as fluorescentes standard, as fluorescentes compactas e os LED.

As lâmpadas de iodeto metálicos e de vapor de sódio de alta pressão são utilizados em situações museográficas muito específicas, em particular em salas com sancas altas, por apresentarem três inconvenientes: não terem acendimento imediato, não serem reguláveis e apresentarem em IRC de 80, insuficiente na reprodução cromática dos objectos.

As diferentes tipologias de lâmpadas de halogéneo são utilizadas, sobretudo, na iluminação de destaque, podendo ser reguláveis através de dispositivos instalados nas respectivas luminárias.

As lâmpadas fluorescentes standard e as compactas são usadas, especialmente, na iluminação ambiente, dado que tem apenas 80 a 90 de IRC.

Os LEDs tem grande vantagens: são pequenos, não emitem radiação UV e IV, tem uma durabilidade média superior à das outras lâmpadas e consomem muito pouca energia. No entanto, tem duas importantes desvantagens: com o passar do tempo pode deteriorar-se a reprodução de cor; para além disso, são mais caros que os outros equipamentos de iluminação.

Devido a perda da capacidade de reprodução de cor, os LEDs têm sido utilizados sobretudo em exposições temporárias.

Apesar destas desvantagens, alguns museus europeus tem vindo a instalar sistemas de LEDs, como a National Portrait Gallery [29], Londres, cujo sistema permitiu excelentes condições de conservação e também uma poupança de 68% dos custos de energia eléctrica.

Os quatro problemas típicos da iluminação

A maior parte dos sistemas de iluminação de museus enquadra-se numa das quatro situações-tipo: iluminação de objectos planos em superfícies verticais, vitrinas, objectos tridimensionais e ambientes realistas.

1) objectos planos em superfícies verticais: é um problema comum iluminar áreas verticais, com um bom nível de uniformidade. Iluminar pinturas, desenhos, fotografias, esculturas penduradas na parede, obras gráficas torna-se difícil quando estas tem grandes dimensões ou estão dentro de molduras com vidro ou caixa acrílica.

Por vezes, a iluminação em vez de ajudar a mostrar a obra, torna-se um obstáculo ao visionamento da obra, uma vez que cria reflexos e sombras.

A iluminação deve ter uma intensidade uniforme em toda a obra e o foco de luz deve estar colocado de forma a criar um ângulo de 30° com a vertical e assim eliminar a maior parte das sombras e ao mesmo tempo permitir que o visitante se aproxime da obra, sem ele próprio causar sombra no objecto.

Na iluminação de superfície verticais, podemos ter duas sub-situações:

a) quando a área a iluminar é muito ampla, pode recorrer-se ao “wallwasher”, iluminação que irá fazer um varrimento de toda a área (poderemos usar sistemas de LEDs ou lâmpadas fluorescentes em iluminação indirecta). É importante que os equipamentos possam garantir uma boa uniformidade e uma boa reprodução de cor.

b) quando temos áreas pequenas a iluminar ou pretendemos salientar um objecto ou parte dele. Nestes casos, poderemos usar focos de pequeno ou médio tamanho, que centrem a iluminação na área pretendida. Em alguns casos, os focos irão criar uma moldura virtual na área que pretendemos iluminar.

De salientar que nestes dois casos será necessário uma iluminação complementar para funcionar como iluminação geral.

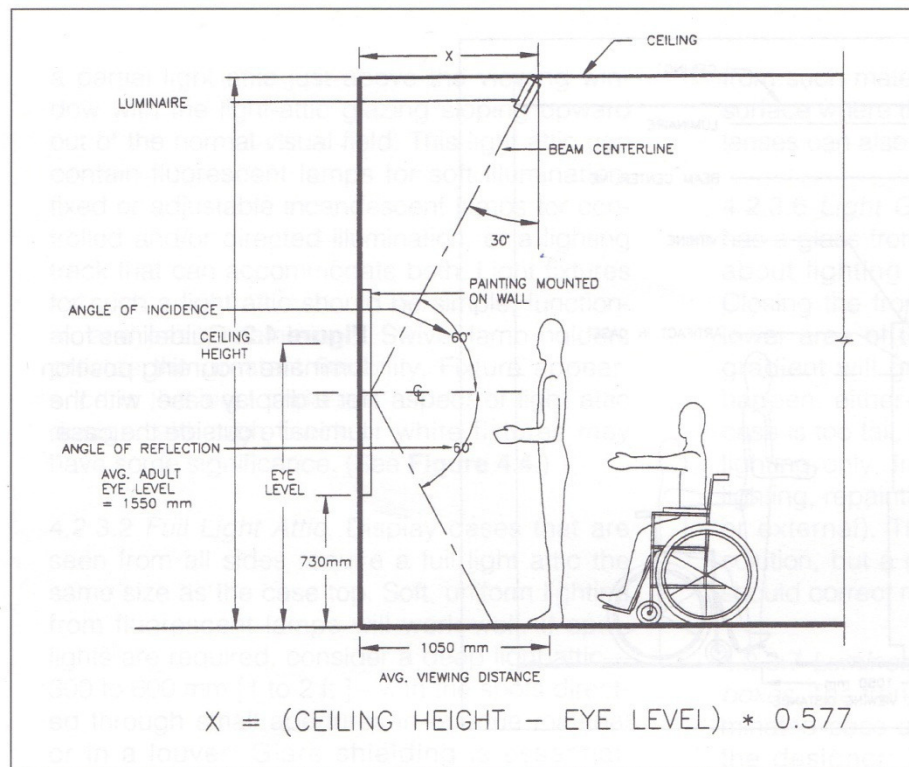


Figura 15 Guia de referência para colocação de luminárias para objectos planos em superfícies verticais [30]

2) Vitrinas são normalmente caixas de vidro ou acrílico, que tem como objectivo proteger as obras, de pequenas dimensões ou muito frágeis, dos possíveis danos causados pelos visitantes.

A iluminação poderá ser feita interna ou externamente, por lâmpadas incandescentes de baixa voltagem, LEDs, lâmpadas fluorescentes ou de descarga de alta intensidade; a colocação do sistema de iluminação poderá ser em qualquer local, excepto atrás do local onde estará o visitante.

Minimizar os reflexos

Os reflexos são mais problemáticos nos expositores com interiores escuros. Neste caso pode ser necessário colocá-los contra uma parede preta e minimizar a luz que se dirige para fora, para que a imagem do visitante não fique reflectida. Outras soluções possíveis são:

- utilização de vidro inclinado para o visitante, este ângulo direcciona os principais reflexos para o chão (que deverá ser escuro);

- utilizar vidro com curvatura especial que reflecte numa superfície escura;
- Substituir o vidro por outro tipo de vedação (como fios, sensores de movimento, e outros tipos de barreiras)
- Criar um rácio alto de luz entre o exterior e o interior (10:1)

Iluminação Externa

Quando os expositores estão iluminados por uma fonte externa, as luminárias deverão estar acima da parte da frente do expositor e dirigidas directamente para baixo, caso contrário irá haver sombras das beiras ou do cantos do expositor. Utilização de filtros, como é o caso dos acrílicos leitosos, na parte de cima do expositor, irá diminuir as sombras duras e produzir um efeito de auto-iluminação.

Iluminação Interior

Frequentemente os expositores tem caixas de luz por cima. Estas posições de luminárias tem duas principais vantagens: a fonte de luz fica escondida e pode ser feita à medida para o expositor e para o objecto. As desvantagens são maior quantidade de radiação de UV e calor sobre a obra exposta, e manutenção de mais difícil acesso.

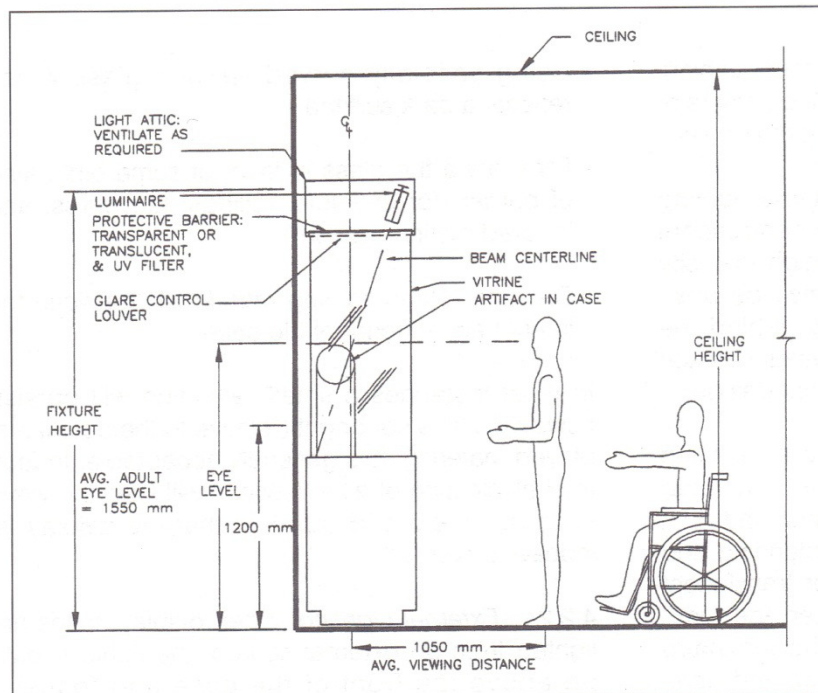
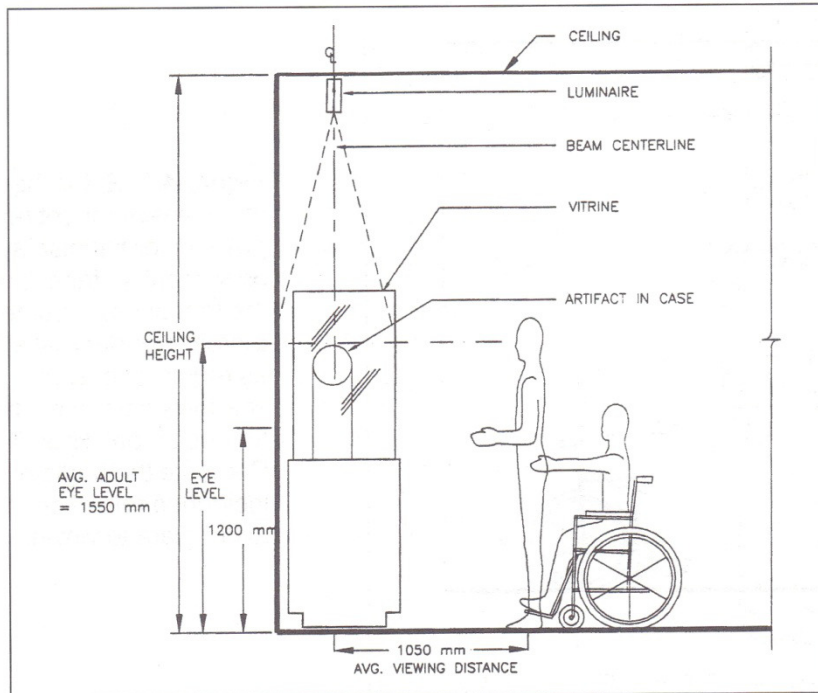


Figura 16 Guia de referência para colocação de luminárias em vitrinas. No primeiro caso a luminária está exterior à vitrina e no segundo caso a luminária está interior à vitrina [31]

Objectos Tridimensionais

Independentemente do tamanho, um objecto tridimensional deve ter alguma variação de iluminação de direcções diferentes, para fornecer realces e sombras que revelem a plasticidade do objecto. Luz vinda de várias direcções irá modelar a escultura, expressar profundidade ao realçar algumas áreas, deixando outras na sombra.

Realces e sombras

Os realces dão uma boa pista em relação às superfícies, mas deve-se ter cuidado para que não se tornem deslumbrantes ou hipnoticamente repetitivos. A sombra é um bom indicador das superfícies e das texturas, desde que não seja tão forte que esconda pormenores importantes.

Minimizar os brilhos

quando o objecto está ao nível dos olhos deve ser iluminados por todos os lados num ângulo de 30° em relação ao seu eixo vertical.

Para objectos pequenos e relativamente baixos, as luminárias devem ter um ângulo agudo.

Quando um objecto é alto, há sempre alguma luz que causa brilho para o observador. São possíveis soluções:

- dirigir as luminárias agudamente para baixo e diminuir as sombras com um pedestal reflector;
- manter os focos de luz completamente dentro do expositor;
- iluminar os objectos por baixo, desde que o aspecto não seja distorcido;
- usar luz ambiente no expositor de maneira que os objectos possam ser facilmente vistos e usar um foco direccionado para as partes importantes;
- iluminar o fundo por trás do objecto;

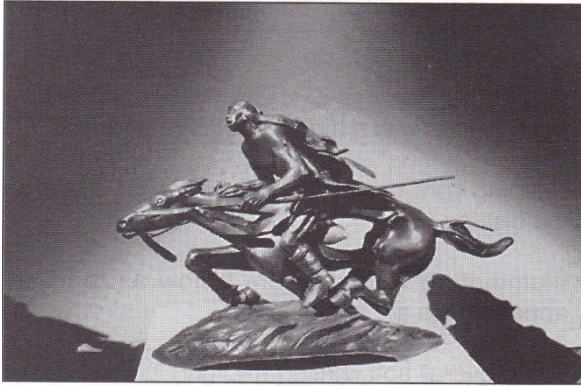


Figura 17 iluminação tridimensional usando luz de destaque, ambiente e luz por trás [32]



Figura 18 iluminação tridimensional usando só luz de destaque [33]



Figura 19 iluminação tridimensional usando só luz ambiente [34]

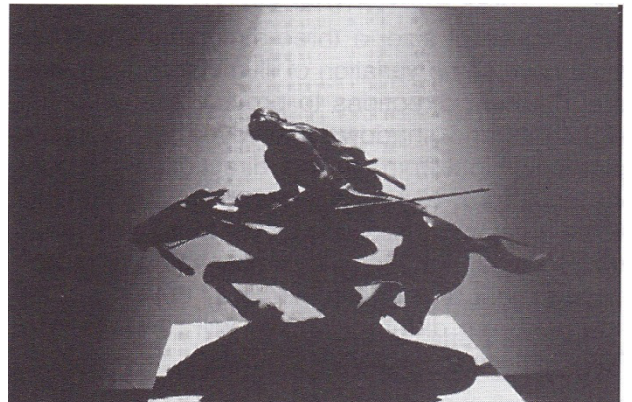


Figura 20 iluminação tridimensional usando só contra-luz [35]

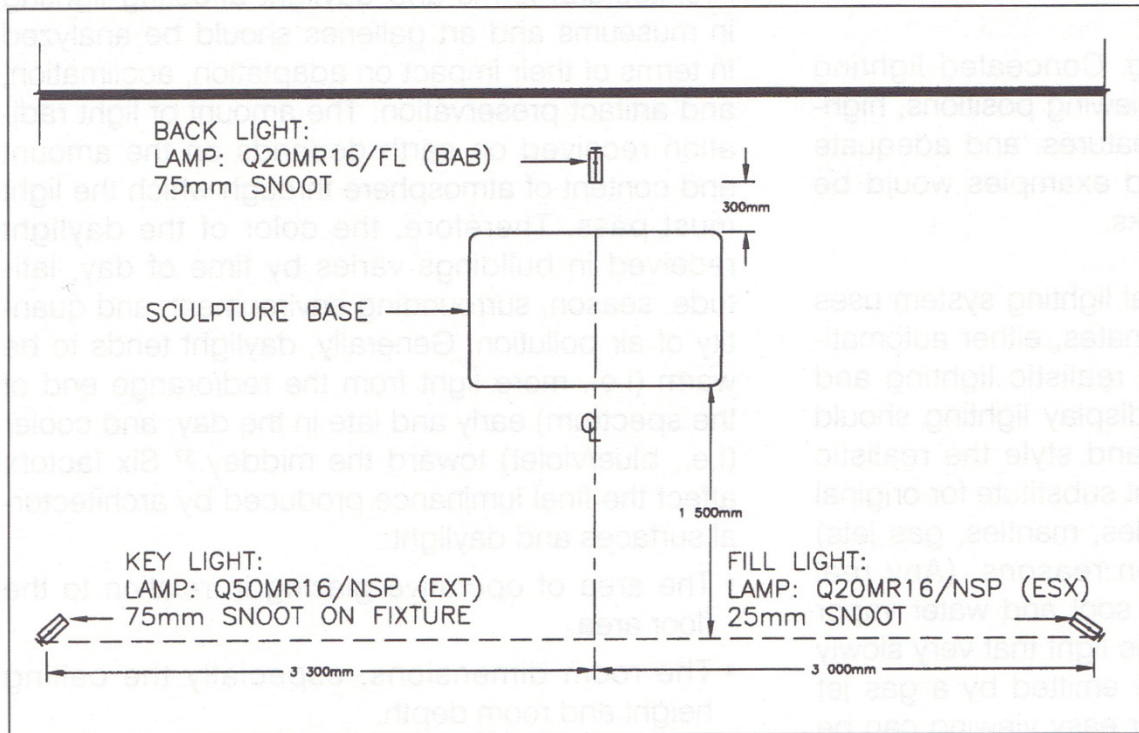


Figura 21 Vista em planta de iluminação para objectos tridimensionais [36]

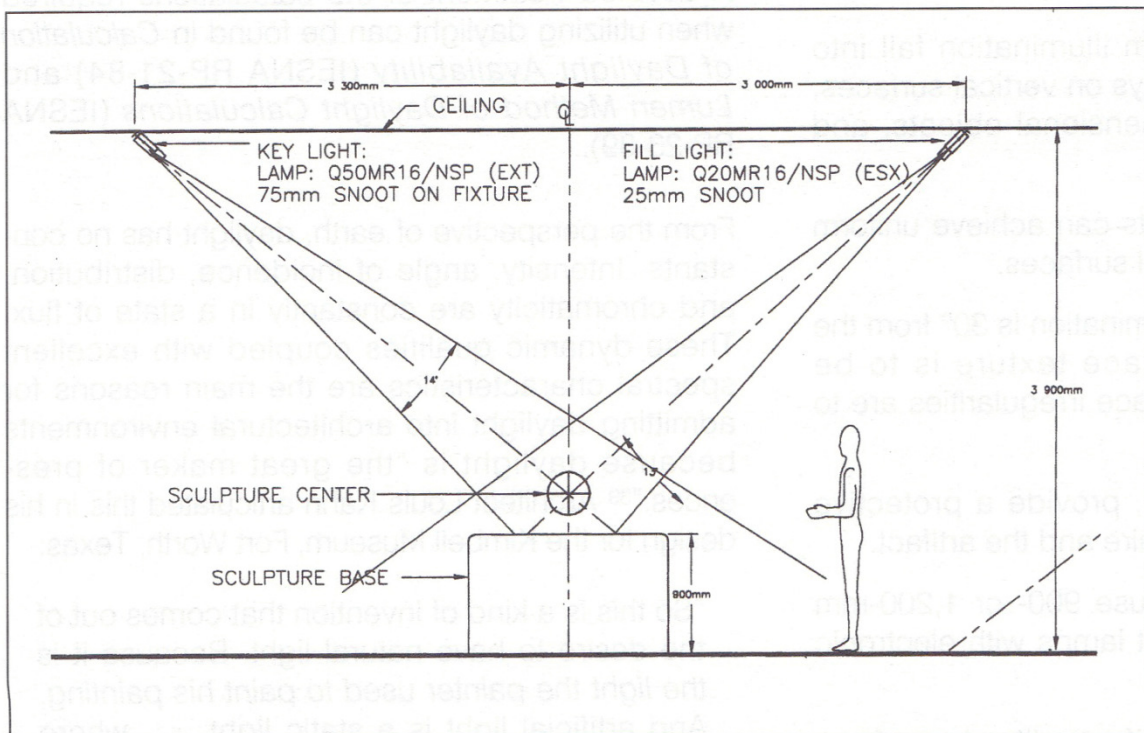


Figura 22 Vista frontal de iluminação para objectos tridimensionais [37]

Ambientes Realistas

Os museus, por vezes, pretendem ter ambientes onde o espaço transforma-se ele próprio numa mensagem (espaços históricos, salas temáticas). Nem sempre é possível essa produzir o ambiente desejado do ponto de vista de iluminação (por exemplo simular ambientes muito escuros, ou com fraca iluminação, que poderá colocar em perigo a segurança do visitante) e pode ser necessária uma solução de compromisso.

Controlo de Iluminação

O controlo de iluminação em galerias de arte e museus tem sido limitado a dimmer, para controlo de intensidade luminosa e ajuste da cor. Hoje em dia existem outras possibilidades com grande utilização nestes espaços. Podemos limitar ou mesmo remover a radiação ultravioleta, criar escudos de protecção para objectos sensíveis à luz solar, limitar o tempo que os objectos estão expostos à luz, seleccionar as fontes de luz e os programas do sistema de iluminação.

São seis os principais tipos de controlo: interruptores manuais, dimmer de controlo manual, sistemas de controlo de dimmer, sistemas de controlo programável e horário, sensores de movimento e filtros.

Interruptores manuais - equipamento de controlo manual que poderão ser usados quando chega ou sai um visitante de uma sala de exposições.

Dimmer de controlo manual - equipamento normalmente usados para controlo da intensidade luminosa. São materiais utilizados para controlar a iluminação de uma sala de exposições, ou determinados objectos, como vitrinas ou obras de muita sensibilidade. Os dimmers têm a possibilidade de funcionar como comutador de escada, e dessa forma é possível instalar vários, em vários pontos da área de exposição.

Sistema de controlo de dimmer - são sistemas que permitem programar um sistema de iluminação; permitindo que, quando os visitantes entram ou saem do espaço expositivo, o sistema ligue progressivamente ou desligue. Estes sistemas permitem uma grande possibilidade de alternativas de tipos de controlo de equipamento, através da utilização de um sistema de multicanal.

Sistema de controlo programado e horário - são sistemas que permitem a variação da iluminação ao longo da exposição, permitindo assim através de um relógio ligar e desligar a iluminação, ou variar a iluminação de forma a canalizar o tráfego de visitantes num determinado sentido, permitindo assim que os visitantes observem as obras em função das definições de que quem programou a exposição.

Sensores de movimento - equipamento que, em função da aproximação ou afastamento do visitante, irá actuar no sistema de iluminação, fazendo ligar e desligar o sistema de iluminação ou activar um dimmer que irá actuar no sistema de iluminação.

Filtros - os filtros podem controlar a luz solar e a luz eléctrica, o sistema de filtros deverá ser ligado aos vidros, acrílicos ou plásticos que estão colocado nas janelas das sala ou vitrinas e irão filtrar a radiação UV, através de filmes lá colocados.

Estes sistemas são muito importantes, não apenas porque poderão interferir com o visitante e a forma como se desenrola a visita ao espaço, mas também do ponto de vista de conservação das obras, vida útil dos equipamentos e gastos financeiros.

Estes sistemas permitem reduzir o tempo de exposição das obras de arte à radiação UV e IV, atrasando assim a degradação dos materiais. Da mesma forma, irão reduzir as horas de utilização dos equipamentos ao período de tempo em que há visitantes; assim, o sistema de iluminação irá ter uma maior longevidade, reflectindo-se assim na menor necessidade de manutenção do material instalado e na diminuição dos custos de utilização da instalação.

3.4 ESPAÇOS EXPOSITIVOS DE ARTE

Os espaços expositivos de arte são instalações destinadas a exibição de arte, normalmente artes plásticas visuais. Pintura é o objecto artístico mais comum, no entanto, esculturas, artes decorativas, móveis, têxteis, roupas, desenhos, pasteis, aguarelas, colagens, impressões, livros de artista, fotografia, instalações também podem ser vistos nestes locais. Assim como performances, concertos de música ou leitura de poesia.

A situação ideal de espaço expositivo é o *white cube*¹ que, tal como o nome indica, seria um cubo branco, com uniformidade de intensidade luminosa de 1, com temperatura de cor igual à solar. Seria uma situação onde o espaço não teria qualquer acção sobre a obra ou obras nele expostas, haveria total ausência de sombras na peça ou à volta dela.

Não são muito comuns os espaços projectados como *white cube* porque, por um lado, os espaços expositivos são, habitualmente, adaptações de áreas já existentes, onde há limitações arquitectónicas e/ou financeiras; por outro lados, os sistemas de luz utilizados não permitem ter condições de uniformidade perto de 1 senão, iria haver excesso de radiação luminosa e consequente dano da obra exposta.

A tipologia de espaços expositivos divide-se em museus, galerias de arte comercial, centros culturais e colecções privadas. Destes, museus e galerias de arte comerciais representam a maioria dos espaços existentes.

A definição de museu já foi referido atrás no capítulo 2 - Breve História de Museologia. De acrescentar que, normalmente, apresentam obras de arte pertencentes ao próprio museu ou cedidas temporariamente ao museu. Estes poderão ter mostras temporárias ou permanentes.

As galerias de arte comerciais são espaços privados, com fins lucrativos e, por isso, as suas exposições são temporárias e as obras expostas, geralmente, estão disponíveis para venda. Em Portugal, este tipo de espaços é comumente conhecido apenas por galeria de arte; noutros países, como os Estados Unidos, poderemos ver referido o termo galeria pública

white cube – sala de exposições de paredes brancas, termo criado e teorizado por Brian O'Doherty (critico de arte Irlandês que nasceu em 1928)

para museus e galeria privada para galerias comerciais.

As exposições apresentadas nos museus poderão ser permanentes ou temporárias. Uma sala de exposições com obras expostas permanentemente implica cuidados especiais, nomeadamente, um sistema de iluminação adequado ao tipo de espaço e obra exposta e, se necessários, com filtros para proteger de radiações indesejáveis. Já no que diz respeito a exposições temporárias, as características das salas e o equipamento a usar terão mais versatilidade.

As galerias de arte aproximam-se mais dos museus neste último ponto mas, normalmente, as verbas financeiras para as exposições nas galerias são mais limitadas que nos museus. Por essa razão, a versatilidade do espaço e, em especial, nos sistemas de iluminação é muito maior.

As construções onde estão implantados os espaços expositivos podem-se dividir em dois tipos: instalações construídas de raiz para exposições ou instalações já existentes. As instalações construídas de raiz são, na sua maioria, para museus, e nesta situação podem ser projectadas com as melhores características para as actividades que vão desempenhar; apesar disso, verifica-se muitas vezes um conflito em que a imponência do espaço acaba por colidir com o fim pretendido.

A adaptação para espaço expositivo de instalações já existentes ocorre principalmente em lojas ou espaços comerciais amplos, como o que sucede com a maioria das galerias, e em palácios ou igrejas antigas que passam a acolher museus. No primeiro caso são, geralmente, espaços com limitadas possibilidades de adaptação, com tectos baixos, dificuldade em colocar novos sistemas de iluminação (ausência de tectos falsos para poder passar ou instalar os materiais). No caso da adaptação de edifícios antigos, muitos deles estão classificados como património protegido, o que restringe as possibilidades de modificações. Possuem, também, tectos muito altos e janelas amplas, o que também cria algum problemas do ponto de vista da iluminação e conservação preventiva.

3.5 EXEMPLOS DE ILUMINAÇÃO EM MUSEUS E GALERIAS DE ARTE

Em todo mundo existem milhares de galerias e museus de arte contemporânea; só em Nova York, estão registadas mais de 7000 galerias de arte e dezenas de museus. Qualitativamente encontramos variados sistemas de iluminação, uns mais próximos das recomendações das melhores práticas, outros não dando tanto valor ao sistema de iluminação.

Foram seleccionados alguns caso de espaços expositivos com alguma relevância e que tiveram algum cuidado com a escolha da iluminação

Galeria Pedro Cera

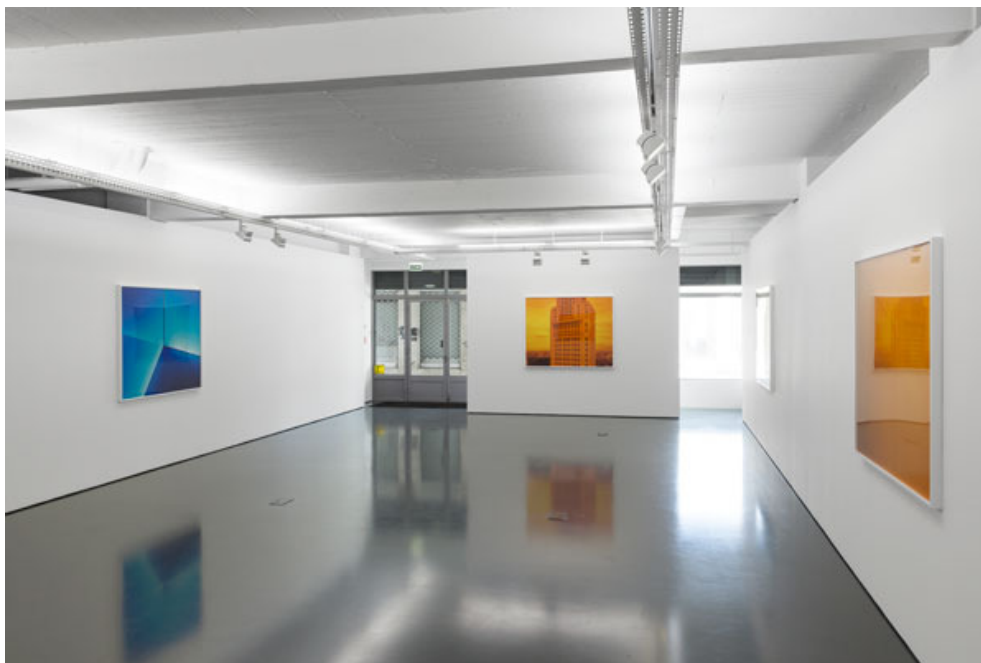


Figura 23 Vista de exposição na galeria Pedro Cera em Lisboa [38]

Este espaço usa um sistema de iluminação composto por duas partes. A iluminação geral do espaço e a iluminação específica das obras em exposição.

A iluminação geral é feita através de lâmpadas fluorescentes direccionadas para o tecto, ficando difusa e uniforme e a iluminação das obras é feita através de focos de halogéneo.

De salientar que se verifica bastante reflexo no vidro das molduras das obras e que por isso seria necessário corrigir o ângulo de inclinação da luminária. De notar muito reflexo no

chão, o que pode provocar alguma interferência com as obras, neste caso a melhor solução seria a substituição da cor do chão por uma tinta mate.

A reprodução de cor é boa, mas existe radiação UV e IV, uma vez que os projectores de halogéneo não tem filtros de protecção.

Galeria Cristina Guerra



Figura 24 Vista de exposição na galeria Cristina Guerra em Lisboa [39]

Este espaço usa um sistema de iluminação composto por duas partes: a iluminação geral do espaço e a iluminação específica das obras em exposição.

A iluminação geral é feita através de lâmpadas fluorescentes direccionadas para o tecto, ficando difusa e uniforme, a iluminação das obras é feita através de focos de halogéneo.

A reprodução de cor é boa, mas existe radiação UV e IV, uma vez que os projectores de halogéneo não tem filtros de protecção.

Museu de arte Contemporânea Chiado – Lisboa



Figura 25 Vista de exposição do artista Pires Viera - Museu de arte Contemporânea Chiado - Lisboa [40]

A exposição é iluminada com focos de halogéneo, colocado em calha no tecto e ainda lâmpadas fluorescente compactas embutidas no tecto.

A utilização dos focos de halogéneo provoca uma boa reprodução cromática das obras, mas devido à forma como estão montadas, tem uma má uniformidade de intensidade luminosa, que se pode verificar nas manchas que aparecem por cima das obras.

Não existe qualquer tipo de filtro aplicado aos focos ou às obras, o que significa que as obras expostas estão sujeitas a muita radiação UV e IV, a equipa técnica do Museu Chiado tem por hábito fazer as medições de radiação nas obras expostas. As lâmpadas fluorescentes que tem o papel de luz ambiente não parecem ser suficientes uma vez que também usam focos de halogéneo direccionados para o tecto para criar uma luz difusa na sala. Economicamente este tipo de sistemas é dispendioso uma vez que tem um grande consumo energético.

Centro Pompidou - Paris



Figura 26 Exposição *Le Corbusier* - Centro Pompidou – Paris [41]

O Centro Pompidou é um dos maiores centros expositivos do mundo da arte contemporânea, sendo a própria construção um motivo de atracção.

A sua arquitectura é muito industrial, com paredes altas e tectos abertos com as tubagens de ar condicionado e cablagem eléctrica a descoberto. Estas características implicam a utilização de paredes falsas com pé direito inferior ao real das salas. A iluminação é à base de focos de halogéneo direccionadas para as obras.

No caso desta exposição em que se tenta fazer um jogo com as dimensões, os focos de halogéneo iluminam os objectos tridimensionais, recaindo as sombras destes nas peças colocadas na parede. Este jogo cria alguma confusão entre as dimensões dos objectos da parede.

É uma exposição bastante complexa do ponto de vista cénico e com um grande investimento na construção de suporte às obras.

Tate Modern em Londres



Figura 27 Exposição Andrew Grasses - *New Hang* - Tate Modern em Londres [43]



Figura 28 Exposição colectiva - Tate Modern em Londres [42]

As duas imagens anteriores são de duas exposições na Tate Modern em Londres, por muitos considerado o melhor museu de arte contemporânea do mundo.

Este museu usa uma iluminação mista entre um sistema de lâmpadas fluorescente, com acrílico leitoso a tapar para criar uma iluminação difusa, e focos de halogéneo para dar mais ênfase a determinados objectos.

É dado uma grande importância à componente estética das montagens.

Existe um grande cuidado com a prevenção das obras, sendo controladas as emissões de radiação luminosa sobre as obras. Nas mais sensíveis usam também caixas de acrílico e filtros.

Museu Kunsthalle - Hamburgo



Figura 29 Exposição *Tremlett* - Kunsthalle em Hamburgo [43]

Este museu tem uma grande preocupação com o sentido estético das exposições, não esquecendo por isso alguns dos cuidados das boas práticas a ter com as obras.

O principal sistema de iluminação usado consiste em lâmpadas fluorescentes embutidas no tecto e tapadas com placas de acrílico leitoso, causando assim uma agradável iluminação ambiente; a uniformidade da intensidade luminosa em geral é boa (junto aos tectos há alguma sombra).

Existem calhas ao longo do tecto para a colocação de focos de halogéneo quando necessário.

Como se vê, é dada uma grande importância à componente estética das montagens.

Museu Rainha Sofia – Madrid



Figura 30 Exposição permanente (Sala Guernica) - Museu Rainha Sofia em Madrid [44]

O museu Rainha Sofia é maior museu de arte contemporânea de Espanha. Na vista acima uma das suas obras mais emblemáticas, *Guernica* de Pablo Picasso.

A iluminação das salas do museu é feita com um sistema de lâmpadas fluorescentes dirigidas para o tecto para criar a iluminação ambiente dos espaços e focos de halogéneo para iluminação directa das obras.

Há uma grande preocupação neste museu em fazer a prevenção das obras, através de medições rigorosas dos valores de radiação a que as peças estão expostas.



Figura 31 Tratamento preventivo da obra *Guernica* - Museu Rainha Sofia [44]

O departamento de conservação do museu Rainha Sofia utiliza um robot para detectar e prevenir dano nas obras de artes.

Este braço mecânico permite a máquina fotográfica aproximar-se da tela. O sistema varre toda a superfície da tela, fazendo fotografias, com diferentes tipos de luz - primeiro visível, depois ultravioleta, seguindo-se os infravermelhos, para, com a reflectografia, aceder ao desenho subjacente. A precisão é de 25 micrómetros, o que equivale a uma resolução de 0,025mm. Desta forma é possível detectar qualquer anomalia ou risco de dano na obra.

4. LEVANTAMENTO DE INSTALAÇÕES DE ILUMINAÇÃO – ACOMPANHAMENTO E ANÁLISE DE DIFERENTES SITUAÇÕES

4.1 MUSEU DE SERRALVES

O Museu de Serralves é o principal museu português de arte contemporânea. Abriu as suas portas pela primeira vez em 1991 e é hoje um local de referência a nível nacional e mundial. A importância deste espaço não se deve apenas às suas exposições, mas também pelos seus jardins e construções arquitectónicas. É composto por quatro áreas distintas, mas completamente integradas umas nas outras: Casa, jardins, quinta e o actual Museu, (de 1991 a 1999, o museu funcionava na casa).

Transcrevo a seguir a informação histórica fornecido pelo próprio museu para, assim, se compreender melhor a importância do próprio espaço para a cidade do Porto e para o país do ponto de vista da arquitectura e da arte:

Concebida originalmente como uma residência privada, a Casa de Serralves e o Parque envolvente resultaram de um projeto encomendado pelo segundo Conde de Vizela, Carlos Alberto Cabral (1895–1968) para os terrenos do que fora a quinta de veraneio da família nas imediações do Porto. Projetada e construída entre 1925 e 1944, a Casa é considerado o mais notável exemplo de um edifício art déco em Portugal, tendo sido classificada como Imóvel de Interesse Público em 1996. Em 2012 o conjunto do património edificado e natural da Fundação de Serralves recebeu o estatuto de Monumento Nacional.

A autoria da Casa poderá ser atribuída, com algum cuidado, ao arquiteto francês Charles Siclis (1889–1944), cujo contributo se revelou decisivo na conceção global do projeto, e a José Marques da Silva (autor dos projetos para a Estação de São Bento e o Teatro Nacional de São João, ambos no Porto) que o desenvolveu, alterou e executou. Carlos Alberto Cabral, Jacques Émile Ruhlmann (1879–1933) e mais tarde Alfred Porteneuve (1896–1949), seu sobrinho e arquiteto de profissão, intervieram também no projeto.

Para o interior da Casa de Serralves, contribuíram alguns dos mais importantes nomes europeus da área do desenho de mobiliário: Ruhlmann, René Lalique (1880–1945), Edgar Brandt (1880–1960), Ivan da Silva Bruhns (1881–1980), Jules Leleu (1883–1961), Jean Perzel (1892–1986) e Raymond Subes (1893–1970).

Carlos Alberto e a sua mulher Blanche Daubin instalar-se-iam na Casa em 1944, habitando-a contudo durante poucos anos. Em 1957, a propriedade foi vendida a Delfim Ferreira (1888–1960), Conde de Riba d’Ave, sob condição de que a propriedade não fosse objeto de qualquer transformação. O compromisso foi inteiramente respeitado. Grande parte da mobília foi vendida em leilões, encontrando-se hoje dispersa.

Carlos Alberto e a sua mulher Blanche Daubin instalar-se-iam na Casa em 1944, habitando-a contudo durante poucos anos. Em 1957, a propriedade foi vendida a Delfim Ferreira (1888–1960), Conde de Riba d’Ave, sob condição de que a propriedade não fosse objeto de qualquer transformação. O compromisso foi inteiramente respeitado. Grande parte da mobília foi vendida em leilões, encontrando-se hoje dispersa. Em 1987, o Estado Português adquire a propriedade aos herdeiros de Delfim Ferreira com a intenção de aí instalar um museu de arte moderna. A Casa foi aberta ao público nesse mesmo ano, como local de exposições de arte moderna e contemporânea até à abertura, em 1999, do novo Museu de Arte Contemporânea de Serralves, desenhado pelo arquiteto Álvaro Siza Vieira. Em 2004, Siza supervisionou o restauro da Casa e dos seus interiores. Proporcionando espaços para exposições e projetos de artistas integrados no programa do Museu de Arte Contemporânea, a Casa de Serralves constitui, pela sua arquitetura e design, um museu por direito próprio [45].

O edifício do Museu, como se menciona no texto atrás, é da autoria do arquitecto Siza Vieira e foi projectado com o intuito de estabelecer um diálogo entre o urbano e a paisagem natural dos jardins que o envolve, passando a própria arquitectura a ser uma obra artística por si só.

Possui uma área expositiva de 4.484 mil metros quadrados, dividida em 14 salas de exposição ao longo de 3 pisos, um pé direito a variar entre os 2,88m e 9,50m (média de 6,20m) e possui grandes janelas que criam o diálogo com o espaço envolvente.

Apesar das salas terem grande versatilidade e capacidade de adaptação para os vários tipos de exposições, as obras correm muitas vezes o risco de desaparecerem na imponência do museu.

O facto de ter uma arquitectura muito especial dificulta a montagem das exposições em especial devido à sua iluminação natural. Contrariamente ao princípio do White Cube, considerado como a situação ideal para um espaço expositivo, Serralves tem salas com pé direito muito alto, salas com formas irregulares e janelas amplas.

Serralves dedica-se predominantemente a exposições temporárias de arte emergente, obrigando por isso a ter uma grande flexibilidade de meios técnicos para poder responder a todas as necessidades expositivas.

Diversas salas contam com grandes janelas para o exterior e clarabóias zenitais, havendo por isso necessidade por vezes de serem tapadas, usando para isso telas de pano-cru, telas opacas ou mesmo construções artificiais. No caso da utilização de paredes artificiais, acabam por ter uma dupla função: tapar a passagem de luz natural e criar divisões e /ou nichos específicos.

O museu tem a possibilidade de ter uma equipe especializada nos sistemas de iluminação, permitindo assim ter uma maior aproveitamento os equipamentos que dispõe.

A base da iluminação são lâmpadas fluorescentes instaladas nas clarabóias e sancas, permitindo desta forma uma iluminação agradável para os visitantes, mas de maior dificuldade para o interesse dos artistas, uma vez que não faz iluminação específica das obras.

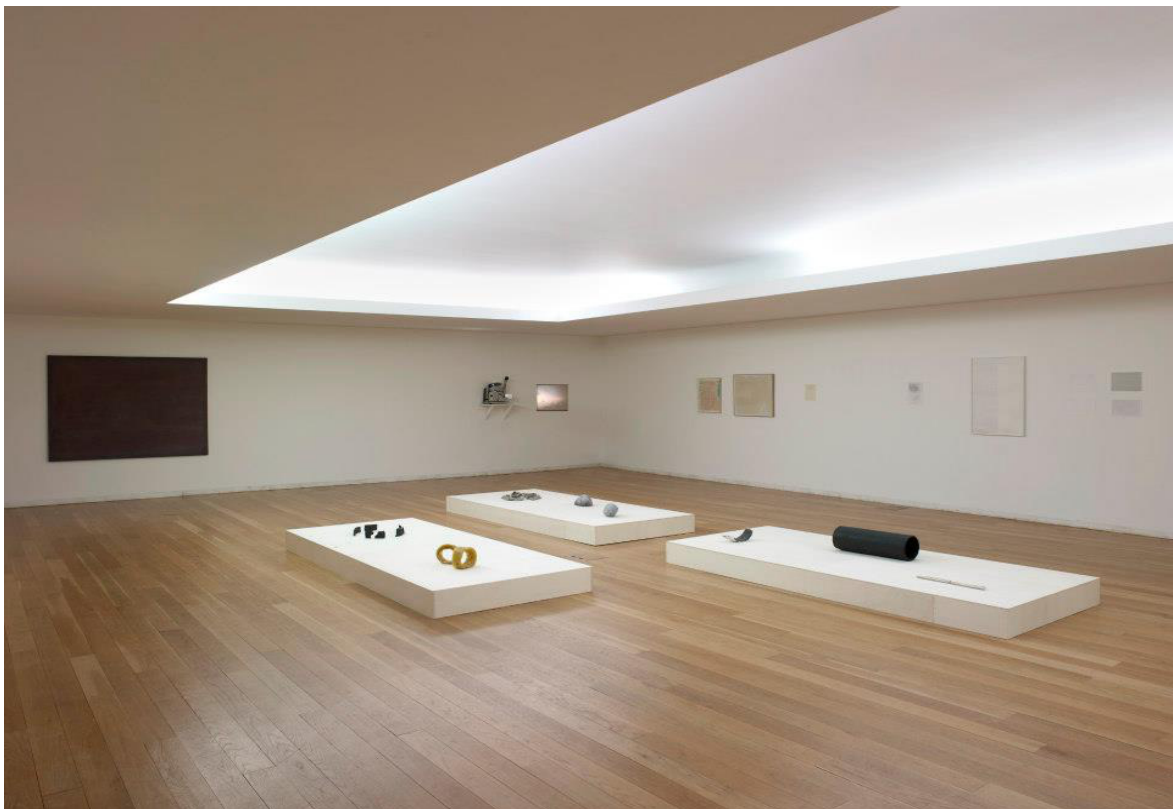


Figura 32 Vista de exposição no museu de Serralves [46]

Como se pode ver nesta vista de exposição, apenas com iluminação fluorescente nas sancas, obtém-se um luz agradável para os visitantes e uma iluminação uniforme sem grandes sombras, mas as obras não recebem iluminação suficiente para uma boa leitura.

Para complementar esta situação, tem disponíveis projectores de LEDs, projectores de halogéneo em calha ERCO, projectores de teatro em branco, com possibilidade de colocar diversos filtros e ainda reforço suplementar com lâmpadas de halogéneo e tungsténio.

O objectivo deste sistema misto de equipamentos é criar, com as lâmpadas fluorescentes e/ou luz natural, uma uniformidade cromática nas salas de exposição. Por vezes, criam algumas variações nos corredores e passagem de umas zonas para outras, permitindo assim criar nos olhos dos visitantes divisões de áreas.

Com os restantes sistemas disponíveis, tem-se a possibilidade de criar alterações luminosas, modificando ou corrigindo as cores, texturas e sombras. Estas alterações tornam possível realçar as obras e ir de encontro à ideia do curador ou do artista.

Desta forma, o Museu consegue criar um misto de equilíbrio entre o pretendido para a obra de arte e bem estar do visitante.

4.1.1 EXPOSIÇÕES NO MUSEU DE SERRALVES

Exposição de Julião Sarmento - *Noites Brancas* no Museu de Serralves



Figura 33 Vista nº1 da exposição *Noites Brancas* [46]



Figura 34 Vista nº 2 da exposição *Noites Brancas* [46]

Esta exposição teve dois curadores, João Fernandes e James Lingwood, que juntamente com o artista tomaram as decisões cénicas para a montagem do espaço. Foram acrescentadas várias paredes, o que criou mais área para expôr as obras e, ao mesmo tempo, fazer "desaparecer" as janelas e a entrada da luz natural. A iluminação é feita através de lâmpadas fluorescentes colocadas em sanca e direccionadas para o tecto, permitindo uma iluminação difusa e constante por todo espaço. As obras expostas têm todas duas cores, branco e preto, sendo por isso fundamental a uniformidade de intensidade luminosa e ausência de sombras. Ao usar uma iluminação indirecta torna-se o ambiente mais acolhedor para os visitantes e diminui a radiação de UV sobre as obras.

Devido à dimensão de obras expostas, esta torna-se uma montagem cara, não acessível à maioria das galerias comerciais.

Exposição colectiva - Obras Recentes - Museu de Serralves



Figura 35 Vista nº 1 exposição colectiva - ala central [46]

Esta exposição apresentava um conjunto de obras muito heterogéneo e espalhado por várias salas. Na sala das imagens em cima, podemos ver umas das salas na ala central. Este espaço tem características especiais, uma vez que o pé direito na entrada tem três metros e na parte mais ampla da sala tem seis metros e meio. A iluminação é feita com iluminação directa através da janela e iluminação indirecta e difusa através da clarabóia. Na ausência

de luz natural, a iluminação é fornecida pelas lâmpadas fluorescentes colocadas na sanca da clarabóia.

Dado a clarabóia ser apenas central, a maior parte da iluminação vinda do tecto é central causando, por isso, sombras. Como se pode verificar na segunda vista, a iluminação da janela vai variando ao longo do dia e consoante a altura do ano.

Um dos objectivos da curadora desta exposição (Suzanne Cotter) é o bem estar do visitante do museu e o equilíbrio entre as obras e o espaço, usando para isso a luz natural, apelando aos visitantes a entrarem na sala e sentarem-se no banco a observar as obras. A sensação pretendida é a mesma que o visitante teria se estivesse na sua própria casa.

Como o espaço é muito amplo, as obras escolhidas foram obras de escala grande, para criar equilíbrio.

Economicamente, é uma situação interessante: durante o dia não precisa de iluminação artificial e, na ausência de luz natural, usa apenas a iluminação fluorescente. O ponto menos positivo é a radiação UV devido, principalmente, à exposição à luz solar.



Figura 36 Vista nº 2 exposição colectiva - ala central [46]

Exposição colectiva - ala central - Museu de Serralves



Figura 37 Vista de exposição colectiva - ala central [46]

Esta vista é no mesmo espaço das duas vista anteriores mas, nesta exposição, a iluminação foi utilizada de forma diferente. Neste caso foi tapada a janela e foram colocados focos circulares de halogéneo no tecto.

A iluminação indirecta (luz natural durante o dia e fluorescente durante a noite) é a iluminação geral da sala. Os focos circulares de halogéneo são usados para iluminar os trabalhos que estão mais próximo das paredes.

Exposição colectiva numa das sala da ala direita



Figura 38 Vista exposição colectiva - sala da ala direita [46]

As obras de arte apresentadas nesta sala são compostas por pinturas, desenho e vídeo na parede e pequenas esculturas no centro. Como as lâmpadas fluorescentes estão instaladas na sanca do tecto, a iluminação está distribuída desigualmente, tendo as paredes menos luz do que o centro. Isso deve-se ao desejo do curador de manter a sala "limpa" de objectos que possam interagir com as obras expostas, como seria o caso dos focos de halogéneo, por estes terem uma dimensão próxima dos objectos expostos no centro.

Devido também ao facto de haver um vídeo projectado na parede, é importante que a parede tenha menos intensidade luminosa.

Exposição de vídeo na ala central do Museu de Serralves.



Figura 39 Vista Exposição de vídeo - ala central [46]

Nesta exposição, a janela da parede central foi tapada com uma parede temporária. Também a clarabóia foi coberta, com um estore. Como a exposição consiste em várias projecções de vídeo, houve a necessidade de diminuir fortemente a quantidade de luz na sala.

A luz fornecida ao espaço é unicamente a dos projectores, permitindo que a sala fique mais escura.

Exposição de vídeo na ala esquerda

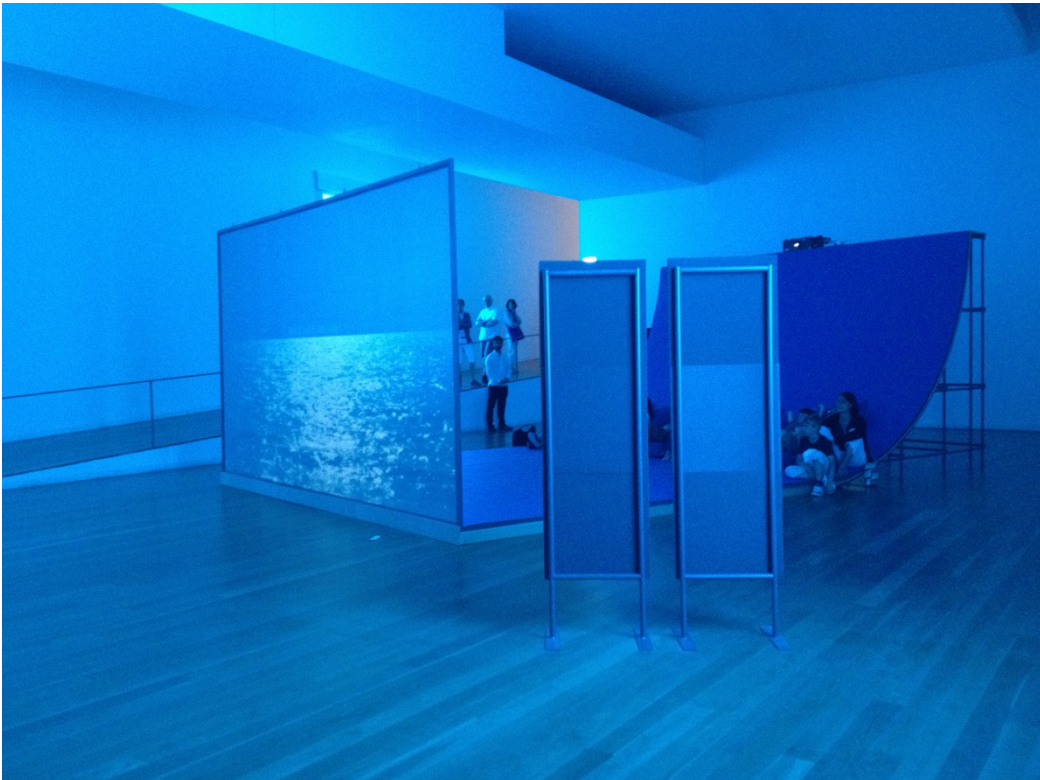


Figura 40 Vista Exposição de vídeo - ala esquerda [46]

Esta instalação é uma projecção de um vídeo do mar ao fim do dia, por isso, foi preciso reduzir muito a quantidade de luz na sala, caso contrário, a capacidade de percepção do vídeo por parte dos visitantes seria muito pequena. Cenicamente, para aumentar a sensação do mar, criou-se uma área onde os visitantes podem estar a ver o vídeo, e colocaram-se filtros azuis na iluminação. Para esta instalação ser possível é necessário um espaço amplo (a tela de projecção tem três metros de altura por seis de largura). Para dar a sensação de imensidão, o espaço tem de ser mais amplo que o espaço ocupado pela instalação.

A iluminação é o exemplo da mistura entre a componente técnica (condições necessárias para ser possível ver o filme) e cénica; sem ela a obra perderia parte do seu interesse.

4.2. GALERIA QUADRADO AZUL

A Galeria Quadrado Azul representa artistas portugueses e estrangeiros, nomes consagrados do panorama artístico actual e também jovens artistas. Nasceu em 1986, no Porto, e foi um dos primeiros espaços expositivos comerciais da cidade do Porto, surgindo do interesse pela arte moderna e contemporânea de Manuel Ulisses, coleccionador de arte desde a década de sessenta. O seu nome tem origem na obra futurista *K4 O Quadrado Azul*, editada em 1917 por Almada Negreiros em conjunto com Amadeo de Souza Cardoso.

Representando sobretudo novos artistas que saíam da Faculdade de Belas Artes do Porto, a galeria realizou um vasto número de exposições determinantes no contexto nacional, durante a primeira década de actividade.

Em 2006, a Quadrado Azul abre mais um espaço em Lisboa, alargando as possibilidades de exposição do trabalho dos artistas e o alcance de uma maior diversidade de públicos. Agora, é altura de uma atenção às novas tendências e à intersecção entre diferentes disciplinas.

Paralelamente às mostras feitas nos espaços de Porto e Lisboa, a Quadrado Azul também participa regularmente em feira de arte em vários países europeus.

Ao longo de quase 30 anos de existência, realizou cerca de 300 exposições temporárias, repartidas entre os espaços expositivos de Porto, Lisboa e Feiras.

Os sistemas de iluminação usados foram sofrendo alterações, nuns casos por vontade de aperfeiçoamento por parte da instituição, noutros casos, por imposição de terceiros (caso das feiras, onde são impostos os sistemas a usar).

Nos espaços expositivos próprios, a galeria começou por usar focos colocados em calha, uma situação bastante versátil, que permitia ter uma boa iluminação das obras, mas com três pontos negativos: criação de sombras, grande quantidade de radiação sobre as obras e alto consumo de energia. O nível de uniformidade (relação entre o nível mínimo e o nível médio de iluminância) era inferior a 0,5, o que era positivo para salientar algumas obras em especial, mas que se torna desconfortável devido às grandes variações de luz.

Posteriormente passou a usar lâmpadas fluorescentes em paralelo com calhas de focos; nesta nova situação consegue-se uma melhor uniformidade, apesar de ainda existirem sombras nas zonas mais altas das paredes e do tecto. Como os focos passaram a ser utilizados unicamente para a iluminação de realce, a radiação de UV e IV emitida diminuiu substancialmente. E, igualmente, o consumo energético.

Recentemente, a galeria reestruturou a sala do Porto. Pela primeira vez, teve um projectista a desenhar o sistema de iluminação, que passou a ter um sistema de LEDs colocado em sanca a toda à volta do espaço, com calhas para focos, para fazer as correcções de luz ou realces quando necessário.

Neste espaço, a uniformidade dos sistema de LEDs é de 0,53, e reduziu-se grandemente as emissões de radiações de UV e IV (originadas, praticamente, só pela luz natural e pelos focos, quando utilizados). Apesar de o IRC dos LEDs não ser tão bom como de outros sistemas de iluminação, essa é uma desvantagem que pode ser compensada pelos focos. Economicamente, este sistema também é, sem dúvida, o mais vantajoso. Este sistema de LEDs tem o sistema DIM, o que permite regular a intensidade luminosa.

Nas feiras, o sistema de iluminação é o fornecido pela organização, habitualmente focos de 300 W, colocados a três metros de altura e a um metro de distância da parede. Nestas condições, há pouca uniformidade de luz, muitas sombras indesejadas, elevado nível de radiações sobre as obras e custo alto. Apesar da duração das feiras ser curta, geralmente, uma semana, o dano sobre as obras não é negligenciável, dado o alto nível das radiações.

Nas instalações onde se quer um nível muito reduzido de luz, como as projecções de filmes ou apresentação de obras que emitem, elas próprias, luz, é necessário recorrer a soluções alternativas, como cortinas blackout.

4.2.1 EXPOSIÇÕES NA GALERIA QUADRADO AZUL

São aqui apresentadas algumas vistas de exposições da galeria Quadrado Azul nos dois espaços que tem no Porto, no espaço de Lisboa e na participação num feira. Cada uma apresenta soluções diferentes, conforme as suas características e necessidades.

Exposição de Fernando Lanhas - Porto (espaço 1)

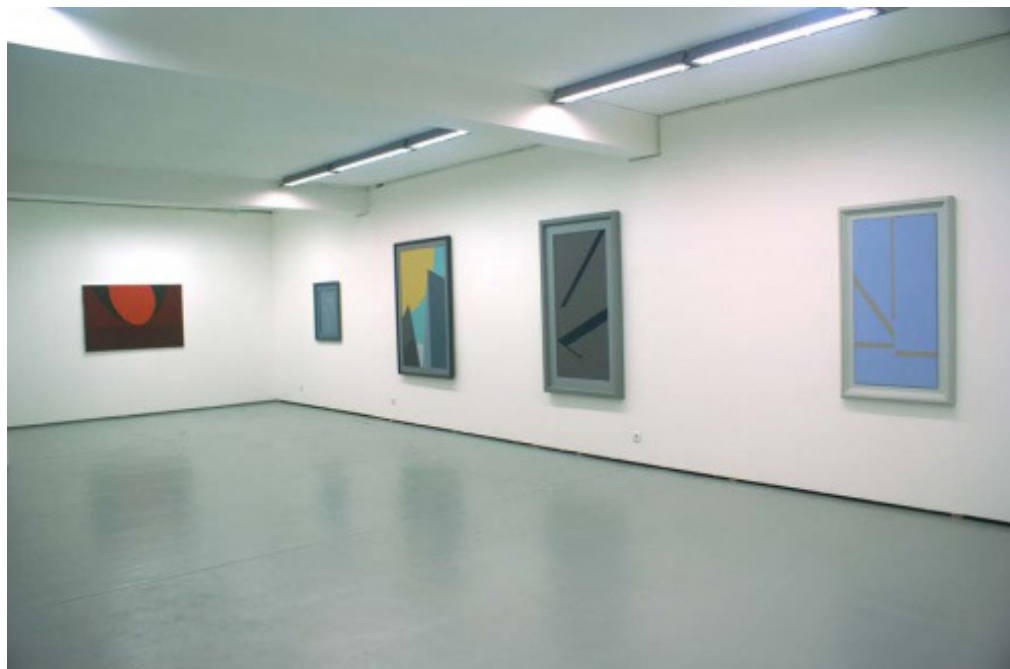


Figura 41 Vista de exposição de Fernando Lanhas (espaço 1 - Porto) [47]

A exposição foi realizada num dos espaços da galeria no Porto e é composta por um conjunto de pinturas a óleo do artista Fernando Lanhas. As obra aqui apresentadas pertencem à corrente artística do abstraccionismo geométrico, onde as cores e as formas geométricas presentes são o ponto de destaque, sendo muito importante a ausência de sombras que possam causar qualquer tipo de interferência e perturbação na leitura das obras por parte dos visitantes.

Nesta exposição, os níveis de iluminância estão compreendidos entre os 300 lux e os 400 lux à altura de 1,50 m, altura média do centro das obras o que, considerando que se trata de pinturas a óleo, são valores acima do recomendado. A iluminação consiste em lâmpadas fluorescentes sem qualquer tipo de filtro para reduzir a emissão de radiação UV. A reprodução de cor é boa, apesar de se notarem algumas sombras, nomeadamente na obra que se encontra mais à esquerda da imagem onde se pode ver uma mancha de luz por cima

da mesma. Economicamente, esta solução é muito interessante visto os consumos e gastos de manutenção serem baixos comparativamente com as lâmpadas de halogéneo.

Exposição de Fernando Lanhas - 2015 - Porto (espaço 2)



Figura 42 e Figura 43 Vista n°1 e n °2 Exposição de Fernando Lanhas (espaço 2 - Porto) [47]

Estas duas vistas mostram uma nova exposição de pinturas a óleo do artista Fernando Lanhas. O espaço tem agora um sistema de LEDs colocados em sanca no teto, produzindo uma iluminação difusa em wallwasher ao longo de todo o espaço. Este sistema permite uma melhor uniformidade de intensidade luminosa (0,55) e não provoca qualquer ofuscação. A iluminação com sistema de LEDs tem a desvantagem de perder alguma qualidade de reprodução de cor, mas ganha na prevenção das obras uma vez que não há emissão de radiação UV. Se necessário, há a possibilidade de colocar focos de halogéneo no tecto e, dessa forma, salientar determinadas obras ou parte delas. Economicamente, houve um investimento no sistema de LEDs, que é mais alto do que as lâmpadas fluorescentes ou os focos de halogéneo, mas a médio e longo prazo os custos do consumo de energia e da manutenção serão substancialmente mais baixos. A relação entre alguma perda de reprodução de cor e a diminuição de custos é muito aceitável.

Exposição de Hugo Canoilas



Figura 44 Vista de exposição de Hugo Canoilas (espaço 2 - Porto) [47]

A exposição foi realizada num dos espaços da galeria no Porto e é composta por um conjunto de pinturas acrílicas e colagem do artista Hugo Canoilas. Na altura desta exposição, a galeria ainda não possuía o sistema de LEDs, como vimos na exposição do artista Fernando Lanhas. Nesta exposição, os níveis de iluminância estão compreendidos

entre os 300 lux e os 400 lux à altura de 1,50 m, altura média do centro das obras, valores acima do recomendado. A iluminação utilizada consiste em lâmpadas fluorescentes sem qualquer tipo de filtro para reduzir as emissões de radiação UV. A reprodução de cor é boa, mas poder-se-ia, juntamente com as lâmpadas fluorescentes, terem sido também usados focos direccionados para as obras para, dessa forma, salientá-las um pouco mais. A relação entre a luz natural e artificial é muito boa, pois não existem encadeamentos ou sombras provocados por uma ou outra, embora seja de referir que o chão está pintado com uma tinta brilhante que poderá provocar algum brilho e reflexo e causar alguma interferência nos visitantes em algumas alturas do dia. No tecto, a meio da sala existe uma clarabóia com um acrílico translúcido, ficando a luz natural neste ponto difusa para se evitar os reflexos e ofuscamentos.

Esta sala tem a possibilidade de fechar a entrada da luz natural da janela, através da utilização de um estore pré-instalado.

Exposição Makulature - Paulo Nozolino – Lisboa



Figura 45 Vista de exposição de Paulo Nozolino (Lisboa) [47]

Exposição de fotografias do artista Paulo Nozolino, no antigo espaço da galeria em Lisboa. Este espaço é uma construção feita dentro da própria sala de exposições, tendo o tecto ficado com apenas 2,5m de altura. A iluminação utilizada é lâmpadas incandescentes de

baixa potência. Foi feita esta escolha porque o artista pretendia produzir uma sensação *pesada e tensa* como a provocada num cemitério. O encadeamento luminoso e as manchas de luz nas obras são intencionais.

Economicamente, foi uma exposição muito mais dispendiosa que o habitual, uma vez que foi necessário fazer uma construção artificial do espaço e colocar um sistema de iluminação nova, mas o impacto cénico foi muito grande.

Exposição colectiva - obra do artista Francisco Tropa



Figura 46 Vista de obra de Francisco Tropa em exposição colectiva (espaço 2 - Porto) [47]

vista de uma obra do artista Francisco Tropa, exposta numa exposição colectiva na galeria Quadrado Azul no Porto. Esta peça está iluminada com a iluminação de base feita com lâmpadas fluorescentes e com iluminação suplementar com focos de halogéneo. A utilização dos focos provoca sombras que o artista pretendia que existissem na parede,

umentando o impacto da obra e dando-lhe mais volume. A utilização de objectos de vidro apenas com uma iluminação geral não iria provocar a sombra, ou seria muito pouco visível, e passaria quase despercebida pelo visitante. Os materiais utilizados são vidro e bronze, não havendo por isso muitos problemas com o excesso de radiação luminosa usada sobre a obra, devido à baixa sensibilidade que têm em relação aos UV e IV. Não existe ofuscamento por parte dos focos uma vez que estes estão direccionados para a parede.

Hoje esta exposição seria mais interessante economicamente uma vez que a iluminação de base deixaria de ser fluorescente e passaria para LEDs.

Exposição colectiva *knell dobre glas* - instalação de David Maranhã



Figura 47 Vista de instalação de David Maranhã (espaço 1 - Porto) [47]

Por razões estritamente cénicas, não se utilizou o sistema de iluminação fluorescente, mas apenas um foco de halogéneo circular que, ao incidir sobre o pedaço de madeira suspenso, produz uma sombra semelhante à pele de cabra colocada no chão. A área não tem bom nível de uniformidade também por razões cénicas: o objectivo é chamar a atenção do visitante para o chão.

Stand da Galeria Quadrado Azul na feira de Madrid - ARCO



Figura 48 Vista do stand da Galeria Quadrado Azul na feira de Madrid - ARCO [47]

As exposições em feiras, como já foi referido, são difíceis de iluminar correctamente uma vez que as luminárias utilizadas são fornecidas pela própria feira e são materiais standard para todo o tipo de exposições que existem no recinto.

O níveis de iluminância são muito altos, valores acima dos 400 lux, a uniformidade é má (como se pode ver na imagem acima, existem manchas provadas pelos focos). Os focos são de halogéneo e não é possível variar muito as suas posições e ângulos. Estão a uma distância fixa da parede de um metro e a uma altura fixa e só podem oscilar até um máximo de 45°. Neste caso, se os focos fossem mais abertos para incidir mais no centro da obra, iriam aparecer auréolas no meio das pinturas e sombras cruzadas laterais e o nível de encadeamento para os visitantes iria aumentar. A emissão de UV e calor deste tipo de luminárias é alto e não é o indicado para este tipo de obras.

4.3. ANÁLISE COMPARATIVA

A realidade encontrada entre estes dois espaços culturais espelha a situação geral encontrada entre museus e galerias comerciais.

Existe uma maior preocupação económica nas galerias comerciais em usar sistemas energeticamente mais eficientes. Utilizam-se sistemas de lâmpadas fluorescentes para criar a iluminação ambiente (sempre que possível usam unicamente este sistema), fazendo a compensação com focos de halogéneo para salientar determinadas obras ou parte delas. No caso da galeria Quadrado Azul, houve um investimento num sistema de LEDs, com um custo inicial alto, mas energeticamente mais eficiente que irá compensar rapidamente e ao mesmo tempo criar visualmente uma óptima uniformidade de iluminância em toda a área.

Comparando com esta galeria, o museu de Serralves utiliza mais os focos de halogéneo, filtros de cor, projectores de cinema e iluminação natural. Estes sistemas de iluminação são controlados centralmente. A interação de todos estes equipamentos só é possível devido a uma equipa de técnicos especializados neste tipo equipamentos. Estes factores, em conjunto com arquitectura e a escala do edifício, permitem uma maior exploração das possibilidades cénicas.

A galeria Quadrado Azul, tal como a generalidade das galerias, não possui quadros especializados exclusivamente nesta área e tem recursos mais limitados. Por outro lado, a arquitectura do espaço aproxima-se mais do *white cube*, havendo menos interferência das características do espaço sobre as obras.

5. OPINIÃO DOS UTILIZADORES DE ESPAÇOS EXPOSITIVOS

No processo de concepção de uma sala de exposições considerou-se fundamental que, aos conhecimentos das boas práticas e à recolha de elementos concretos já aplicados em espaços expositivos, se juntasse a opinião e sensibilidade dos próprios utilizadores destes espaços. E não apenas dos profissionais da área, como galeristas, artistas e curadores, mas também do público geral que visita as exposições. Nesse sentido, foi elaborado um questionário de 10 perguntas que foi disponibilizado e cujo preenchimento foi solicitado.

A selecção das questões teve dois objectivos: comparar as recomendações das boas práticas com a opinião do público e ser uma ajuda suplementar à tomada de decisão na selecção de equipamentos a usar num espaço expositivo.

Os resultados obtidos foram agrupados em dois grupos: o grupo 1 engloba todas as pessoas que responderam ao questionário e o grupo dois engloba apenas os profissionais da área

das artes plásticas e que, em princípio, deverão ter uma maior sensibilidade para a iluminação em galerias de arte e museus.

5.1. DADOS TÉCNICOS DO QUESTIONÁRIO

Realizou-se na galeria Quadrado Azul nos espaços do Porto e Lisboa e no stand que a galeria apresentou na Feira de arte ARCO – Madrid, no período de Janeiro a Abril de 2016.

Conteúdo:

As perguntas 1 a 8 foram avaliadas de 1 a 5, em que 1 significa pouco importante e 5 muito importante.

As perguntas 9 e 10 foram respondidas através de 3 opções: sim, não ou indiferente.

Perguntas colocadas:

- 1) Quando visita uma exposição, considera o espaço expositivo importante?
- 2) A iluminação é importante para as obras de arte e a exposição?
- 3) A reprodução de cor é importante para ver as obras de arte?
- 4) A economia de energia deve ser tida em conta na elaboração de uma exposição?
- 5) A conservação das obras de arte deve ser tida em conta na elaboração de uma exposição?
- 6) Deve ser criado um bom equilíbrio entre o sistema de iluminação e as obras de arte expostas?
- 7) Na formulação do sistema de iluminação, deve evitar-se o encandeamento e o ofuscamento?
- 8) As sombras nas obras de arte podem ser importantes?
- 9) O sistema de iluminação deve ser visível: Sim? Não? Ou é indiferente?
- 10) O sistema de iluminação deve passar despercebido: Sim? Não? Ou é indiferente?

- Caracterização da amostra

O questionário foi realizado a 500 pessoas.

A escolaridade mínima das pessoas que responderam ao questionário era o 12º ano.

Pessoas de nacionalidade portuguesa: 363.

Pessoas de outras nacionalidade: 137.

Pessoas de sexo masculino: 351.

Pessoas do sexo feminino: 149.

Faixas etárias entre 18 e 30 anos: 175.

Faixas etárias entre 31 e 50 anos: 193.

Faixas etárias mais de 51 anos: 132.

Pessoas com formação específica no meio das artes plásticas (críticos de arte, artistas plásticos, professores de belas artes, alunos de belas artes, fotógrafos e galeristas): 123.

Pessoas de outras áreas não directamente ligadas ao meio artístico: 377.

5.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Tabela 5 Resultados obtidos da população geral e do meio artístico

População Total						
	1	2	3	4	5	totais
Pergunta 1	71	79	123	153	74	500
Pergunta 2	4	8	31	32	425	500
Pergunta 3	2	7	4	7	480	500
Pergunta 4	34	45	32	236	153	500
Pergunta 5	25	80	58	135	202	500
Pergunta 6	0	38	57	15	390	500
Pergunta 7	0	15	17	26	442	500
Pergunta 8	36	16	42	289	117	500
	sim	não	indiferente			
Pergunta 9	15	403	82			500
Pergunta 10	418	15	67			500

Só pessoas do meio artístico						
	1	2	3	4	5	totais
Pergunta 1	0	7	64	21	31	123
Pergunta 2	0	0	0	5	118	123
Pergunta 3	0	0	4	4	115	123
Pergunta 4	25	31	12	35	20	123
Pergunta 5	12	9	18	16	68	123
Pergunta 6	0	0	0	3	120	123
Pergunta 7	0	0	0	0	123	123
Pergunta 8	2	4	8	75	34	123
	sim	não	indiferente			
Pergunta 9	12	101	10			123
Pergunta 10	123	0	0			123

Análise dos resultados obtidos:

A primeira pergunta era relativa à importância do espaço expositivo onde a exposição é montada. Como a pergunta foi realizada sem nenhum contexto específico, levou a um resultado variado quer no grupo geral quer no grupo específico. No grupo 1 a resposta teve um resultado quase uniforme em todos as opções de 1 a 5; se olharmos para o grupo 2 a resposta foi de 50% no 3, ou seja a meio da escala, 17% no 4 e 25% no 5. Se analisarmos pelo trabalho teórico desenvolvido atrás, as respostas deveriam estar mais concentradas no 5, uma vez que o local onde a exposição for montada poderá ter um impacto directo, pois caso se trate de um local de relevância histórica, o próprio espaço irá atrair visitantes, por outro lado o espaço poderá limitar e/ou condicionar as condições técnicas da concepção e montagem do sistema de iluminação.

Com a segunda e a terceira perguntas – importância da iluminação e reprodução de cores nas obras de arte e exposições pretende-se saber a opinião dos visitantes em relação à importância da restituição cromática e temperatura de cor nas obras de arte e no próprio espaço expositivo. Os resultados revelaram que estes dois aspectos são considerados como sendo muito importantes (selecionaram a opção 5 , 85% e 96%, respectivamente nas perguntas 2 e 3). Nestas matérias há uma coerência com o estado da arte e recomendações vigentes sendo muito importante para a visualização das obras de arte haver um bom índice de restituição cromática (IRC), tendo sempre em atenção o nível de sensibilidade dos objectos, e uma boa temperatura de cor (o mais próximo possível de da luz natural, entre 3000 – 4000 K).

A quarta pergunta tinha como objectivo compreender a sensibilidade das pessoas que frequentam o meio para a importância da economia energética. Nesta questão o público geral dividiu-se maioritariamente entre o 4 e o 5 (47% e 31% respectivamente), ficando, este resultado a dever-se à sensibilização em geral que se vai fazendo para a necessidade de economizar e para as questões ambientais. Já no grupo específico das pessoas ligadas ao meio artístico, os resultados ficaram distribuídos pelas 5 opções. Aqui os resultados obtidos não se enquadram com as boas práticas e a evolução técnica dos sistemas de iluminação. Tendencialmente os sistemas de iluminação tem consumos mais baixos, maior durabilidade e menores emissões poluentes e essa é uma preocupação que deve estar presente na concepção deste tipo de instalações, apesar de que, eventualmente, não esteja nas prioridades em termos de concepção pelos agentes e profissionais desta área. A este nível terá de haver um trabalho de divulgação e sensibilização por parte dos responsáveis pelo projecto e concepção dos sistemas de iluminação com vista a uma maior atenção para o tema.

A quinta pergunta é sobre a importância da conservação das obras de arte. Nesta questão também as respostas foram muito variáveis, sendo os resultados mais altos obtidos no 5 com 40% no grupo geral e 55% no grupo específico. Na nossa opinião, esta variabilidade deve-se ao facto do desconhecimento geral sobre as radiações emitidas pelas fontes de luz e respectivo impacto nas obras de arte. Também aqui, como no ponto anterior, há necessidade de maior divulgação destes efeitos e das suas consequências, em especial, junto dos profissionais da área.

A pergunta 6 é sobre a necessidade de haver um bom equilíbrio entre o sistema de iluminação existente e as obras de arte, a pergunta 7 sobre a necessidade de evitar encandeamento e as perguntas 9 e 10 sobre se o sistema de iluminação deve ser visível ou não. A maioria dos entrevistados considerou, tal como nas perguntas 2 e 3, que é muito importante. A interpretação que fazemos é que o público considera que o sistema de iluminação, apesar de ser muito importante, deve desempenhar bem o papel de iluminar correctamente as obras de arte, mas sem que o visitante se aperceba dele. No fundo, se o visitante prestar muita atenção à iluminação, significa que esta, de alguma forma, se está a sobrepor às peças expostas.

Por último, a questão 8 aborda a importância das sombras nas obras de arte: os resultados centraram-se na opção 4 (importante), 58 e 61% respectivamente no grupo geral e grupo específico e 23% na opção 5 nos dois grupos. Estes valores vão ao encontro do previsto nas boas práticas sobre os aspectos relacionados com sombras e realces. A existência de uma sombra pode ter um impacto nefasto quando perturba a visualização das obras e o seu espaço envolvente, enquanto, noutros casos, podem ser essenciais para criação da própria obra.

6. CASO DE ESTUDO

Com base nas várias exposições acompanhadas no Museu de Serralves e na Galeria Quadrado Azul, e no actual estado da arte em espaços expositivos de arte contemporânea, o objectivo será criar um conjunto de indicações e orientações que permita com alguma facilidade projectar e conceber, do ponto de vista luminotécnico, uma sala expositiva.

Como foi analisado anteriormente, existem algumas condições não mensuráveis que terão sempre de ser tidas em consideração devido às sensibilidades existentes neste meio que, por vezes, não se enquadram linearmente na componente científica ou teórica.

Pode haver uma grande variedade de exposições ou objectos apresentados, no entanto, deveremos tentar encontrar um sistema de iluminação base que abranja a grande maioria dos casos e tratar de forma particular as excepções.

6.1. CRITÉRIOS SEGUIDOS

6.1.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

Para minimizar a variedade de possibilidades encontradas no meio, foi seleccionado um conjunto de critérios que foram considerados essenciais para fundamentar o estudo efectuado e as conclusões obtidas.

Todas as comparações e tomadas de decisão realizadas neste estudo tiveram por base os dez seguintes critérios :

níveis de iluminância;
uniformidade de iluminância;
controle de ofuscamento;
versatilidade da luz;
reprodução de cor;
aparência de cor;
valorização da arquitectura e dos espaços;
relação entre luz natural e artificial;
economia de energia;
conservação das obras de arte;

Devemos ter em atenção que os espaços expositivos, de uma forma geral, têm exposições temporárias que, normalmente, não ultrapassam os três meses de duração, com um período de exposição de 5 a 6 dias por semana, e com uma carga horária diurna de 8 horas. Há casos de excepção que não considerámos para a análise. O facto de serem exposições temporárias significa que o período de tempo em que as obras estarão sujeitas ao efeito da radiação luminosa é curto; não podemos, no entanto, esquecer que, seja qual for o tempo em que os objectos estiverem sujeitos à luz, estes poderão sofrer danos.

Segundo os dados recolhidos juntos das galerias e museus visitados durante a elaboração deste trabalho, 70 a 80% das obras expostas são desenhos e pinturas, ficando os restantes 20 a 30% repartidos entre esculturas e fotografias; os restantes objectos que possam aparecer nas exposições são em número residual.

No capítulo 3, abordámos a utilização de filtros de protecção das obras de arte, para minimizar o seu desgaste, contudo, na observação feita no terreno, constatámos que

raramente são usados. Apenas foram encontrados nos casos em que as peças expostas eram cedidas para exposição por colecionadores, o que representa menos de 1% das obras de artes encontradas. Tendo em atenção esta situação, não considerámos a utilização de filtros de protecção nas obras de arte.

Dos 10 critérios para a tomada de decisão foram usados como base de comparação os dados apresentados no estado da arte, os dados obtidos no questionário respondido pelos visitantes e os dados recolhidos nos vários espaços expositivos visitados.

Tabela 6 Níveis de iluminação recomendados consoante o tipo de material [18]

Níveis de iluminação recomendados consoante o tipo de material		
Lux (lúmen/m ²)	U.V. (MW/m ²)	Materiais
≤300	≤75	Cerâmica, vidro, metais, pedra
≤200	≤75	Pintura a óleo/têmpera, couro não pintado, laca, osso, madeira, marfim, corno, fotografia a preto e branco
≤50 *	≤30	Aquarela, guache, manuscritos, corantes, desenhos, têxteis, fotografia a cores, couro pintado, maioria dos objectos naturais

* este valor corresponde ao valor mínimo ao qual o olho humano pode ter a percepção da cor e tende a altera-se com a idade da pessoa (Heene, 2002)

Conforme a tabela 1, apresentada no capítulo 3 e tendo em atenção que a maioria dos objectos expostos serão desenhos e pinturas, os valores médios de iluminação não deverão ultrapassar os 50 Lux.

- Uniformidade: Quando mais próximo o nível de uniformidade estiver do 1 melhor é a distribuição de luz num determinado espaço. Segundo as boas práticas, o nível de uniformidade ao nível da área de trabalho deverá ser igual ou superior a 0,5. Devemos ter em consideração que o nível da área de trabalho, numa sala de exposições, não é o tradicional (altura de uma mesa de trabalho), mas sim toda a área onde uma obra de arte poderá estar exposta, o que implica termos de ter atenção aos níveis de uniformidade em vários pontos , como ao nível do chão ou ao longo de uma parede. Apesar de tudo, por questões técnicas da exposição poderá ser interessante haver variações mais acentuadas e criar nichos ou sombras, mas esta é uma situação de excepção que não consideramos como caso geral.

- Controle de ofuscamento – o encandeamento provocado pelas luzes é sempre uma situação desagradável que devemos procurar minimizar, tal como vimos no questionário colocado aos utilizadores destes espaços (a maioria considera que não deve haver). Como a maioria das peças em exposição são pinturas e desenhos, e muitos deles tem moldura com vidro, deveremos tentar um sistema que minimize, sempre que possível, esta situação.

- Versatilidade da luz: os espaço expositivos, têm, em geral, grande variedade de exposições que, numa situação ideal, necessitariam de um sistema de iluminação e características de espaços que implicariam custo mais altos, técnicos especializados para lidar com cada situação e uma grande variedade de equipamentos. Este conjunto de situações não iriam viabilizar o funcionamento da grande maioria dos espaços, em especial os espaços privados que normalmente têm maiores limitações económicas. Para contrabalançar esta situação, interessa instalar um sistema de iluminação que possa ter alguma capacidade de adaptação à grande parte das possíveis situações a encontrar e, ao mesmo tempo, que seja o mais discreto possível para interferir o menos possível com as obras apresentadas.

- Reprodução de cor e aparência de cor são dois parâmetros muito importantes quando falamos de expôr obras de arte. No diálogo que tivemos com artistas e curadores, durante a investigação para este trabalho, deparámo-nos com duas questões a serem tidas em consideração quando se prepara uma exposição. A iluminação existente no espaço vai ter uma influência directa na restituição cromática, afectando assim a visão dos objectos. A temperatura de cor mais próxima da luz neutra e, conseqüentemente, que melhor reproduzirá a cor, será 4000°K (a luz do dia tem uma variação de temperatura de cor compreendida entre os 3000°K e os 6000°K, sendo o valor de 4000°K a temperatura que menos altera a verdadeira cor dos objectos e, por isso, considera-se esta como sendo a luz neutra, aparecendo em muitos documentos como luz do dia).

Mas, encontramos aqui dois pontos que necessitam de reflexão: por um lado, é unânime que a luz do dia é demasiado branca e que por isso é desagradável, e que uma temperatura de aproximadamente 3000° K, mais amarelada, é mais confortável (e causa menos danos aos objectos); por outro lado, como a maioria das peças em exposição serão desenhos e pinturas, esta temperatura de cor irá reproduzir as cores menos fidedignamente. Podemos rever estes dados na tabela que apresentei no capítulo 3.

Apresentamos aqui também novamente a curva Kruithof que, de uma forma fácil, nos ajuda a visualizar a relação de temperatura de cor versus a iluminância, onde a área B é a zona de conforto, zona essa que seria a que deveria ter na sala em função dos objectos a apresentar. Em conclusão, deveremos procurar uma temperatura de cor mais próxima dos 3000°K.

Tabela 7 Níveis de iluminância com correspondentes níveis de TC [24]

Grau de sensibilidade dos objectos à luz	Níveis recomendados de iluminância (lux)	Níveis de Temperatura de Cor (Kelvin)	Tonalidade
Muito sensíveis, como a aguarela, a miniatura ou os têxteis	50 lx	2700 K	Quente
Sensíveis, como a pintura a óleo, o couro, a madeira ou o marfim	150 - 200 lx	3.000 - 4.000 K	Quente – neutro
Pouco sensíveis, como a pedra, o metal, o vidro ou a cerâmica	300 lx	4.000 K	Neutro

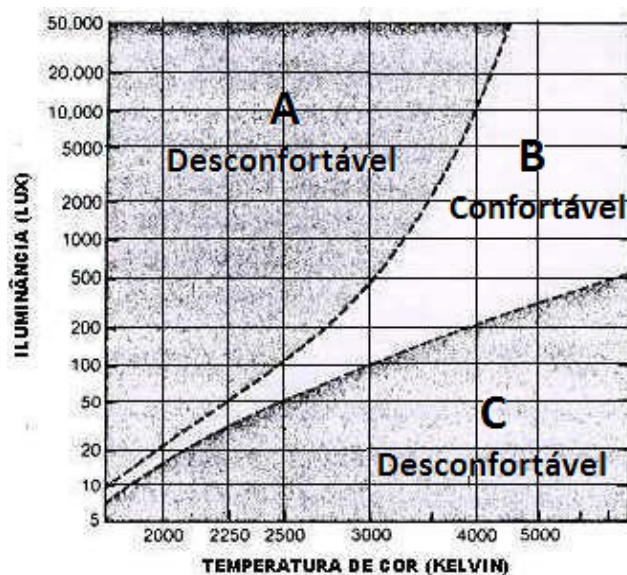


Figura 49 Curva de Kruithof [26]

- Valorização da arquitetura e dos espaços: uma vez que este estudo irá recair num espaço simples, sem janelas ou interferências arquitectónicas, este ponto não vai ser considerado no caso de estudo, mas não deixa de ser um ponto importante uma vez que poderá condicionar o tipo iluminação a aplicar e forma com esta poderá ser instalada. Da mesma

maneira, se o espaço não for de paredes lineares irá criar nichos e sombras que poderão implicar estudos específicos e equipamentos suplementares para interagir com estas situações.

-Relação entre luz natural e artificial: como iremos considerar a situação mais comum em espaços expositivos, paredes sem janelas ou outras passagens de luz natural, não levaremos este ponto em consideração para a nossa tomada de decisão. No entanto, é importante salientar que, em locais onde há relação de luz natural com a luz artificial, deve ser tido em consideração que a luz natural vai variar ao longo do ano, e ao longo do dia, a iluminação artificial deveria ter uma temperatura de cor neutra (da ordem dos 4000°K), para ter a menor interferência possível na cor real das obras de arte e com a possibilidade de se regular através de sensores de luz para que ao longo dia os valores de fluxo luminoso sejam constantes. Nesta situação, deve ter-se em atenção que normalmente temperaturas de cor de 4000°K em iluminação base irão provocar uma luz muito branca e que, tal como referimos atrás, não é a considerada ideal entre os artistas e curadores. No entanto, encontrámos dois casos onde havia janelas: no primeiro caso, foi colocado um estore blackout que elimina total ou quase totalmente a luz natural e, como tal, era sempre necessária a luz artificial para iluminar a sala; na segunda situação, as janelas estão colocadas a norte e a nascente, recebendo, por isso, uma luz mais fraca do que se fosse luz vinda de sul (janelas viradas a norte e nascente recebem predominantemente sol directo de manhã, com valores de temperatura de cor compreendidos entre os 3500° K e os 4500° K ao fim da manhã; enquanto que janelas viradas a Sul terão sol directo a partir do meio-dia e durante a tarde, tendo valores de 5200° K ao meio-dia e 4500° K durante a tarde) [48], e ao mesmo tempo os objectos colocados em exposição são colocados fora da radiação directa exterior implicando uma luz artificial adicional.



Figura 50 Exposição na Casa de Serralves [46]

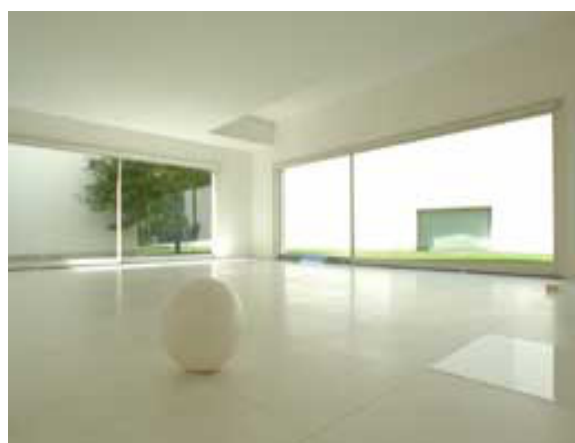


Figura 51 Exposição no Museu de Serralves[46]

Estas duas imagens do Museu de Serralves exemplificam as situações que acabámos de referir: no primeiro caso, a janela tem estores de blackout parciais, que deixam o tapete que está no chão numa zona mais escura, permitindo assim que seja a iluminação artificial a principal fonte de iluminação a incidir sobre o tapete. Na segunda imagem, vê-se uma sala com duas janelas a iluminar a sala, mas a peça exposta também foi colocada num local onde a radiação solar não a atinge directamente. Neste caso, como o controlo entre a iluminação natural e a artificial não é feito progressivamente, a mesma exposição de dia e à noite acaba por ter iluminações muito diferentes, o que acaba por ser um ponto negativo.

- Economia de energia: uma das grandes preocupações dos responsáveis de espaços expositivos, é o consumo eléctrico e o gasto de novos sistemas de iluminação, (muitas vezes investimentos dispendiosos), mas que ao fim de alguns anos acabam por ser compensadores. É de todo fundamental haver um equilíbrio de custo, para rentabilizar da melhor forma o espaço.

- Conservação das obras de arte: como foi falado no capítulo 3, a iluminação pode ter uma implicação muito grande no desgaste ou mesmo destruição das obras. Devido à grande variabilidade de peças de arte expostas é necessário encontrar um ponto de equilíbrio. Será necessário, na nossa opinião, ponderar a sensibilidade do tipo de obras que mais comumente se expõe (neste caso desenhos e pinturas), o tempo que normalmente dura uma exposição (2 a 3 meses), filtro e proteções que as obras habitualmente possuem (normalmente nenhuns) e procurar utilizar luminárias que emitam o mínimo de radiação UV e IV possível.

6.1.2. Caracterização do Espaço

Utilizámos o espaço 2 do Porto da galeria Quadrado Azul como espaço teste, uma vez que o mesmo se aproxima do “white cube” e, por isso, tem características próximas das que os especialistas do meio da arte contemporânea consideram ideais. Neste caso, é um espaço retangular com 23 metros de comprimento, 9 metros de largura e 3 metros e meio de altura. As paredes e o tecto são brancos sem brilho e o chão cinzento médio. Este espaço tem características neutras e que não colidem com a maior parte das obras de arte a serem apresentadas em museus e galerias de arte.

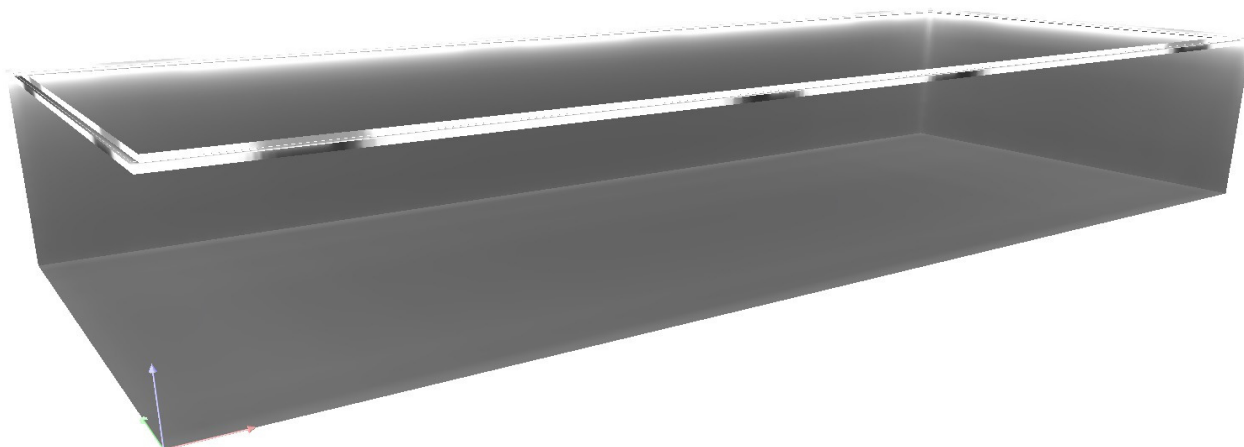


Figura 52 Vista 3D da sala de exposições (imagem criado no Dialux)

Não considerámos para o estudo a alteração de cor das paredes e a criação de paredes ou outras infraestruturas temporárias. A ocorrerem, serão casos particulares e por isso adaptáveis ao sistema de iluminação geral ou então serão criadas condições especiais fora do âmbito deste estudo, como ocorreu no exemplo apresentado no capítulo 4.2.1 na galeria Quadrado Azul, na exposição do artista Paulo Nozolino em Lisboa, em que, dentro da sala de exposição, foi construído um espaço com iluminação própria e que, por isso, não usava o sistema de iluminação da sala.

Foi considerado, neste estudo, a divisão da iluminação da sala em duas partes: a iluminação base e a iluminação específica.

A iluminação base irá ser usada mais frequentemente e poderá aplicar-se na maior parte dos casos. A iluminação específica será constituída por equipamentos suplementares para serem aplicados em substituição ou complemento da iluminação base.

6.1.3. Critério e Selecção das Luminárias Utilizadas

Paralelamente ao trabalho “teórico”, visitámos um vasto número de espaços expositivos em Galerias de Arte, Museus e Feiras de Arte, onde nos foi possível fazer um levantamento “prático” dos sistemas de iluminação mais usados e através do qual nos foi possível seleccionar um conjunto de equipamentos para posterior simulação no DIALUX e, dessa forma, obter valores mensuráveis.

Os sistemas maioritariamente encontrados eram fixos e de utilização geral, sendo poucos os casos em que eram usados sistemas mistos de iluminação geral mais iluminação específica.

Na maior parte dos casos, eram iluminação fluorescente, (lâmpadas T5 ou T8, com incidência directa ou indirecta), iluminação de LEDs (fitas de LEDs, normalmente de incidência indirecta, ou projectores), iluminação de projectores de halogéneo e iluminação mista de LEDs ou fluorescentes e projectores.

A maior parte das situações não se enquadravam com vários dos critérios que definimos anteriormente. Os principais problemas que encontrámos foram: má distribuição de luz, com existência de sombras e má uniformidade, valores de iluminação acima dos recomendados tendo em conta o tipo de objectos em exposição e consumos energéticos altos em espaços em que a iluminação era feita com projectores de halogéneo.

Seguindo os critérios apresentados, definiram-se os parâmetros de guia para restringir os sistemas de iluminação a utilizar.

Os níveis de uniformidade deverão ser superiores a 0,5, valor recomendado no capítulo 3.

Paralelamente, deve evitar-se o máximo de sombras, para que apenas a obra de arte seja o alvo dos olhos do observador. A temperatura de cor, em situação ideal deveria ser na ordem do 4000°K, mas tendo em atenção que, em geral, os artistas e curadores consideram-na uma luz muito branca e que, na opinião deles, a luz poderia ser um pouco mais amarela e quente, sugerimos a utilização de 3000°K para temperatura de cor na iluminação base e a possibilidade de se usar 4000°K em iluminação auxiliar para salientar e complementar a iluminação base.

Tendo em atenção que a maioria das obras serão desenhos e pinturas, os valores de iluminância deveriam ser na ordem dos 50lx, mas como estes valores por vezes poderão ser insuficientes à observação do olho humano, e uma vez que a exposição é temporária, poderemos considerar como valores médios de iluminância valores compreendidos entre 100 e 200lx. Extrapolando estes valores para a curva de Kruithof, será mais fácil situar os valores numa zona de conforto.

O índice de reprodução cromático recomendável é de 90%, mas iremos considerar valor acima de 80% como aceitáveis. O valor de iluminância recomendado para desenhos é de

50 lx mas, com este valor, o olho humano já não consegue ver as cores a 100%. No entanto, se o motivo da decisão for apenas o IRC, deveremos optar pelo valor mais alto.

No que diz respeito à conservação e integridade das obras, deveremos ter em consideração o tipo de emissões de radiação que cada luminária tem. A situação ideal neste ponto é o que se verifica com os LEDs que apenas têm radiação visual, já as lâmpadas fluorescentes tem emissões de radiação visual e radiação UV as lâmpadas de halogéneo, além das emissões visuais e UV, tem também IV.

Com referimos atrás, encontrámos instaladas em vários espaços que visitámos luminárias com lâmpadas T8 e projectores de halogéneo, que se consideram desactualizadas face às opções técnicas disponíveis no mercado. As lâmpadas T5, em comparação com as T8, têm um vida útil até três vezes superior, maior eficiência energética, melhor qualidade de luz, melhor reprodução cromática, menor poluição por redução de emissão de CO2 e uma poupança no consumo de energia até 50%. Os projectores de LEDs, em comparação com os projectores de halogéneo, têm um consumo energético em média 20% mais baixo e vida útil de 20 vezes superior e não emitem radiação UV e IV.

Para a iluminação base de espaços expositivos devemos optar por colocar um conjunto de luminárias que permitam criar uma boa uniformidade de luz e o mínimo de sombras possível. Neste sentido, não deveremos optar pela colocação de projectores porque mesmo os de secção quadrada criam diversas sombras e, conseqüentemente, têm uma uniformidade inferior às opção de colocação de conjuntos de luminárias em linha, do tipo luminárias fluorescente ou fita de LEDs.

Tendo em atenção que o pé direito da sala é de 3,5m, o que devido à possibilidade de ter algumas exposições de esculturas que podem ter a quase totalidade da altura da sala, as luminárias a colocar deverão ficar o mais junto possível ao tecto, e dessa forma interferir o menos possível com as obras.

Fazendo um cruzamento entre as boas práticas, os espaços expositivos visitados e os critérios definidos para este caso de estudo, a serem usadas fitas de LEDs deverão ser colocadas em sanca ao longo do limite exterior da sala. A fita tem dimensões muito reduzidas comparativamente com as outras opções, a iluminação tem um efeito de “toalha”, permitindo assim uma distribuição uniforme ao logo da parede e ausência de encandeamento. Por outro lado, no caso de se utilizarem luminárias fluorescentes, devido à

dimensão, e ao reflectores das luminárias serão colocadas no tecto da sala alinhada com as paredes maiores (23 metros). Tendo em consideração as curvas de distribuição de luz das luminárias fluorescentes e a largura da sala, será sempre necessário colocar duas calhas paralelas, caso contrário, iria haver sombras nas paredes. Não iremos considerar a hipótese de colocar as luminárias fluorescentes em calha junto ao tecto ao longo da parede, devido à interferência directa nas sombras e o efeito de encandeamento que também teria, situação que não encontrámos em nenhum espaço visitado.

Na selecção das lâmpadas fluorescentes a simular, e devido à vasta oferta, usámos como referência a temperatura de cor 3000°K, potências usadas nas salas visitadas (normalmente 49W e 54W) e lâmpadas do tipo HO (alto fluxo) e HE (elevada eficiência). Dos modelos existentes em mercado, optámos por lâmpadas do tipo HO e HE pelo facto de terem uma boa manutenção da luminosidade ao longo da vida útil da lâmpada – 90%, uma longa vida média – 24.000h, uma reprodução de cor na ordem do 80 a 89% e poderem ser usadas com dimmer.

Tabela 8 **Tabelas de Lâmpadas T5 da Marca OSRAM [49]**
Lâmpadas existentes no mercado da marca OSRAM

Lâmpada	HO 49W/830
Potência	49W
Eficiência luminosa	88 lm/W
Fluxo luminoso a 35°C	4900lm
Temperatura de cor	3000K
fluxo luminoso nominal	4310lm
preço	7,95 €

Lâmpada	HE 35/830
Potência	35W
Eficiência luminosa	94lm/W
Fluxo luminoso a 35°C	3650lm
Temperatura de cor	3000K
fluxo luminoso nominal	3320lm
preço	7,95 €

Lâmpada	HO 39W/830
Potência	38W
Eficiência luminosa	82lm/w
Fluxo luminoso a 35°C	3500lm
Temperatura de cor	3000K
fluxo luminoso nominal	3500lm
preço	6,81 €

Lâmpada	HE 32/830
Potência	32W
Eficiência luminosa	98lm/W
Fluxo luminoso a 35°C	3650lm
Temperatura de cor	3000K
fluxo luminoso nominal	3100lm
preço	12,60 €

Lâmpada	HO 54W/830
Potência	54W
Eficiência luminosa	82lm/w
Fluxo luminoso a 35°C	5000lm
Temperatura de cor	3000K
fluxo luminoso nominal	4450lm
preço	7,18 €

Lâmpada	HO XT 49/830
Potência	49W
Eficiência luminosa	83lm/W
Fluxo luminoso a 35°C	4900lm
Temperatura de cor	3000K
fluxo luminoso nominal	4310lm
preço	15,50 €

Juntamente com as lâmpadas, a selecção das luminárias foi feita com base nas respectivas curvas de distribuição de luz. A escolha recaiu sobre a opção que permitia melhor

distribuição de luz. Se analisarmos o exemplo seguinte e, tendo em atenção que iremos usar duas calhas paralelas, podemos concluir que, se optássemos pela não utilização de reflectores ou por um reflector do tipo ECO, iríamos ter problemas de uniformidade no chão e paredes, sobretudo nos cantos, enquanto na opção PRESTIGE essa situação está melhor solucionada.

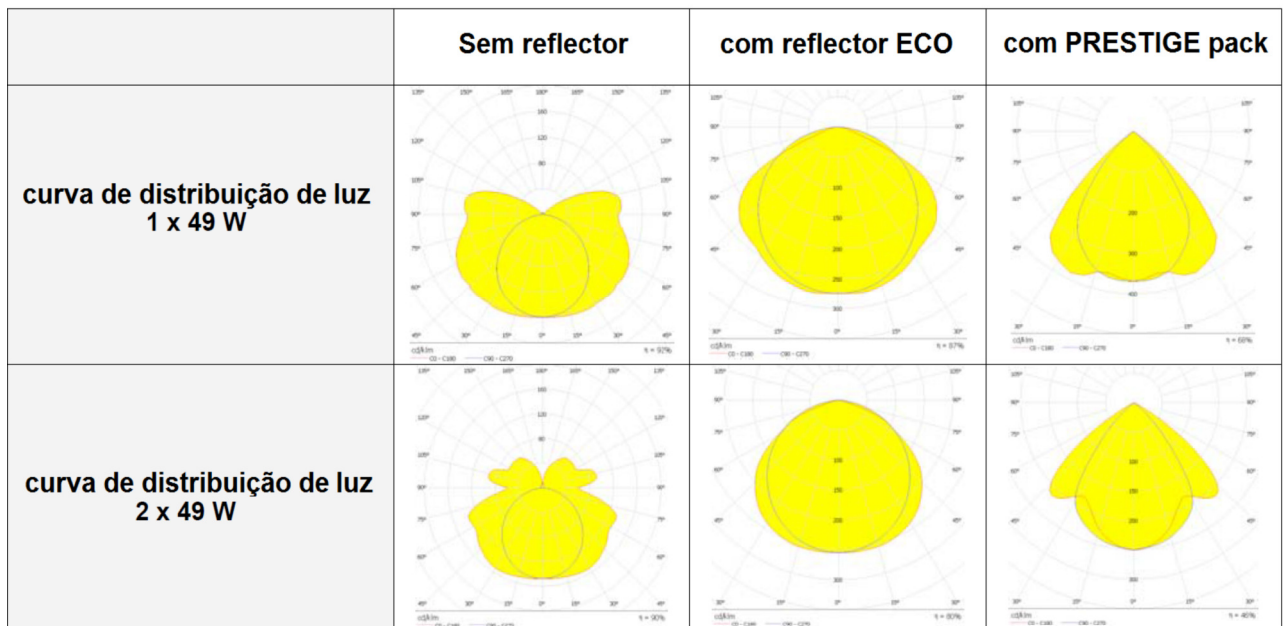


Figura 53 Curva de distribuição de luz das luminárias OSRAM [49]



Figura 54 Luminária OSRAM FLASH T5 Prestige Pack [49]

Da mesma forma que se procedeu com as lâmpadas fluorescentes, fez-se em relação às fitas de LEDs. Seleccionámos um conjunto de quatro, que tinham características que poderiam ser aplicadas no local, sendo condição obrigatória ter uma temperatura de cor de 3000° K e um índice de reprodução de cor superior a 80. Desta forma, há um equilíbrio nas várias opções quer fluorescentes quer LEDs. Nestas quatro escolhas o rendimento luminoso é relativamente semelhante nas várias opções, variando essencialmente as potencias nominais e os comprimentos máximos de cada fita.

Tabela 9 **Tabelas de Lâmpadas Fitas de LEDs da Marca OSRAM [49]**

Fitas de LEDs no mercado da marca OSRAM

Fita de LED	LF06A-W3F-830P
Potência nominal	42W
Potência nominal/metro	4,2W
Temperatura de cor	3000K
Índice de reprod de cor	> 80
Fluxo luminoso / metro	350lm
Fluxo luminoso	3500lm
Rendimento Luminoso	70lm/W
Comprimentos máximo	10m
Preço	436,80 €

Fita de LED	LF06P2-W5F-830P
Potência nominal	68W
Potência nominal/metro	22,7W
Temperatura de cor	3000K
Índice de reprod de cor	> 80
Fluxo luminoso / metro	1720lm
Fluxo luminoso	5168lm
Rendimento Luminoso	76lm/W
Comprimentos máximo	3m
Preço	256,20 €

Fita de LED	LF06P2-W4F-830P
Potência nominal	79,1W
Potência nominal/metro	15,5W
Temperatura de cor	3000K
Índice de reprod de cor	> 80
Fluxo luminoso / metro	1250lm
Fluxo luminoso	6380lm
Rendimento Luminoso	81lm/W
Comprimentos máximo	5,1m
Preço	485,60 €

Fita de LED	LF06S-830P
Potência nominal	50W
Potência nominal/metro	8,3W
Temperatura de cor	3000K
Índice de reprod de cor	> 80
Fluxo luminoso / metro	700lm
Fluxo luminoso	4200lm
Rendimento Luminoso	73lm/W
Comprimentos máximo	6m
Preço	412,40 €

As seis lâmpadas fluorescentes seleccionadas serão simuladas no software Dialux com a luminária Prestige pack e colocadas com distribuição linear em duas calhas no tecto, direccionadas para o chão (uma das situações mais comuns encontradas em espaços expositivos). A partir dessa simulação será escolhida uma que depois será novamente simulada com inclinação de 45° para a parede e 45° para o centro, que são as outras duas posições também recorrentes nestes espaços. A melhor opção será depois comparada com a melhor selecção da iluminação de LEDs colocada em sanca.

6.1.4. CONDIÇÕES CRIADAS PARA A SIMULAÇÃO

Como foi referido anteriormente, o espaço tem 23 metros de comprimento por 9 metros de largura e 3,5 metros de altura.

As paredes e tecto são de cor branca com 78% de grau de reflexão, o chão é de cor cinzento com 52% de grau de reflexão.

Partindo da observação feita nos vários espaços expositivos visitados, as obras de arte serão distribuídas maioritariamente pelas paredes mais compridas (de 23 m) ou, quando forem objectos fora da parede, estarão paralelos às paredes maiores. Tal deve-se ao facto de serem os espaços com maior área e, como tal, onde as exposições se irão centrar. Apesar de não ter definido a posição da porta para entrar e sair no espaço, elas ficam sempre nas paredes menores, ou extremidades das paredes maiores para não desperdiçar o espaço expositivo. Seguindo esta observação e com o intuito de conseguir calcular a quantidade de luz emitida ao longo da sala, foram criadas oito grelhas de pontos: cinco verticais colocadas ao longo do comprimento da sala (4 x 13 pontos), uma vertical colocada ao longo da largura da sala (3 x 9 pontos) e duas grelhas horizontais (13 x 5 pontos), uma ao nível do chão e outra a oitenta centímetros do chão (correspondente à altura de mesa ou pelintro).

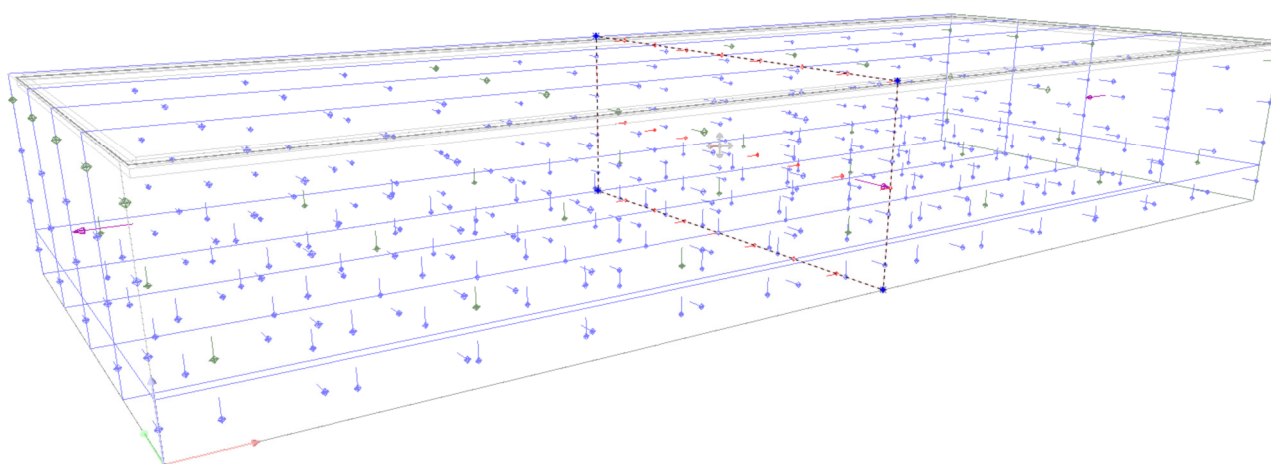


Figura 55 Vista 3D das 8 grelhas de pontos (imagem criada no Dialux)

Cada uma das cinco grelhas verticais colocadas ao longo do comprimento da sala constitui uma malha de 52 pontos (4 verticais X 13 horizontais), estando colocadas com espaçamento de 2,250 metros entre elas (0 m; 2,25 m; 4,5 m; 6,75 m; 9 m).

A grelha vertical que está colocada ao longo da largura da sala está situada a meio do comprimento da parede mais comprida (situada a 11,5 metros).

As grelhas horizontais irão possibilitar obter valores da quantidade de iluminação ao nível do chão ou à altura de uma mesa (normalmente a 80 cm), para a eventualidade de haver textos ou objectos pousados a estes níveis.

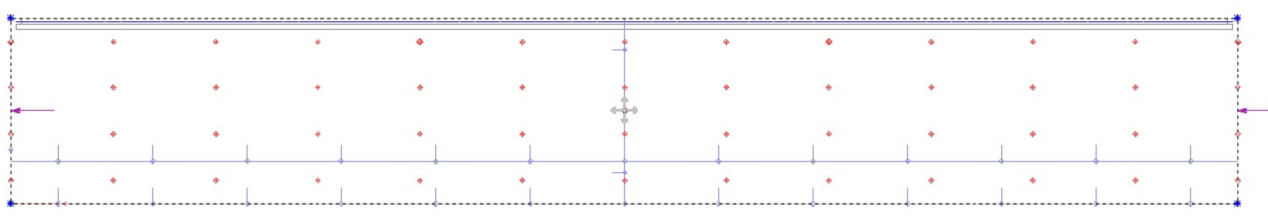


Figura 56 Vista das malhas 1, 2, 3, 4 e 5 (imagem criada no Dialux)

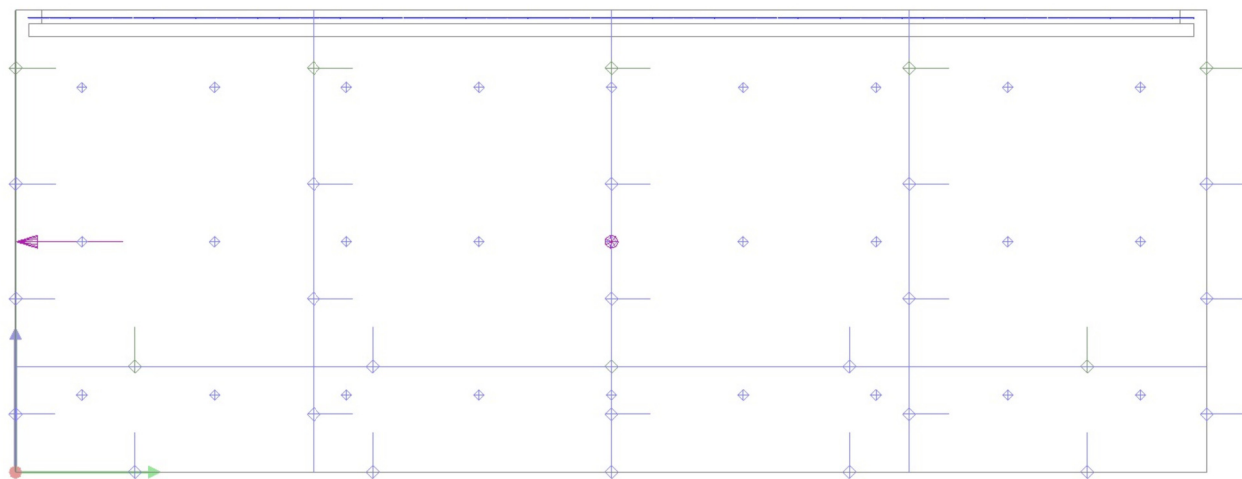


Figura 57 Vista da malha 6 (imagem criada no Dialux)

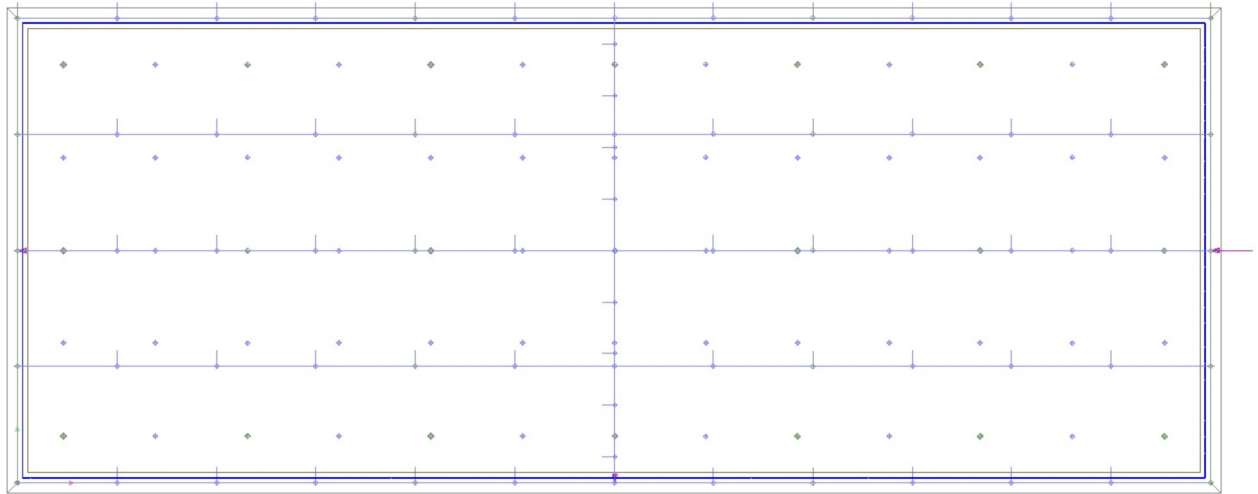


Figura 58 Vista das malhas horizontais 7 e 8 (imagem criada no Dialux)

Numa segunda fase, foram colocados quatro objectos espalhados na sala de exposição com o objectivo de calcular os níveis de iluminação neles obtidos como se um observador estivesse a ver a obra.

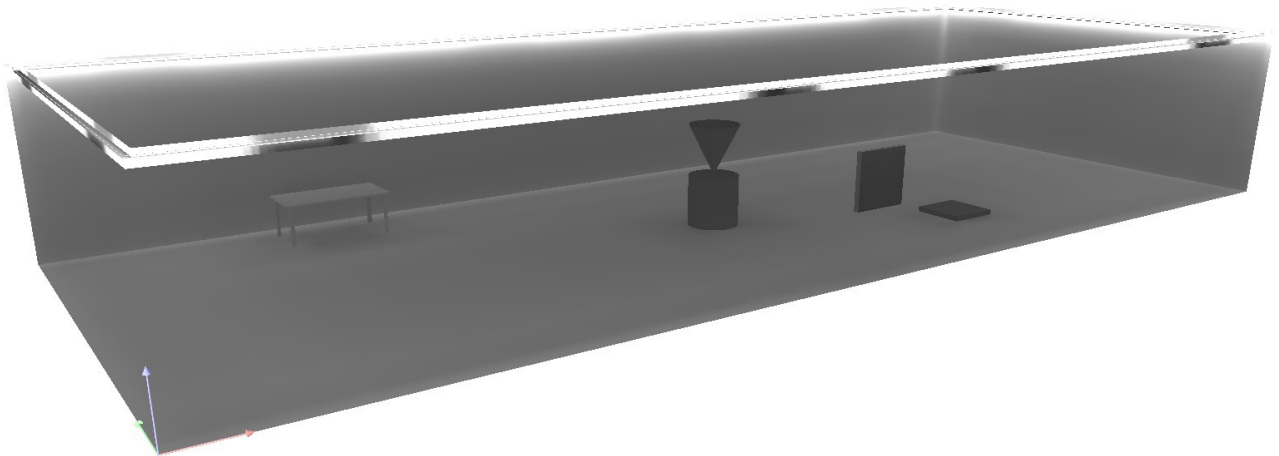


Figura 59 Vista 3D da sala de exposições com objectos (imagem criada no Dialux)

No centro da sala estão colocados dois sólidos, (um cone invertido sobre um cilindro com as medidas de cada um 1x1x1 m), para simular uma escultura/instalação de formas irregulares.

A simular um quadro ou uma fotografia de 1x1 m, está um paralelepípedo com 0,1 m de espessura.

A simular um objecto no chão com 1x1 m, está um paralelepípedo com 0,1 m de espessura.

A representar um texto ou objecto colocado sobre uma mesa ou pelintro, foi colocada uma mesa com 2x1x0,8 m

Tabela 10 Localização do objectos na sala de exposições

Objectos na sala	Coordenadas dos objectos centradas
Sólidos escultura	11,5 m ; 4,5 m ; 0 m
Paralelepípedo pintura na parede/fotografia	11,5 m ; 0 m ; 1,750 m
Paralelepípedo objecto chão	16 m ; 2,25 m ; 0 m
Mesa	5 m ; 8 m ; 0 m

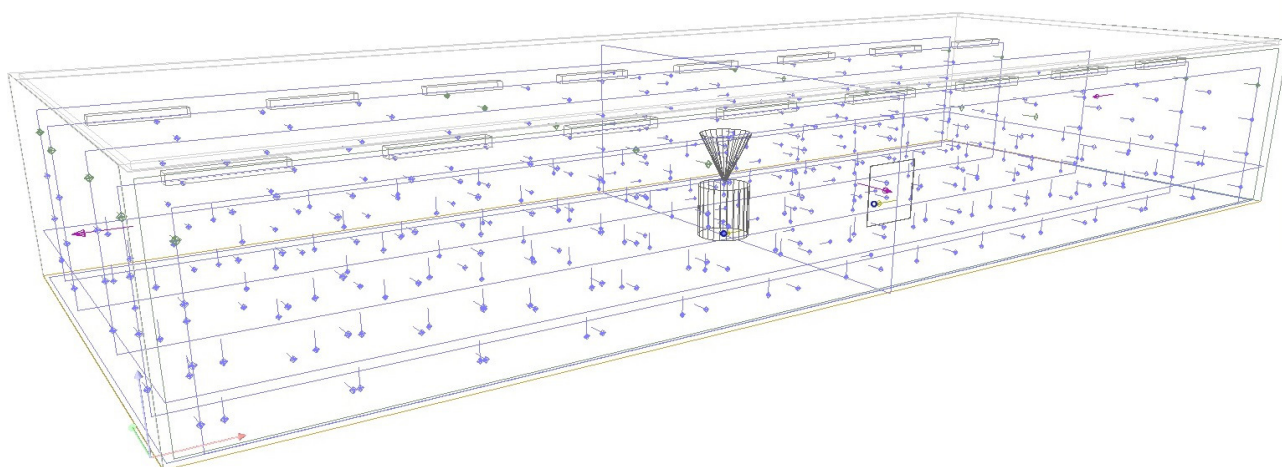


Figura 60 Vista 3D da sala de exposições com a representação das 8 malhas de pontos (imagem criada no Dialux)

6.2. SIMULAÇÕES DIALUX

As simulações aqui realizadas tiveram como base as práticas realizadas nas galerias e museus de arte.

Tendo em atenção as condições técnicas do espaço, dimensões da sala e pé direito, os sistemas de iluminação são, no caso das luminárias fluorescentes, habitualmente colocados em calha no tecto, com orientação 0° (virada para baixo), 45° virada para a parede mais próxima e 45° virada para o centro da sala. No caso da iluminação ser feita com LEDs, é normalmente colocada em sanca no tecto próximo das paredes.

Como referido atrás, simularam-se as seis lâmpadas fluorescentes com a luminária Prestige, colocadas a 45° para baixo, para se comparar e seleccionar a melhor lâmpada fluorescente.

Tabela 11 Simulação luminária fluorescente T5 – HO 49/830 no Dialux

Fluorescentes T5 – HO 54/830

	E médio (lx)	E mínimo (lx)	E máximo (lx)	Emin/Emed
Trama 1	77	26	110	0,34
Trama 2	64	27	84	0,42
Trama 3	79	26	113	0,32
Trama 4	64	27	84	0,42
Trama 5	77	26	110	0,34
Trama 6	81	55	106	0,68
Trama 7	145	106	173	0,73
Trama 8	138	101	162	0,73
Tecto	62	5,1	76	---

custos total das lâmpadas usadas= 32 x €7,18 = € 229,76

Tabela 12 Simulação das luminária fluorescente T5 – HO 54/830 no Dialux

Fluorescentes T5 – HO 54/830

	E médio (lx)	E mínimo (lx)	E máximo (lx)	Emin/Emed
Trama 1	77	26	110	0,34
Trama 2	64	27	84	0,42
Trama 3	79	26	113	0,32
Trama 4	64	27	84	0,42
Trama 5	77	26	110	0,34
Trama 6	81	55	106	0,68
Trama 7	145	106	173	0,73
Trama 8	138	101	162	0,73
Tecto	62	5,1	76	---

custos total das lâmpadas usadas= 32 x €7,18 = € 229,76

Tabela 13 Simulação das luminária fluorescente T5 – HO 39/830 no Dialux

Fluorescentes T5 – HO 39/830

	E médio (lx)	E mínimo (lx)	E máximo (lx)	Emin/Emed
Trama 1	64	23	90	0,36
Trama 2	57	24	75	0,42
Trama 3	74	24	108	0,32
Trama 4	57	24	75	0,42
Trama 5	64	23	90	0,36
Trama 6	72	47	101	0,66
Trama 7	128	87	106	0,68
Trama 8	122	83	151	0,68
Tecto	54	4,54	68	---

custos total das lâmpadas usadas= 32 x €6,81 = € 217,92

Tabela 14 Simulação das luminária fluorescente T5 – HO XT 49/830 no Dialux

Fluorescentes T5 – HO XT 49/830

	E médio (lx)	E mínimo (lx)	E máximo (lx)	Emin/Emed
Trama 1	74	25	106	0,34
Trama 2	62	26	81	0,42
Trama 3	76	25	110	0,32
Trama 4	62	26	81	0,42
Trama 5	74	25	106	0,34
Trama 6	79	53	103	0,68
Trama 7	140	103	168	0,73
Trama 8	134	98	157	0,73
Tecto	60	4,94	74	---

custos total das lâmpadas usadas= 32 x €15,50 = € 496,00

Tabela 15 Simulação das luminária fluorescente T5 – HE 32/830 no Dialux

Fluorescentes T5 – HE 32/830

	E médio (lx)	E mínimo (lx)	E máximo (lx)	Emin/Emed
Trama 1	53	18	77	0,34
Trama 2	44	19	58	0,42
Trama 3	55	18	79	0,32
Trama 4	44	19	58	0,42
Trama 5	53	18	77	0,34
Trama 6	57	38	74	0,68
Trama 7	101	74	74	0,73
Trama 8	96	71	121	0,73
Tecto	43	6,56	53	---

custos total das lâmpadas usadas= 32 x €12,60 = € 403,20

Tabela 16 Simulação das luminária fluorescente T5 – HE 35/830 no Dialux

Fluorescentes T5 – HE 35/830

	E médio (lx)	E mínimo (lx)	E máximo (lx)	Emin/Emed
Trama 1	57	19	82	0,34
Trama 2	48	20	63	0,42
Trama 3	59	19	85	0,32
Trama 4	48	20	63	0,42
Trama 5	57	19	82	0,34
Trama 6	61	41	79	0,68
Trama 7	108	79	129	0,73
Trama 8	103	76	121	0,73
Tecto	46	3,81	57	---

custos total das lâmpadas usadas= 32 x €7,95 = € 254,40

Analisando os resultados obtidos, podemos concluir que os valores de uniformidade, em especial nas cinco primeiras tramas, são inferiores a 0,5, em especial nas tramas 1, 3 e 5. Numa situação ideal, deveriam ser sempre superiores a 0,5. Comparando as seis lâmpadas, os valores de iluminação média das duas opções HE são mais baixos, em alguns casos inferior a 50 Lux, o que não deveria ocorrer pois coloca em causa a boa visibilidade das obras. Considero, por isso, estas duas opções a descartar. A lâmpada HO XT 49/830 tem valores muito similares às outras três opções HO, mas tem um custo muito superior, não se justificando, por isso, esta opção. As restantes três opções são muito similares, quer ao nível do preço, quer ao nível dos valores obtidos sendo, no entanto, os resultados da lâmpada T5 – HO 54/830 ligeiramente melhores. Assim, será a melhor escolha entre as seis. De salientar que os valores mínimos obtidos são junto ao tecto tendo, por isso, pouco impacto na distribuição da iluminação na área expositiva.

As duas simulações seguintes serão das luminárias T5 – HO 54/830, nas duas posições de 45°, para podermos comparar com o resultado obtido.

Tabela 17 Simulação das luminária fluorescente T5 – HO 54/830 no Dialux

Fluorescentes T5 – HO 54/830 – 45° virado para a parede

	E médio (lx)	E mínimo (lx)	E máximo (lx)	Emin/Emed
Trama 1	126	52	164	0,41
Trama 2	51	25	61	0,5
Trama 3	57	28	69	0,48
Trama 4	51	25	61	0,5
Trama 5	126	52	164	0,41
Trama 6	78	51	112	0,66
Trama 7	106	48	154	0,46
Trama 8	99	50	133	0,55
Tecto	61	7,17	99	---

custos total das lâmpadas usadas= 32 x € 7,18 = € 229,76

Tabela 18 Simulação das luminária fluorescente T5 – HO 54/830 no Dialux

Fluorescentes T5 – HO 54/830 – 45° virado para o centro

	E médio (lx)	E mínimo (lx)	E máximo (lx)	Emin/Emed
Trama 1	77	39	90	0,5
Trama 2	101	51	117	0,51
Trama 3	126	52	162	0,41
Trama 4	101	51	117	0,51
Trama 5	77	39	90	0,5
Trama 6	84	63	113	0,75
Trama 7	129	59	189	0,46
Trama 8	121	63	172	0,52
Tecto	59	6,34	78	---

custos total das lâmpadas usadas= 32 x € 7,18 = € 229,76

Comparando os dois quadros, com ângulos de 45° virados, respectivamente, para a parede e para o centro, com o quadro da luminária seleccionada em cima, podemos constatar que a luminária virada para o centro apresenta melhores valores, em especial os valores médios e o uniformidade. Por outro lado, saliento o facto que, nestes últimos dois casos, a diferença entre os valores nas malhas 1 e 5 (paredes) e os valores 2, 3 e 4 (centro da sala), é significativa, o que indicia a existência de sombras nas zonas menos iluminadas. Por esse motivo, achamos preferível a opção em que a iluminação está virada para baixo em detrimento destas duas. No entanto, se o espaço fosse apenas dedicado a obras colocadas nas paredes, a solução da iluminação com um ângulo de 45° virado para a parede seria uma possibilidade, bem como uma sala dedicada a esculturas ou instalações no centro da sala, a opção de iluminação com um ângulo de 45° virado para o centro também seria uma possibilidade.

Tal como no caso das lâmpadas fluorescentes, as quatro fitas de LEDs foram simuladas nas mesmas condições no software Dialux, no entanto, como referido atrás, as fitas estão colocadas em sanca no tecto, próximo das paredes.

Em cada uma das simulações, foi calculado o custo das fitas de LEDs necessárias para colocar na sala, tendo apenas em atenção o comprimento das fitas. No entanto, em montagem real poderá ser necessário usar mais fitas caso haja interesse, por exemplo, em criar áreas separadas, uma vez que é possível instalar as fitas com interruptores separados.

Tabela 19 Simulação das fitas de LEDs LF06P 2 – W4F - 830P no Dialux

LEDs – LF06P2 – W4F – 830P				
	E médio (lx)	E mínimo (lx)	E máximo (lx)	Emin/Emed
Trama 1	191	83	554	0,44
Trama 2	104	74	462	0,71
Trama 3	110	83	472	0,76
Trama 4	104	74	462	0,71
Trama 5	191	83	554	0,44
Trama 6	92	80	165	0,86
Trama 7	107	91	125	0,73
Trama 8	114	86	152	0,75
Tecto	12	3254	269	---

Tabela 20 Simulação das fitas de LEDs LF06P 2 – W5F – 830P no Dialux

LEDs – LF06P2 - W5F – 830P				
	E médio (lx)	E mínimo (lx)	E máximo (lx)	Emin/Emed
Trama 1	257	113	735	0,44
Trama 2	139	100	600	0,72
Trama 3	148	112	617	0,76
Trama 4	139	100	600	0,72
Trama 5	257	113	735	0,44
Trama 6	125	108	223	0,86
Trama 7	154	116	204	0,75
Trama 8	144	123	167	0,85
Tecto	359	20	3967	---

Tabela 21 Simulação das fitas de LEDs LF06A – W3F – 830P no Dialux

LEDs – LF06A – W3F – 830P				
	E médio (lx)	E mínimo (lx)	E máximo (lx)	Emin/Emed
Trama 1	39	17	111	0,43
Trama 2	21	15	90	0,72
Trama 3	22	17	93	0,76
Trama 4	21	15	90	0,72
Trama 5	39	17	111	0,43
Trama 6	19	16	34	0,86
Trama 7	23	18	31	0,75
Trama 8	22	19	25	0,85
Tecto	55	3,47	769	---

custos total das fitas de LEDs usadas= 8 x € 436,80 = € 3057,60

Tabela 22 Simulação das fitas de LEDs LF06S – 830P no Dialux

LEDs – LF06S – 830P				
	E médio (lx)	E mínimo (lx)	E máximo (lx)	Emin/Emed
Trama 1	371	160	902	0,43
Trama 2	204	147	938	0,72
Trama 3	216	156	953	0,72
Trama 4	204	147	938	0,72
Trama 5	371	160	902	0,43
Trama 6	183	158	333	0,86
Trama 7	225	170	292	0,75
Trama 8	210	180	241	0,86
Tecto	542	25	5984	---

custos total das fitas de LEDs usadas= 12 x € 412,40 = € 4948,80

Dos resultados obtidos, e tendo em consideração os valores referidos atrás de valor médios entre 50 lux e 200 lux, excluí automaticamente três das quatro opções, ficando apenas a fita de LEDs LF 06 P2 – W4F – 830P. Os valores são todos muito uniformes, como comprovam os resultados de fluxo obtidos. De notar, no entanto, que os valores máximos são obtidos junto ao tecto, nas zonas mais próximas das lâmpadas, não interferindo, por isso, com a distribuição de luz na sala nem com as próprias obras expostas.

Para melhor se visualizar a distribuição de iluminância nas várias malhas, nas duas opções (luminária fluorescente T5 – HO 54/830, virada para baixo e a fita de LEDs LF 06 P2 – W4F – 830), apresentamos as imagens que retirámos do Dialux das linhas isográficas da iluminância nas oito malhas analisadas e tecto.

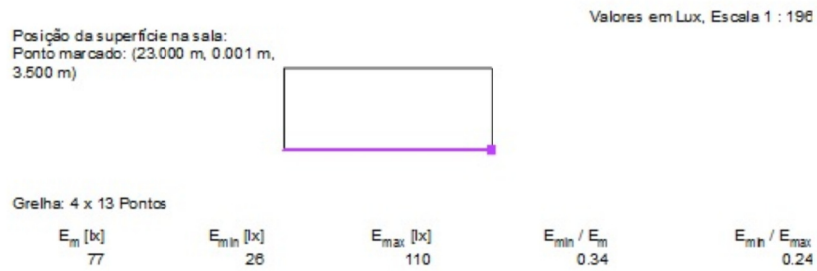
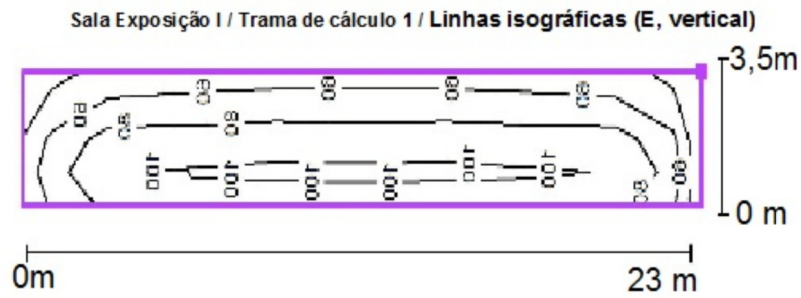


Figura 61 Vista da malha 1 com luminária fluorescente T5 (igual à malha 5)

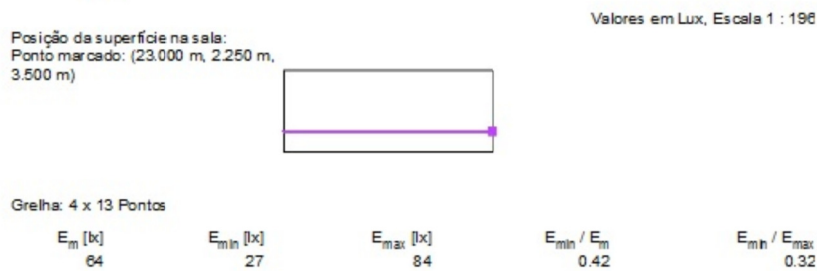
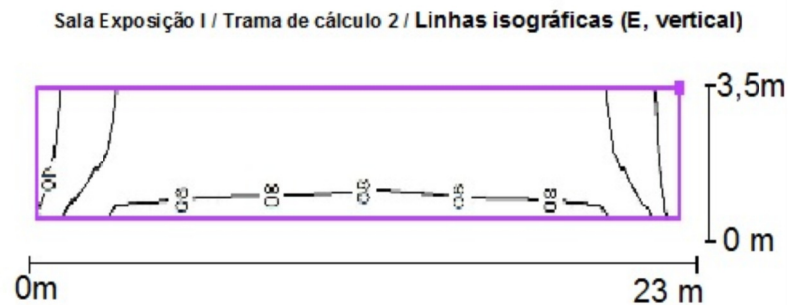


Figura 62 Vista da malha 2 com luminária fluorescente T5 (igual à malha 4)

Sala Exposição I / Trama de cálculo 3 / Linhas isográficas (E, vertical)



Valores em Lux, Escala 1 : 196

Posição da superfície na sala:
Ponto marcado: (23.000 m, 4.500 m,
3.500 m)

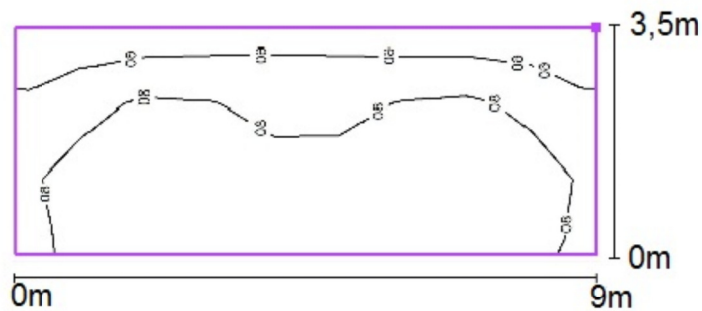


Grelha: 4 x 13 Pontos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
79	26	113	0.32	0.23

Figura 63 Vista da malha 3 com luminária fluorescente T5

Sala Exposição I / Trama de cálculo 6 / Linhas isográficas (E, vertical)



Valores em Lux, Escala 1 : 73

Posição da superfície na sala:
Ponto marcado: (11.500 m, 9.000 m,
3.500 m)



Grelha: 3 x 9 Pontos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
81	55	106	0.68	0.52

Figura 64 Vista da malha 6 com luminária fluorescente T5

Sala Exposição I / Trama de cálculo 7 / Linhas isográficas (E, vertical)

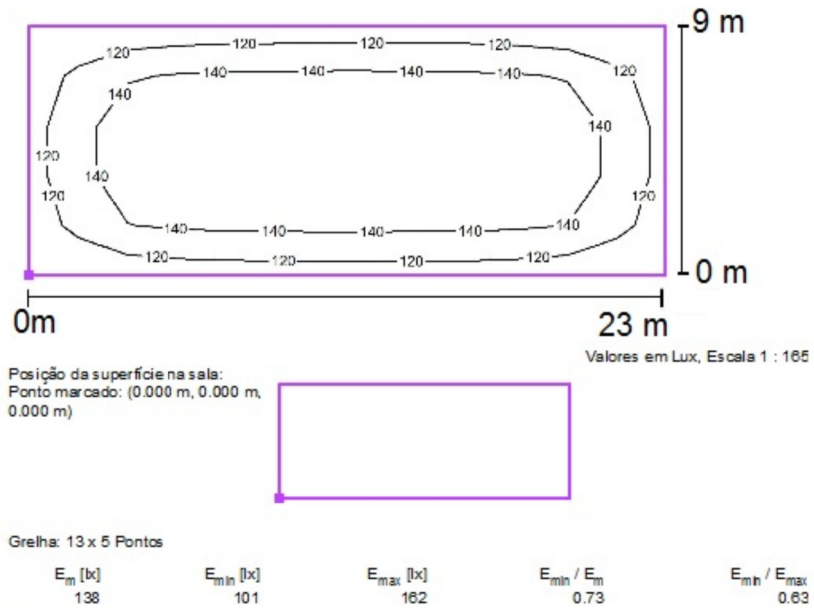


Figura 65 Vista da malha 7 com luminária fluorescente T5

Sala Exposição I / Trama de cálculo 8 / Linhas isográficas (E, vertical)

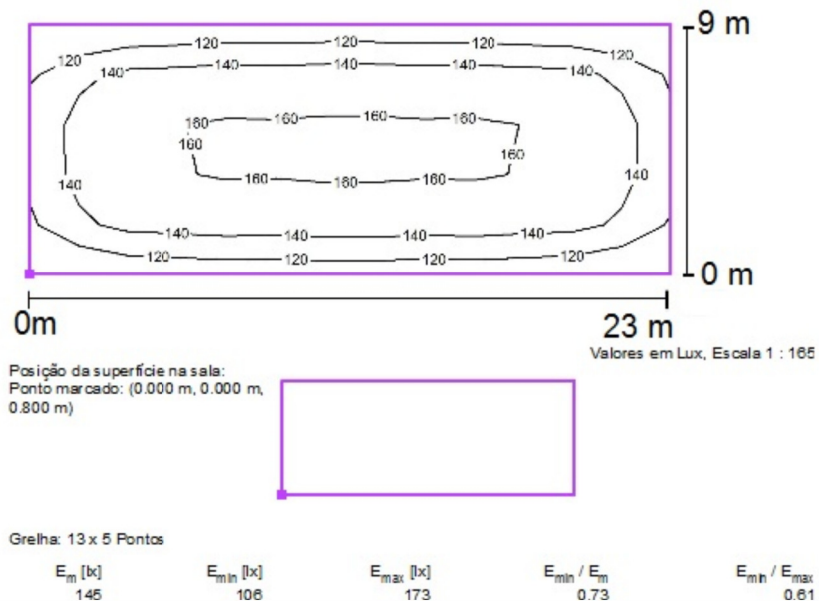


Figura 66 Vista da malha 8 com luminária fluorescente T5

Sala Exposição I / Resumo

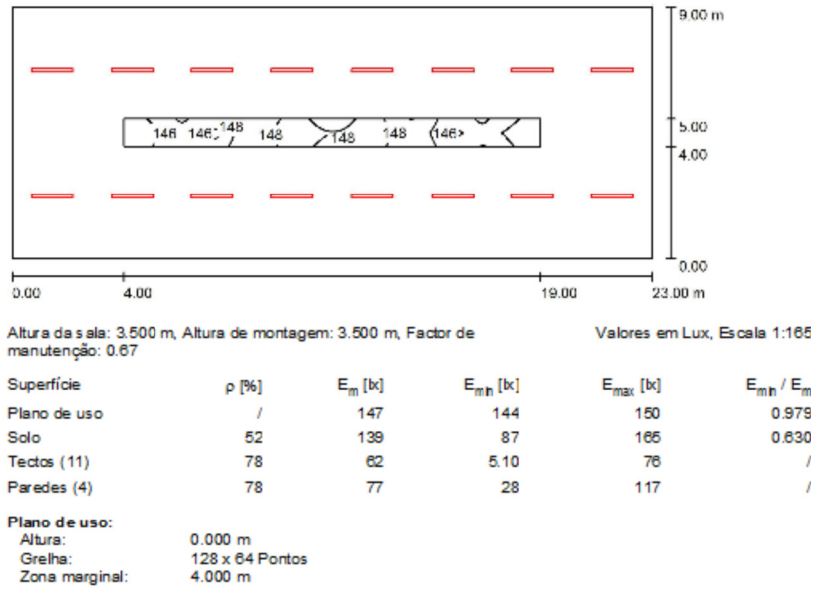


Figura 67 Vista do Tecto com luminária fluorescente T5

Sala Exposição I / Trama de cálculo 1 / Linhas isográficas (E, vertical)

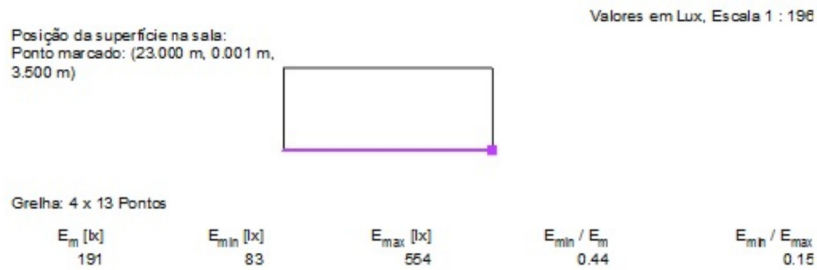
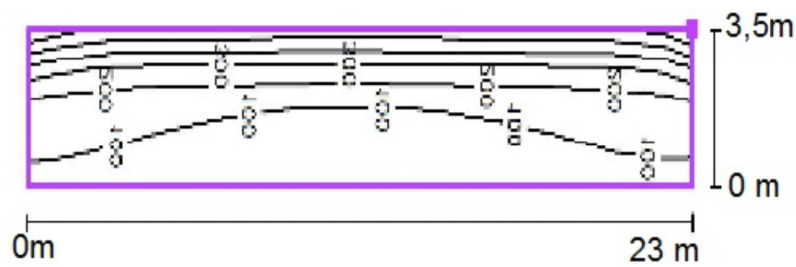
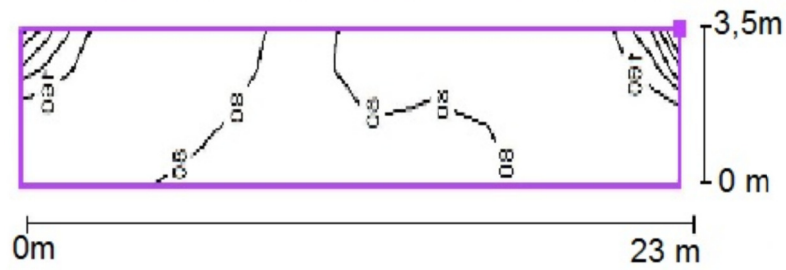


Figura 68 Vista da malha 1 com fita de LEDs (igual à malha 5)

Sala Exposição I / Trama de cálculo 2 / Linhas isográficas (E, vertical)



Valores em Lux, Escala 1 : 196

Posição da superfície na sala:
Ponto marcado: (23.000 m, 2.250 m, 3.500 m)

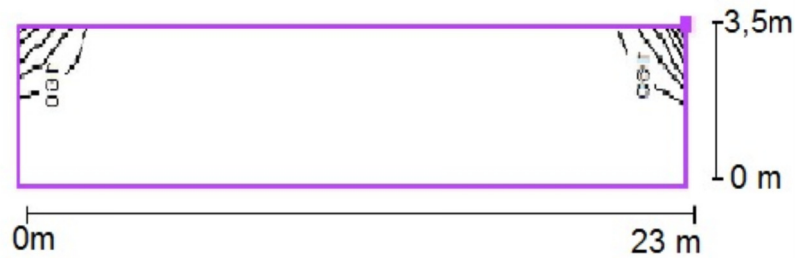


Grelha: 4 x 13 Pontos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
104	74	462	0.71	0.16

Figura 69 Vista da malha 2 com fita de LEDs (igual à malha 4)

Sala Exposição I / Trama de cálculo 3 / Linhas isográficas (E, vertical)



Valores em Lux, Escala 1 : 196

Posição da superfície na sala:
Ponto marcado: (23.000 m, 4.500 m, 3.500 m)



Grelha: 4 x 13 Pontos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
110	83	472	0.76	0.18

Figura 70 Vista da malha 3 com fita de LEDs

Sala Exposição I / Trama de cálculo 6 / Linhas isográficas (E, vertical)

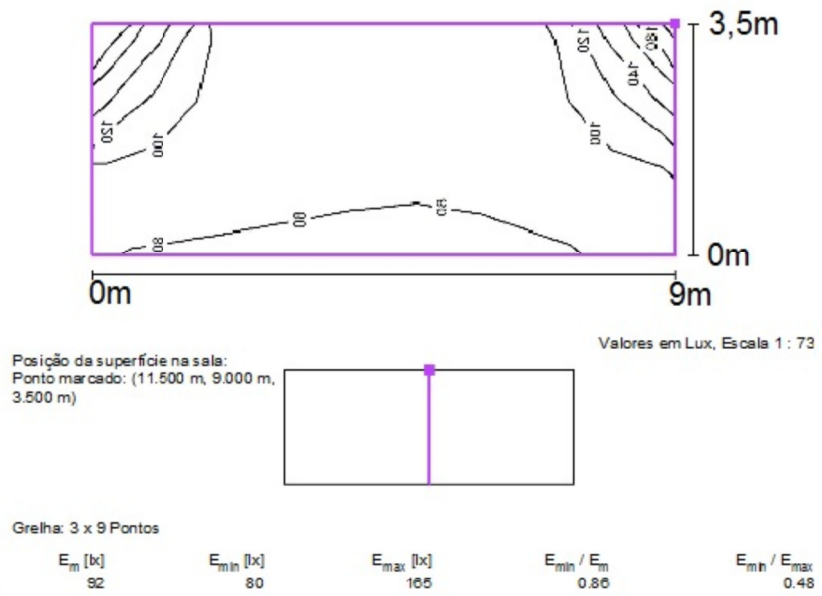


Figura 71 Vista da malha 6 com fita de LEDs

Sala Exposição I / Trama de cálculo 7 / Linhas isográficas (E, vertical)

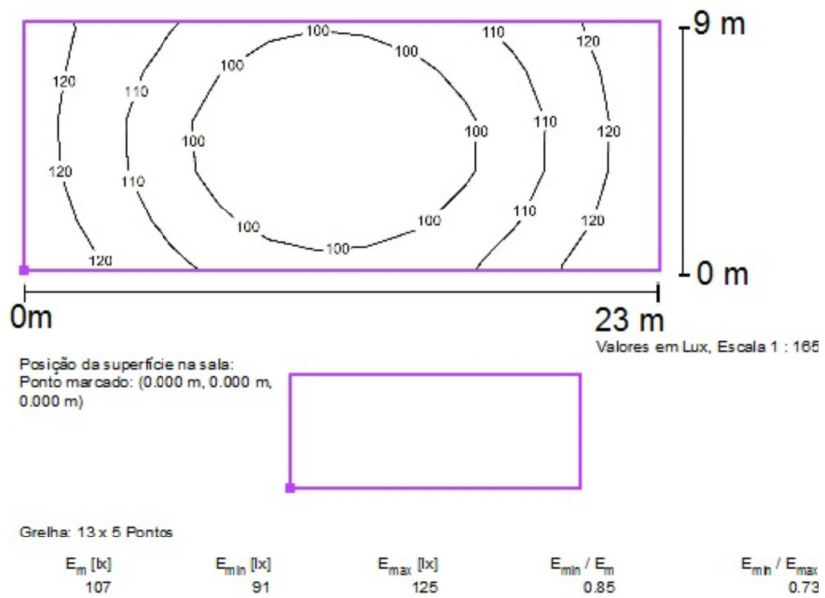


Figura 72 Vista da malha 7 com fita de LEDs

Sala Exposição I / Trama de cálculo 8 / Linhas isográficas (E, vertical)

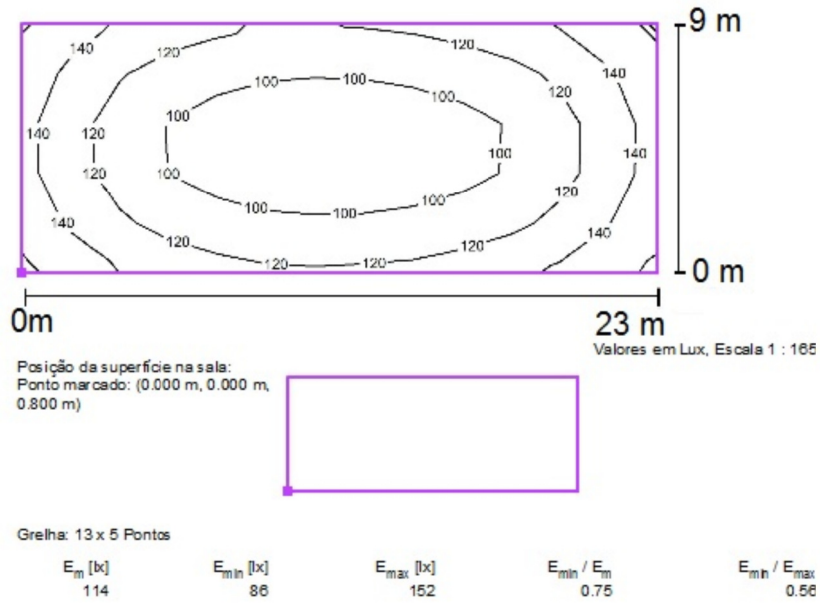


Figura 73 Vista da malha 8 com fita de LEDs

Sala Exposição I / Resumo

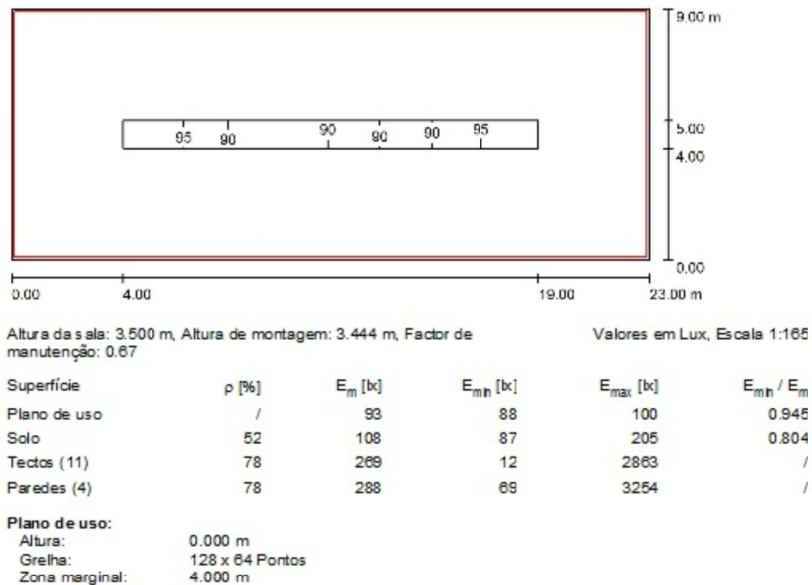


Figura 74 Vista do tecto com fita de LEDs

Comparando a opção escolhida das luminárias fluorescentes (T5 – HO 54/830, virada para baixo) e a fita de LEDs (LF 06 P2 – W4F – 830P), consideramos que a fita de LEDs tem um melhor uniformidade e melhores valores de iluminação. Na trama 1 e 5 (junto às paredes), o valor da uniformidade é inferior a 0,5, o que se ficou a dever ao facto de, junto ao tecto, os valores de iluminação máxima serem mais altos sem que, no entanto, tenha interferência real com as áreas expositivas. Sendo a distribuição luminosa melhor, haverá menos sombras e, no caso particular das fitas de LEDs, não haverá encandeamento, uma vez que as fitas estão em sanca. A vida útil das fitas de LEDs é duas vezes e meia maior que as fluorescentes (50000h os LEDs e 19000 as fluorescentes). A única desvantagem da fita de LEDs é o custo de investimento (as fitas de LEDs a usar nesta instalação terão um custo base de € 6300,00, excluindo os acessórios, enquanto que o custo das luminárias Prestige pack com as lâmpadas T5 – H0 54 terão um custo de perto de um terço, € 2300,00). No entanto, tendo em consideração as características técnicas apresentadas aqui, juntamente com menor desgaste da obras devido aos LEDs não emitirem radiação para além da visível, levam-nos a optar pelos LEDs. Temos, também, a vantagem de usar os LEDs em sanca e deixar as calhas no tecto da sala disponíveis para utilização de projectores para iluminação suplementar como será visto mais à frente.

Paralelamente às simulações aqui apresentadas, foram realizadas outras, com outras luminárias e com montagens de LEDs em sanca e luminárias fluorescente em calha em simultâneo, mas os valores obtidos não foram melhores que as apresentadas aqui e, por essa razão, não as incluímos no relatório aqui detalhadas.

Após ter escolhido a luminária a usar na iluminação geral da sala, fizemos a simulação desta solução com os objectos colocados na sala para, desta forma, avaliar o efeito obtido nas obras de arte.

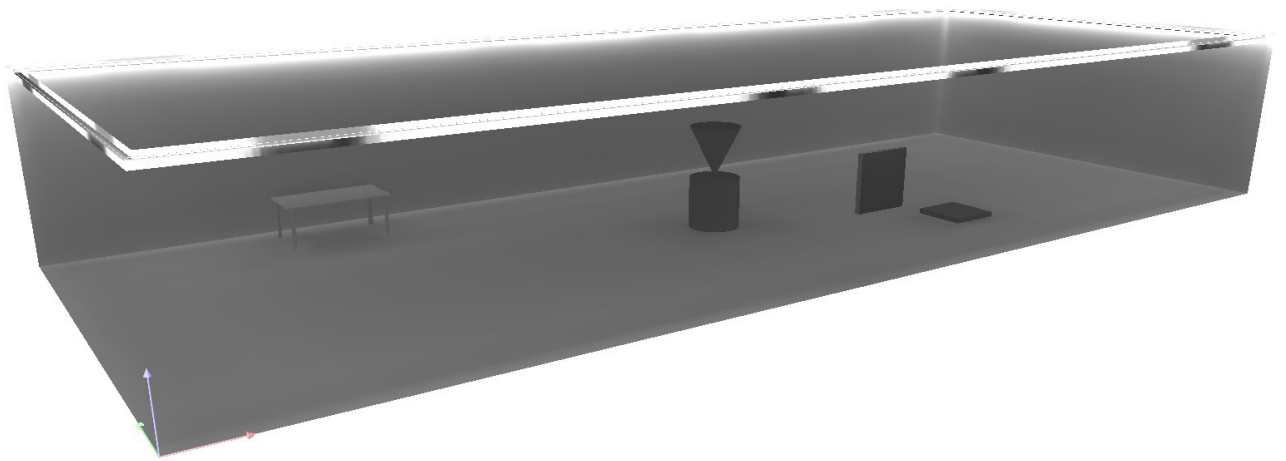


Figura 75 Vista 3D da sala de exposições com objectos (imagem criada no Dialux)

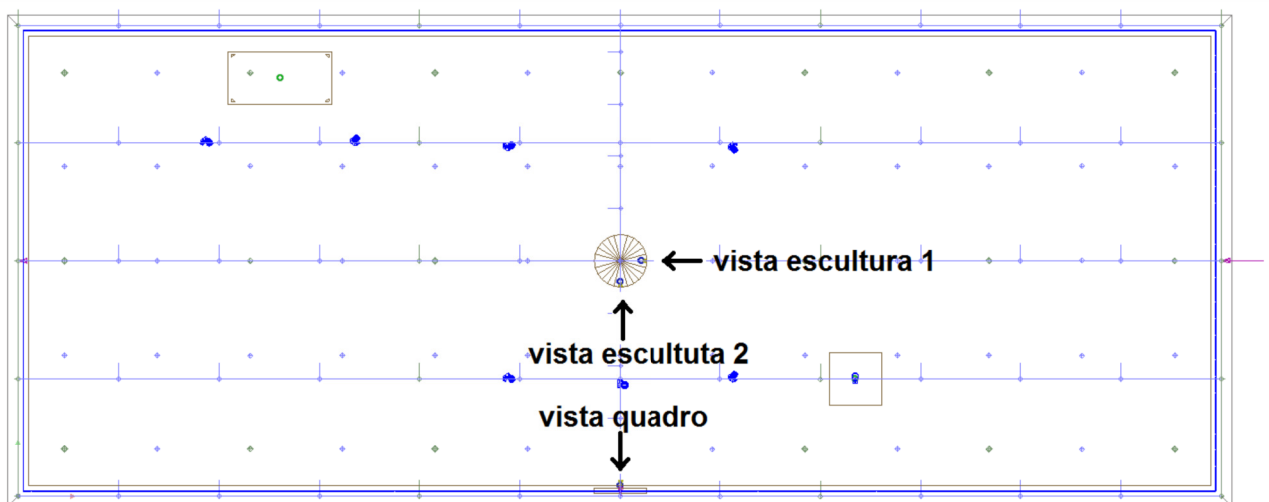


Figura 76 Vista topo da sala com os três pontos de cálculo vertical (imagem criada no Dialux)

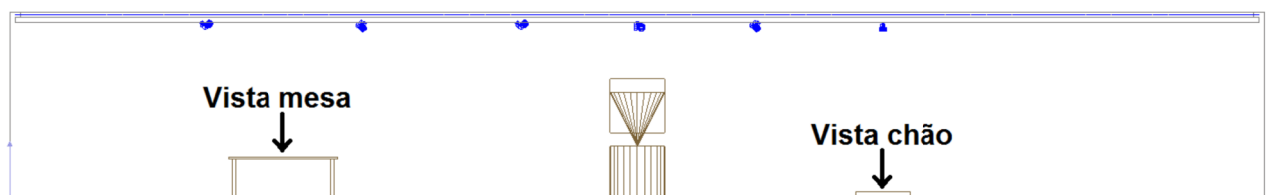


Figura 77 Vista lateral da sala com os dois pontos de cálculo horizontal (imagem criada no Dialux)

Tabela 23 **Valores de luminância nos pontos de cálculo**

LEDs – LF06P2 – W4F – 830P

	E (lx)
Vista vertical Escultua 1	81
Vista vertical Escultua 2	79
Vista vertical quadro	71
Vista horizontal chão	98
Vista horizontal mesa	121

Os valores de iluminação obtidos nos objectos estão dentro dos valores esperados e, como se pode constatar, não se verificam os valor de excepção máximos, estando dentro do intervalo de 50 lx e 200 lx, em especial o valor obtido na simulação da vista do quadro, que é de 71 lx (que, muito provavelmente será uma zona onde haverá mais desenhos expostos e, como tal, mais sensíveis à luz).

Para situações onde sejam necessários maiores níveis de iluminância, quer por razões cénicas, quer por motivos técnicos impostos pela obra exposta, pode-se recorrer a iluminação suplementar.

Iluminação suplementar

A iluminação suplementar tem como objectivo apenas complementar a solução proposta na iluminação geral devendo a iluminação da sala ser feita, sempre que possível, apenas com a iluminação geral. As principais razões prendem-se com o facto de, assim, limitarmos a radiação luminosa emitida sobre as obras de arte, pouparmos energia, evitarmos sombras e encandeamentos que a iluminação auxiliar irá provocar.

A iluminação suplementar será feita com projectores, uma vez que será usada para iluminar pontos ou áreas específicas, que serão colocados em duas calhas a instalar no tecto ao longo dos lados mais compridos (23 metros),

Para a selecção dos projectores, tive as seguintes considerações:

- Os projectores a simular serão da marca ERCO, em vez da marca OSRAM, como o resto das luminárias, por dois motivos: por ser uma das marcas de mercado na vanguarda de projectores para iluminar obras de arte, e pelo facto de, a nível mundial, os principais

museus e galeria de arte usarem esta marca (já no que respeita a iluminação geral do espaço, variam muito de marca).

- Como o objectivo será a utilização de projectores para complementar a iluminação geral, sugerimos a utilização de projectores de secção redonda e de foco apertado para que, dessa forma, a luz emitida apenas fique focada na peça a iluminar e não se disperse. Claro que, numa situação ideal, poder-se-ia ter uma vasta variedade de projectores para colmatar todas as possibilidades mas, nesta situação, pensamos ser mais correcta a selecção de um projector tipo para todas as aplicações.

- Selecção de temperatura de cor: em relação a este tópico, ponderámos, inicialmente, duas situações, manter a temperatura de cor de 3000°K, uma luz mais quente e confortável para a vista como foi seleccionado para a iluminação geral, ou uma temperatura de 4000°K, uma luz mais branca e real, mas ligeiramente mais desagradável. A opção recaiu nos 4000°K, e o motivo prende-se com a principal razão da utilização do projector: salientar um obra de arte ou parte dele, em relação ao que está à volta. Com uma temperatura de cor de 4000°K o resultado cénico, estético e de concentração da atenção do visitante será melhor conseguido.

Com estas características, a ERCO tem apenas 5 modelos de projectores de LEDs. Simularam-se estes cinco modelos juntamente com a iluminação geral seleccionada atrás.

Nestas simulações, foram colocados oito projectores, quatro à volta da escultura que está no centro da sala, a iluminar de forma equilibrada toda a obra, dois projectores a iluminar a mesa, um projector a iluminar o quadro da parede e outro a iluminar o objecto no chão. Mais uma vez, a forma como foram colocados os projectores vai de encontro às práticas geralmente aplicadas em situações reais.

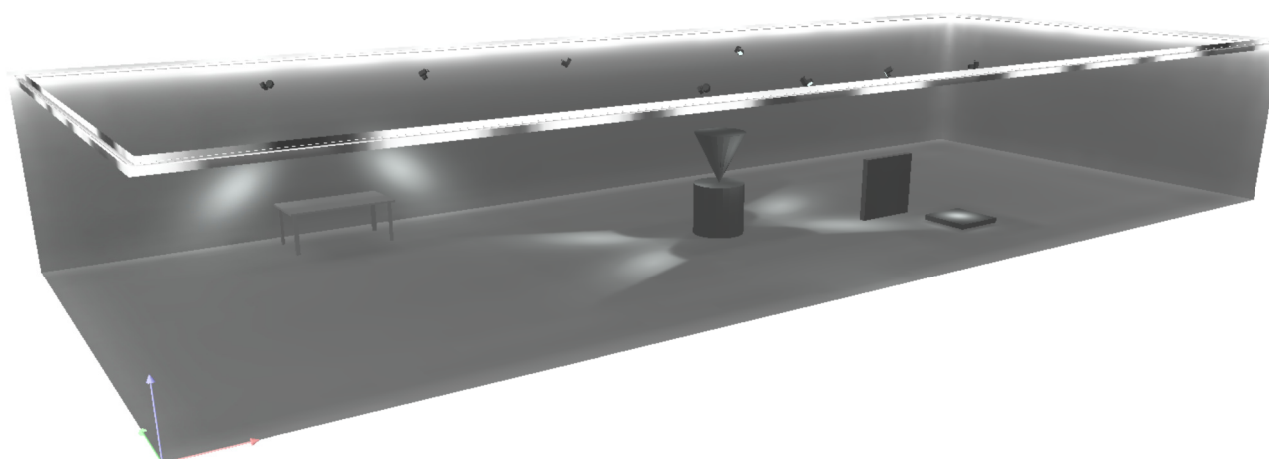


Figura 78 Vista 3D sala com objectos iluminados pelos projectores (imagem criada no Dialux)

Tabela 24 Tabelas de características de cinco modelos de Projectores LEDs seleccionados da Marca ERCO [50]

Projectores ERCO

Projector Ref.:	Parscan ref: 71606.000
Potência	4 W
Eficiência luminosa	58 lm/W
Fluxo luminoso	550 lm
Fluxo luminoso na luminária	407 lm
Temperatura de cor	4000 K
Índice de reprod. de cor	> 80
preço	583,00 €

Projector Ref.:	Pollux ref: 72343.000
Potência	2 W
Eficiência luminosa	65 lm/W
Fluxo luminoso	275 lm
Fluxo luminoso na luminária	261 lm
Temperatura de cor	4000 K
Índice de reprod. de cor	> 80
preço	477,00 €

Projector Ref.:	Optec ref: 71036.000
Potência	2 W
Eficiência luminosa	64 lm/W
Fluxo luminoso	275 lm
Fluxo luminoso na luminária	254 lm
Temperatura de cor	4000 K
Índice de reprod. de cor	> 80
preço	500,00 €

Projector Ref.:	Optec ref: 71036.000
Potência	8 W
Eficiência luminosa	97 lm/W
Fluxo luminoso	1100 lm
Fluxo luminoso na luminária	1063 lm
Temperatura de cor	4000 K
Índice de reprod. de cor	> 80
preço	500,00 €

Projector Ref.:	Optec ref: 71036.000
Potência	4 W
Eficiência luminosa	70 lm/W
Fluxo luminoso	550 lm
Fluxo luminoso na luminária	487 lm
Temperatura de cor	4000 K
Índice de reprod. de cor	> 80
preço	500,00 €

Tabela 25 Valores de iluminância nos pontos de cálculo (simulado no Dialux)

LEDs em Sanca	Sem Proj	Proj 1	Proj 2	Proj 3	Proj 4	Proj 5
Vista vertical Escultua 1	81	129	133	136	151	129
Vista vertical Escultua 2	79	858	1483	1565	3123	809
Vista vertical quadro	71	89	95	97	134	92
Vista horizontal chão	98	373	507	581	1222	333
Vista horizontal mesa	121	188	282	314	577	200

Proj1 – Projector ERCO 72343000 Pollux 1 x 2 W

Proj2 – Projector ERCO 71606000 Parscan 1 x 4 W

Proj3 – Projector ERCO 71163000 Optec 1 x 4 W

Proj4 – Projector ERCO 71054000 Optec 1 x 8 W

Proj5 – Projector ERCO 71036000 Optec 1 x 2 W

Dos valores obtidos, e tendo em consideração a tabelas dos níveis de iluminância (50 lx para objectos mais sensíveis como desenhos e tecidos, 150 a 200 lx, para pinturas e 300 lx para pedra, ferro e vidro), poderíamos concluir que todos os projectores apresentam valores muito altos no pontos de cálculos “vertical escultura 2” e “horizontal chão”, mas não nos podemos esquecer que são luminárias complementares e móveis e, como tal, poderiam não ser usadas neste pontos específicos ou poderiam ser reajustadas as suas distâncias. A decisão de usar ou não usar passaria, entre outras coisas, pela opinião do artista ou curador e pelo tipo de material em exposição.

As características técnicas destes projectores, em geral, são muitos semelhantes, sendo as potências e fluxos luminosos as características que diferem entre eles. Todos estes projectores tem a possibilidade de variar a intensidade luminosa através da utilização de equipamentos de controle de iluminação e, assim, é possível reduzir estes valores de intensidade luminosa.

Entre as cinco opções, o Projector ERCO 71036000 Optec 1 x 2 W, será a melhor escolha, uma vez que é o que apresenta os valores de iluminância mais baixos e, por isso, mais recomendado no geral para o tipo de obras em que irá ser usado. A quantidade de projectores será sempre dependente do tipo de exposições e obras que serão expostas. A título meramente indicativo, consideramos como 16 um limite máximo de projectores a usar num espaço com estas dimensões. Este número é calculado tendo por base a utilização de um projector usado por cada 2 metros lineares quando montados em exposições sem iluminação auxiliar e 4 metros lineares quando usado em exposições com iluminação auxiliar, prática recorrente usada por galerias de arte no cálculo de projectores

para montar em feiras de arte contemporânea. Distâncias que depois, na prática, são ajustadas em função do tipo obra a expôr.

6.3. SELECÇÕES DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Em resumo, das opções feitas para o sistema de iluminação a usar neste espaço expositivo, sugerimos, para iluminação geral, a utilização de fitas de LEDs da marca OSRAM LF 06 P2 – W4F – 830P e para iluminação suplementar a utilização de projectores de LEDs da marca ERCO 71036000 Optec 1 x 2 W.

Apesar das fitas de LEDs terem 5,1 metros , sugiro a utilização de módulos com 3 metros porque, apesar de aumentar os custos de investimento, permite criar mais áreas cénicas independentes, ficando assim as paredes de 23 metros com 8 fitas cada e as paredes de 9 metros com 3 fitas cada.

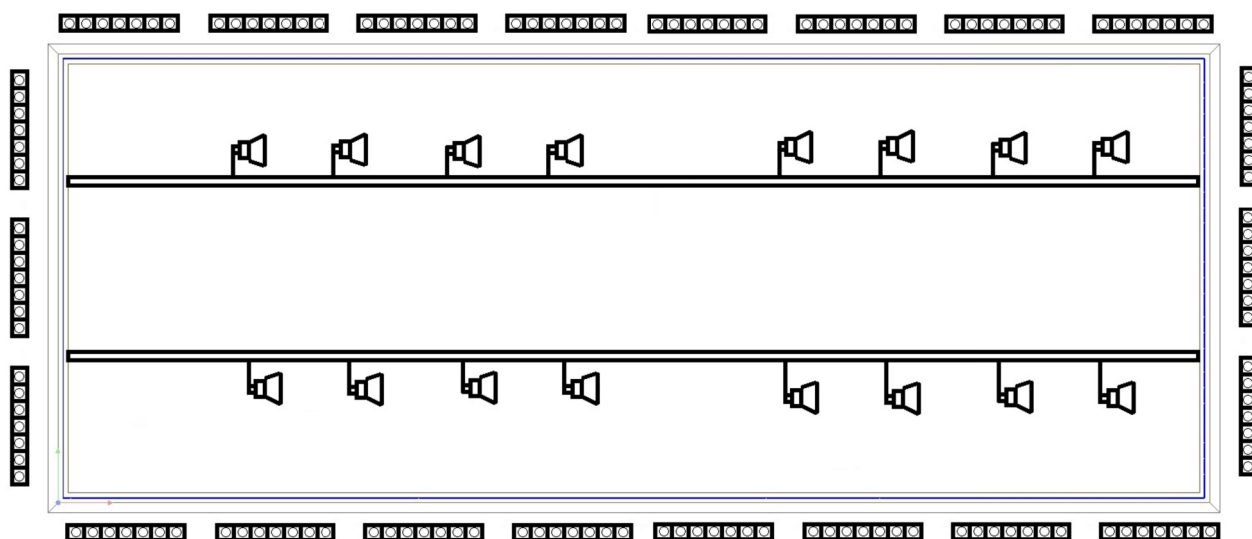


Figura 79 Esquema do sistema de iluminação sugerido (fitas de LEDs mais projectores de LEDs)

6.4. EQUIPAMENTO SUPLEMENTAR

Podemos ainda sugerir como equipamento suplementar (dispensável) um projector de recorte (também conhecido como projector de teatro), como o Alba 8/22 (200 W, regulável com dimmer de 0 a 100%, e duas temperaturas de cor 3200 K e 5600 K). Esta é uma versão de LED e, por isso, tem uma potência de 200 W. Caso fosse uma versão de halogéneo, teria uma potência de 1000 W.

O interesse de ter um equipamento destes é a vantagem cénica, porque desta forma permite ter uma intensidade luminosa de valor mais alto para centrar numa obra ou parte da sala, podendo-se usar uma grande variedade de filtros e assim, de uma forma simples, criar ambientes, mudar a cor da sala, emitir um foco de luz com formas diferentes. Normalmente, este tipo de luz não é usado em desenho ou pinturas mas sim em esculturas ou instalações, que utilizam materiais que sofrem muito menos degradação pela radiação luminosa.



Figura 80 Projector ALBA 8/22 [51]

6.5. CONTROLO DE ILUMINAÇÃO

Como referido no capítulo 3, é muito útil a utilização de equipamentos de controlo de iluminação (dimmer), como é comum encontrar acoplados em projectores de halogéneo. Os dimmers permitem regular a intensidade luminosa emitida, tendo directamente duas vantagens: usar valores de intensidade mais baixos sempre que possível (o que irá reduzir o consumo eléctrico do equipamento) e, por outro lado, com um mesmo equipamento poder-se-á obter vários valores de iluminância nos objectos, em função do interesse cénico ou conservativo da obra.

Em função das necessidades, é possível usar diferentes tipos de sistemas de controle existentes no dimmer: apenas com função de ligar e desligar, não aplicável a sistemas de iluminação de LEDs, passando por sistemas de dimmer, de várias posições simples, “não deslizante”, que habitualmente é instalado nos projectores de halogéneo, ou ainda sistemas de dimmer de varrimento, para utilização com sistemas de LEDs. Em oposição a estes sistemas, temos outros mais complexos: o sistema DMX (Digital MultipleX), utilizado com frequência em salas de teatro e espaços com necessidades de controle de iluminação RGB (variação de cor), e o sistema DALI (Digital Addressable Lighting Interface), encontrado frequentemente em espaços comerciais e com grande flexibilidade de utilização. Em oposição aos sistemas mais simples, estes sistemas mais complexos permitem uma grande possibilidade de aplicações; criação de cenários, auto-regulação pelo ciclo do dia (em espaços com luz natural e artificial), regulação por sensores de movimentos, entre outros.

No caso em estudo, em que teremos as fitas de LEDs como iluminação base e a possibilidade de complementação com os projectores de LEDs, teremos de escolher sistemas que possibilitem a interacção dos dois sistemas de iluminação. O sistema DMX é recomendado, principalmente, para locais onde haja necessidade de variar a cor da iluminação, como salas de teatro, mas, numa sala de exposições, essa situação não é muito frequente. Pelo contrário, pretende-se normalmente uma iluminação que altere o menos possível a aparência de cor e a restituição cromática. O sistema DALI, apresenta maior flexibilidade nos vários interfaces e permite ligar maior número de luminárias por interface (gateway), 64, enquanto que, no caso do DMX, está limitado a 10. Por essa razão

e pelo facto de já estar muito implementado em Portugal e haver uma grande gama de produtos no nosso mercado, a escolha do sistema de controlo recai num sistema DALI.

Seguindo o mesmo critério feito na escolha dos sistemas de iluminação usados para as simulações, aqui também optámos por materiais da marca OSRAM.

Pelo estudo feito inicialmente no terreno, concluímos que ainda são poucos os espaços expositivos que recorrem à instalação destes sistemas. Os equipamentos de controlo de iluminação quase só se encontram em museus, a grande maioria das galerias de arte permanece sem sistema de controle de iluminação, por um lado, porque têm sistemas de iluminação antigos, por outro, pelo investimento financeiro que estes equipamentos acarretam.

Mas, se olharmos às necessidades técnicas e estéticas de uma exposição, juntamente com a possibilidade de baixar os custos do consumo energético da instalação eléctrica, bem como melhorar e facilitar o controlo da instalação, encontramos as seguintes necessidades que este sistema possa vir a colmatar:

- Controlar de um só ponto todo o sistema de luminárias instaladas, quer o sistema base, quer o sistema suplementar de projectores.
- Permitir que estes sistemas de luminárias possam variar não apenas de exposição para exposição, como durante a exposição.
- Integrar a componente cénica da exposição, através da criação de várias zonas distintas no mesmo espaço, podendo ao longo da visita variar a iluminação, conduzindo assim o visitante ou mesmo ir mostrando a exposição zona a zona.
- Tendo sensores de movimento, há a possibilidade de regular a intensidade para o mínimo quando não há visitantes e, dessa forma, baixar os custos energéticos.

Devido à componente financeira ser muito importante, e o investimento inicial num sistema DALI ter impacto no orçamento financeiro de espaço expositivo, apresentamos duas alternativas, uma de custo inferior, mas simples e com menos potencialidades, e uma segunda alternativa que consideramos colmatar melhor as necessidades destes tipos de espaços, mas que tem um custo de instalação mais elevado.

6.5.1. PRIMEIRA ALTERNATIVA

Utilização de um sistema DALI MCU – o sistema MCU, potenciómetro de controle digital, vai permitir o controlo da iluminação da sala através de dimmer regulável de 0 a 100% do brilho, podendo assim produzir diferentes cenários na sala. O facto de usar ECG (electronic control gear), permite uma poupança do consumo eléctrico até 50% e uma maior longevidade das luminárias até 50%, em comparação com os equipamentos de controle convencionais (CCG) existentes no mercado, segundo dados fornecidos pela OSRAM. Este sistema permite também o controle em simultâneo das fitas de LEDs e projectores de LEDs que poderemos ter em simultâneo nesta sala. O facto de o controle ser feito de forma manual irá limitar os cenários que iremos poder criar e não será possível a interação com sensores de luz e de presença.

O MCU através de interface DALI permite controlar até 25 ECG que, por sua vez, podem controlar até quatro luminárias cada (neste caso quatro fitas de LEDs ou quatro projectores de LEDs).

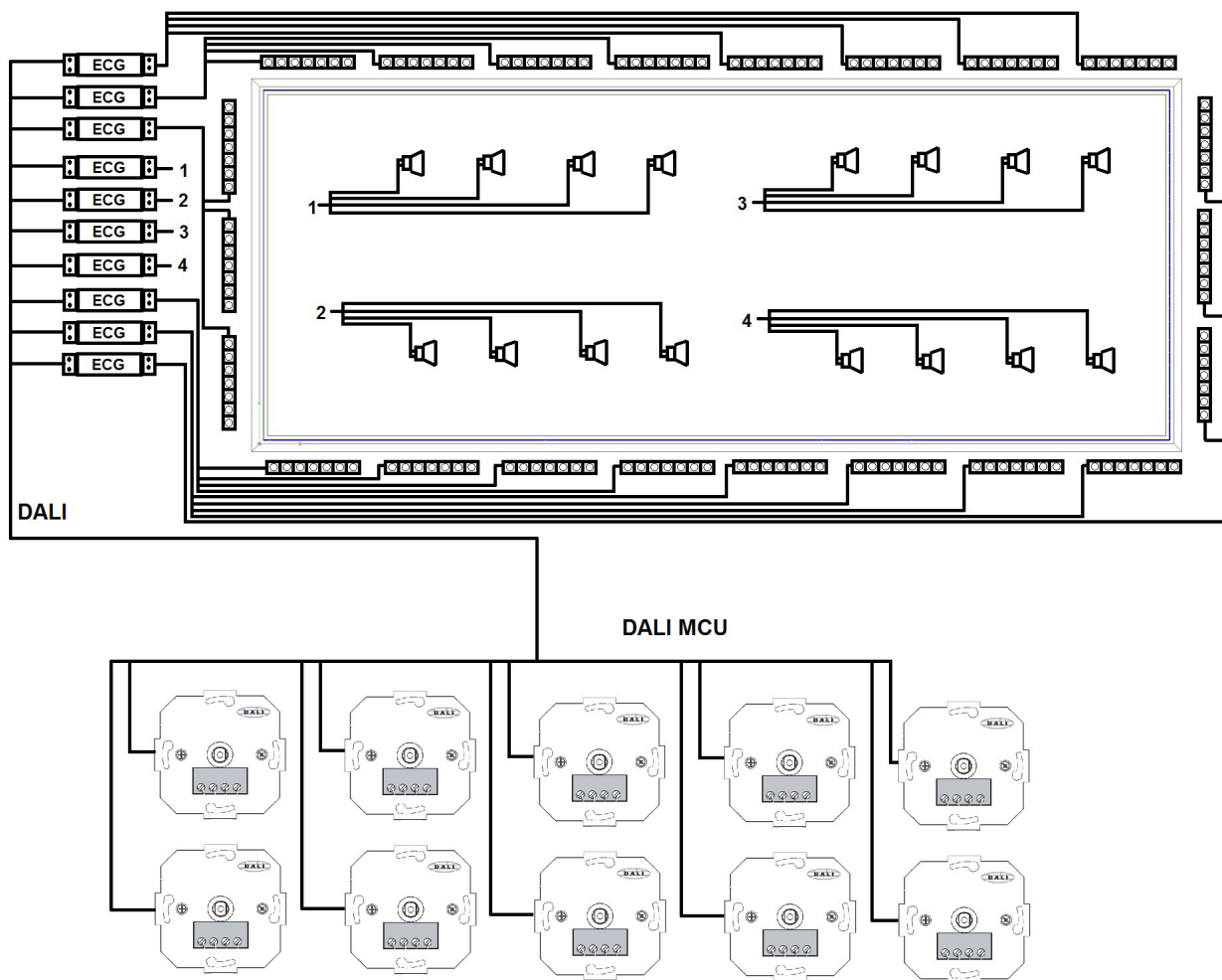


Figura 81 Esquema do sistema DALI - MCU

Nesta montagem, temos instaladas vinte e duas fitas de LEDs e quatro grupos de quatro projectores; para permitir a criação de vários cenários, dividiu-se o espaço em várias áreas comandadas por um potenciômetro (MCU). Dividimos as paredes maiores (23 metros) em duas áreas cada, ficando cada uma com quatro fitas de LEDs. Cada parede curta (9 metros) representa uma área com três fitas de LEDs cada uma. Cada grupo de projectores representa também uma área. Perfaz assim um conjunto de dez áreas comandadas por dez potenciômetros. Para cada área, teremos um ECG, que permitirá a conversão dos sinais, através da flexibilidade de endereços dos sistema DALI, possibilitando a variação do fluxo luminoso de 0 a 100%.

Da marca OSRAM, existem duas possibilidade de ECG a usar com as fitas de LEDs no sistema DALI: OT 75/220 – 240/24 E e OTI DALI 75/220 240/24 1..4ch. A diferença entre as duas reside no facto de a primeira não ser regulável através de software e só permitir a

utilização de um canal enquanto a segunda é programável e permite até quatro canais. A primeira opção tem um custo mais baixo (€ 52,20 cada unidade), enquanto que o segundo tem um custo mais alto (€ 131,10) mas, como permite a utilização de quatro canais, fica com um custo de € 32,78 por canal sendo, por isso, a opção escolhida.

Os ECG a usar com os projectores de LEDs terão de ser do modelo OTI DALI 75/220 240/700D LT2 UF L, uma vez que os projectores são de 220V e 50Hz; também aqui optou-se por um modelo OTI em vez de OT porque os modelos OTI utilizam o sistema DALI, logo, são programáveis.

Os dez potenciómetros MCU para usar no sistema DALI serão do modelo DALI MCU DIM, modelo único para o sistema DALI.

Além deste material, serão necessários cabos de ligação para a ligação das vinte e duas fitas de LEDs ao ECG (cabo com a referência LF-2PIN Flex SC) e cabos de ligação entre os ECG e os MCU do tipo NYM de cinco núcleos. No cabo NYM de cinco núcleos, a linha de controlo é protegida contra a reversão de polaridade e pode ser direccionada juntamente com a fonte de alimentação.

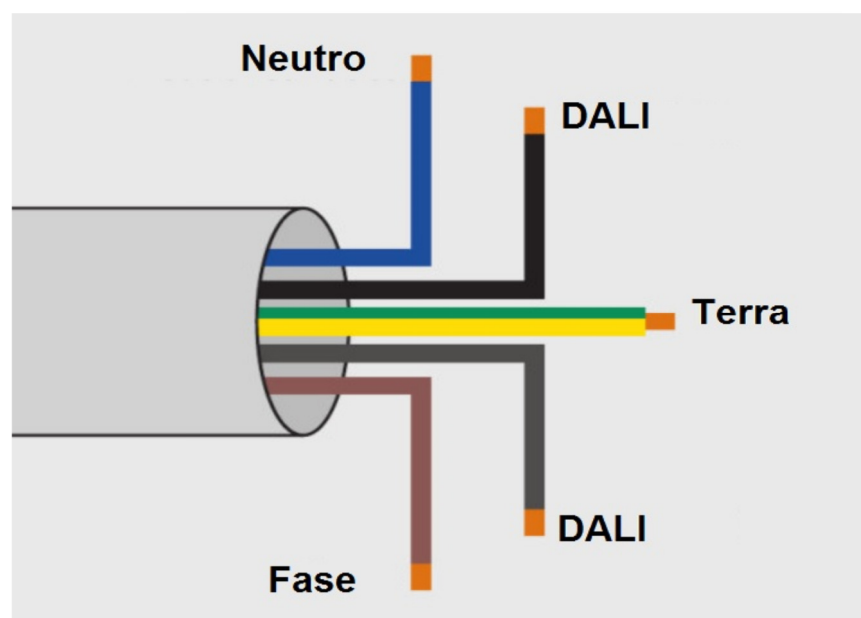


Figura 82 Cabo NYM de cinco núcleos [49]

Tabela 26 Tabela de material a usar na alternativa 1

Tabela de material a usar na alternativa 1				
Tipo de material	Ref. Material	Quantidade	Custo unitário	Custo Total
Fita de LEDs	LF 06 P2 – W4F – 830P	22 uni	485,60 €	10.683,20 €
Projector de LEDs	71036000 Optec 1 x2 W	16 uni	500,00 €	8.000,00 €
Potenciómetro MCU	DALI MCU DIM	10 uni	75,20 €	752,00 €
ECG	OTI DALI 75/220 240/24 1..4ch	6 uni	131,10 €	786,60 €
ECG	OTI 75/220 240/700 LT2 UF L	4 uni	32,90 €	131,60 €
Cabos de ligação Fita de LEDs	LF-2PIN Flex SC	22 uni	75,00 €	1.650,00 €
Cabo NYM de 5 núcleos	NYM5 (5 x 1,5 mm)	64 metros	17,10 €	1.094,40 €
			Total de Investimento :	23.097,80 €

O valor total do investimento nesta alternativa é de € 23097,80, não estando quantificado o custo inerente ao quadro eléctrico e a ligação do quadro ao sistema DALI – MCU.

6.5.2. SEGUNDA ALTERNATIVA

Utilização de um sistema DALI, que permitirá, para além de todas as potencialidades da primeira alternativa, a programação de múltiplos cenários, com possibilidade de ajustamento ao longo da exposição, integração de sensores de movimento e luz, comando através ecrã tátil ou MCU. Tem também a possibilidade de realçar determinadas áreas, diminuir os consumos energéticos, graças aos sensores de movimento que permitem que a sala esteja iluminada apenas quando houver visitas (em média, segundo dados fornecidos pelos espaços expositivos visitados, só 30 a 40% do período em a exposição está aberta ao público, em especial, durante os dias de semana). Havendo a possibilidade de controlar de uma forma automática o estado ligado e desligado da iluminação, que permitirá reduzir as emissões de radiação luminosa a que as obras estão sujeitas, aumentado assim a vida útil da obra. Da mesma forma, com os sensores de movimento a diversidade de possibilidade de criações de cenários aumenta exponencialmente. Uma das mais-valias é possibilitar que a iluminação vá acendendo progressivamente, conduzindo o visitante ao longo da exposição.

O sistema DALI permite a ligação através de cabo USB a um computador, permitindo, assim, de uma forma facilitada, a programação de todas as funcionalidades do sistema; a operação será feita, posteriormente, através do ecrã tátil ou um MCU. Assim, fica limitada a possibilidade de erro na operação diária do sistema.

Do ponto de vista de execução prática de equipamentos, a diferença das duas alternativas é a introdução de uma unidade central de comando, ecrã tátil de operação e os sensores de movimentos.

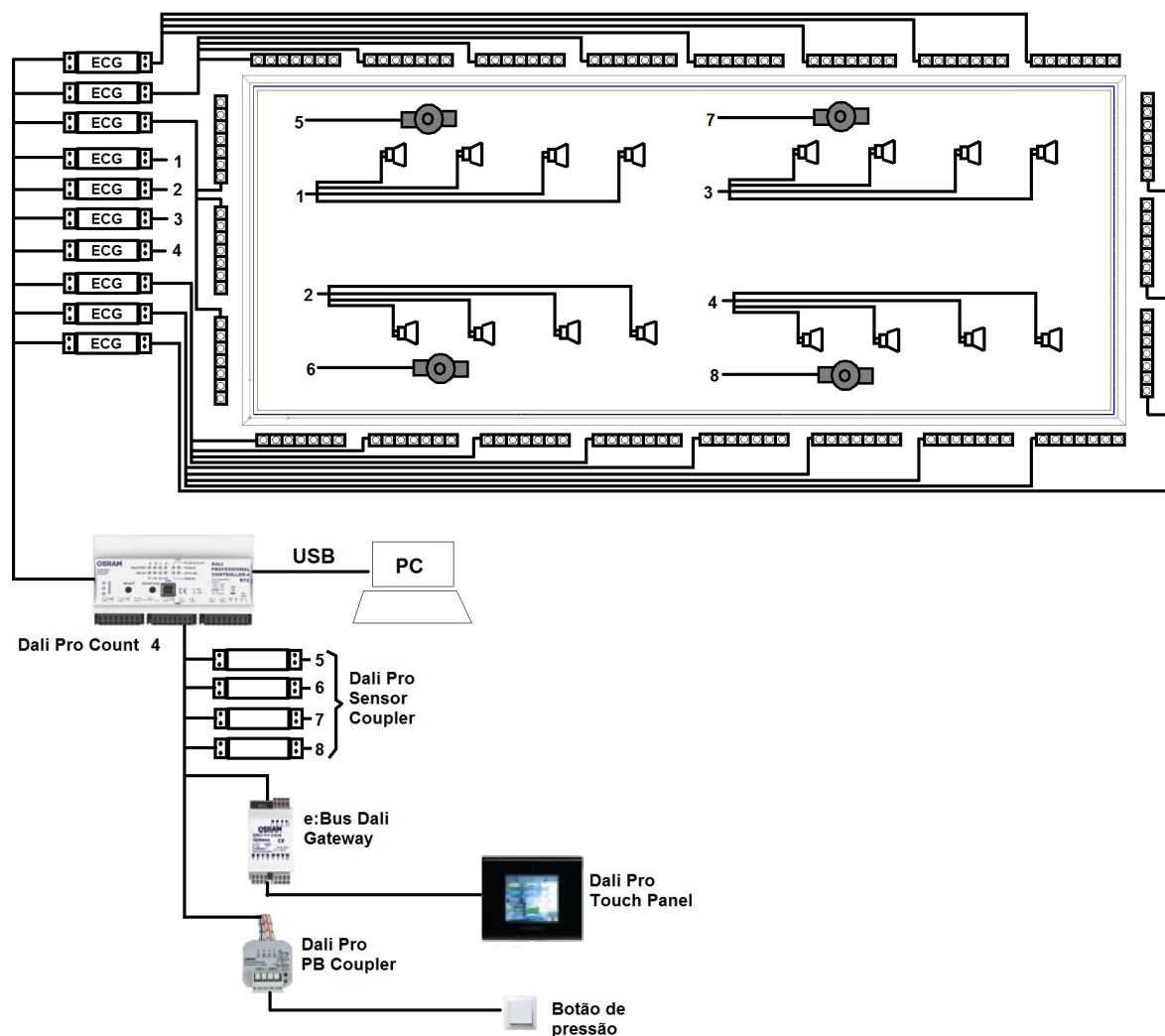


Figura 83 Esquema do sistema DALI - DALI

O controlo de todo o sistema deverá ser feito com uma unidade DALI Pro Count-4, porque todas as luminárias no sistema podem ser dimerizadas ou comutadas, podendo ser ligados até 256 sensores e permite a criação/programação de várias cenas e sequências. Este controlo pode ser ligado a um PC através de cabo USB.

Para além da unidade de controlo, as diferenças entre esta alternativa e a anterior são a introdução dos sensores de movimento e as duas possibilidades de comando do sistema, com a introdução de um ecrã táctil e um botão de pressão.

O botão de pressão é exactamente igual aos MCU usados na primeira alternativa mas, aqui tem como finalidade ser uma unidade que desliga ou liga todo o sistema ou regula o fluxo

luminoso de 0 a 100% de uma forma igual por toda a sala, não interferido com os programas ou cenários definidos. A ligação entre o DALI Pro Count-4 e botões de pressão ou potenciômetros precisa de um interface (Dali Pro Coupler BP). Este interface tem a vantagem de ser alimentado directamente do sistema DALI e poder ligar até quatro botões de pressão.

No caso da introdução do ecrã táctil, será possível gerir os programas e cenários definidos, de uma forma fácil e com um interface do tipo “Windows” e, por isso, um interface “amigo” do utilizador. A componente de programação mais complexa ou configurações de permissão mais restrita é, então, feita através do computador.

O ecrã táctil recomendado pelo fabricante é o modelo Ecrã Táctil Dali Pro (LCD de 5,7" de alta resolução). Este modelo foi desenvolvido para trabalhar especificamente com o DALI Pro Count-4 e é mais barato que as alternativas da mesma marca. Juntamente com o ecrã, será necessário utilizar a fonte de alimentação (PS30/100-240/24) e o interface entre o DALI Pro Count-4 e Ecrã táctil. O interface será feito com o Gateway DALI e:bus.

Tendo em consideração que a sala tem 23 x 9 metros, serão colocados quatro sensores luz e movimento, permitindo, assim, criar quatro zonas distintas e, dessa forma, ter áreas completamente distintas para criar vários cenários ou condução da exposição.

A OSRAM apresenta seis modelos que podem ser integrados com o DALI Pro Count-4, com as mesmas características (sensor de luz e sensor de presença), sendo que um dos modelos tem a possibilidade de variar a orientação em 30°. Os principais objectivos da instalação destes equipamentos seriam o ajuste de luz ao longo do dia, caso o espaço tivesse luz natural (o que não se verifica nesta instalação) e a detecção de presença de visitantes (no caso de criação de cenários em que poderia acender as luminárias de forma progressiva e para poupar energia, estando o espaço com as luzes apagadas ou com fluxo luminoso reduzido na ausência de visitantes). Especialmente por esta última razão, acho mais interessante a introdução dos sensores em que se pode regular em 30° a orientação da célula de leitura de presença podendo, assim, ajustar o fluxo luminoso antes dos visitantes chegarem ao local da exposição. A nível de custo, todos os sensores têm preços muito semelhantes. A opção de escolha dos quatro sensores a colocar será o LS/PD Multi 3B Orientável 30°. Para ligar o Dali Pro Count, serão necessários quatro Dali Pro Sensor Coupler.

Tal como na primeira alternativa, serão usados os cabos NYM5 para fazerem a ligação entre os vários equipamentos. A ligação entre o DALI Pro Count e um computador pode ser feita com um cabo USB comum; por essa razão, não será contabilizado na lista de equipamentos. Da mesma forma, não está quantificado o custo inerente ao quadro eléctrico e a ligação do quadro ao sistema DALI.

Tabela 27 Tabela de material a usar na alternativa 2

Tabela de material a usar na alternativa 2

Tipo de material	Ref. Material	Quantidade	Custo unitário	Custo Total
Fita de LEDs	LF 06 P2 – W4F – 830P	22 uni	485,60 €	10.683,20 €
Projector de LEDs	71036000 Optec 1 x 2 W	16 uni	500,00 €	8.000,00 €
Potenciómetro MCU	DALI MCU DIM	1 uni	75,20 €	75,20 €
ECG	OTI DALI 75/220 240/24 1..4ch	6 uni	131,10 €	786,60 €
ECG	OTI 75/220 240/700 LT2 UF L	4 uni	32,90 €	131,60 €
Cabos de ligação Fita de LEDs	LF-2PIN Flex SC	22 uni	75,00 €	1.650,00 €
Cabo NYM de 5 núcleos	NYM5 (5 x 1,5 mm)	64 metros	17,10 €	1.094,40 €
DALI Pro Count-4	DALI PRO CON-4 RTC	1 uni	1.479,00 €	1.479,00 €
Ecrã Táctil	Ecrã Táctil DALI PRO	1 uni	1.479,00 €	1.479,00 €
Font. Alimentação Ecrã	Fonte Aliment. PS30/100-240/24	1 uni	84,30 €	84,30 €
Interface DALI PRO – Ecrã	Gateway DALI e:bus	1 uni	202,70 €	202,70 €
Interface DALI PRO – MCU	DALI Pro Coupler BP	1 uni	109,40 €	109,40 €
Sensor de Luz e presença	LS/PD Multi 3B Orientável 30°	4 uni	54,80 €	219,20 €
Interface DALI PRO – LS/PD	DALI Pro Sensor Coupler LS/PD	4 uni	57,00 €	228,00 €
			Total de Investimento :	26.222,60 €

O custo de investimento da segunda alternativa é € 26.222,60.

Apesar da componente financeira ser muito importante no investimento a realizar numa sala de exposições, considero que as mais valias que se poderão obter com a segunda alternativa justificam completamente o investimento de mais € 3.000,00.

Devemos também salientar que estas simulações tiveram em consideração a criação de um novo espaço e como tal não houve substituição de novos equipamentos por antigos, sendo esse um dos factores que levam muitos espaços expositivos actualmente em funções a não modernizarem os seus espaços e a continuar a usar luminárias fluorescentes T8 ou projectores de halogéneo.

7. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objectivo destacar o papel de grande relevância que a iluminação tem na Arte e na concepção dos espaços expositivos, quer sejam eles espaços institucionais ou comerciais.

É muito importante ter nestes casos um conhecimento do meio artístico e das características muito especiais que este meio envolve.

Torna-se mais complexo fazer um projecto lumintécnico em espaços deste tipo, uma vez que existem parâmetros não mensuráveis, como acontece quando se pretende criar uma sombra ou salientar uma textura, por motivos puramente estéticos e/ou cénicos. A iluminação correcta e incorrecta acabam por andar em paralelo, dependendo em muito de conceitos e ideias artísticas.

Neste tipo de situações, o projectista deve sempre estudar o espaço expositivo e comunicar com as pessoas envolvidas para poder compreender as reais necessidades.

Pudemos contudo encontrar um conjunto de princípios para minimizar as dificuldades e procurar uma solução adequada e foi esse um aspecto principal do desenvolvimento deste trabalho.

A elaboração de um caso de estudo onde se simulou a criação de um sistema de iluminação para uma sala de exposições padrão, constituiu uma parte essencial da procura de uma

solução que fosse ao encontro dos requisitos particulares deste tipo de espaço. Através da melhor compreensão das características e necessidades especiais das obras de arte e dos espaços expositivos, foi possível obter um sistema de iluminação que poderá ser aplicado à maior parte das salas de exposições de arte contemporânea.

Os resultados aqui obtidos não são únicos, para servem de ponto de partida para facilitar o trabalho do projectista de sistemas de iluminação em espaços expositivos.

Referências Documentais

- [1] ICOM - http://www.icom-portugal.org/documentos_def,129,161,lista.aspx
- [2] <https://www.artfund.org/what-to-see/museums-and-galleries/ashmolean-museum>
- [3] <http://globalístico/sociedade/tecnologia/museu-britanico-sera-totalmente-recriado-no-videogame-minecraft-14006687>
- [4] Hoffbauer, 1839-1922 (autor) Méaulle, Fortuné Louis, 1844, imagem disponível na biblioteca da Universidade Brown com o código digital: ID 1172175844165475.
- [5] <http://portoarc.blogspot.pt/2015/05/outros-edificios-publicos-xiii.html>
- [6] <http://inhabitat.com/breathtaking-solarsonic-installation-inspired-by-future-of-space-exploration-in-taiwan/solar-sonic-ray-king-taiwan13/>
- [7] <http://www.genetology.net/index.php/614/anthropology/archaeologie>
- [8] <http://artknowledgenews.com/Page-509.html>
- [9] Black, Grialam, The Engaging Museum: Developing Museum for Visitor Involvement. Oxon, Routledge, 2005, pag 279
- [10] Dean, Davi, op Cit, pag 26
- [11] Cuttle, Christopher, op. Cit., pag 163
- [12] Lemaigre – Voreaux, Pierre, op. .Cit, pag 46
- [13] Miller, Joseph Émile. O Fauvismo, tradução de Adelaide Penha e Costa, São Paulo, Verbe, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1976
- [14] Lemaigre – Voreaux, Piere, op. .Cit, pag 47
- [15] <http://acquaticos.blogspot.pt/2010/08/radiacao-ultravioleta-gerada-pela.html>
- [16] <http://www.dojapao.com.br/produto.php?insProd=603>
- [17] <http://www.dojapao.com.br/produto.php?insProd=603>
- [18] A conservação preventiva – notas para o curso de auxiliares de museologia, Instituto Português do Património Cultural, Ministério da Educação e Cultura, Secretaria de Estado da Cultura
- [19] <http://www.c4gallery.com/merch/glass/truvuemuseum.jpg>

- [20] REA, Mark S et al. The Lighting Handbook. 9ª edição. Nova Iorque: IESNA, 2000
- [21] ISBN, Museu and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice, Illuminating Engineering Society of North America, New York, 1999, pg. 2
- [22] ISBN, Museu and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice, Illuminating Engineering Society of North America, New York, 1999, pg. 10
- [23] Homem, Paulo Menino, op. Cit., pag 231
- [24] Fernandez, Luis Alonso, op. Xit, pp 222 e 224
- [25] A. A. Kruithof publicou, em 1941, um artigo intitulado “Tubular Luminescence Lamps for General Illumination”, in *Philips Technical Review* (vol.6, 65-96, 1941) em que apresentou um gráfico relacionando três factores: a Temperature de Cor, a iluminância e a qualidade visual de uma fonte de luz.
- [26] <http://www.canonistas.com>
- [27] “Regulamento (CE) N°244/2009 da Comissão”, de 18 de Março de 2009. In *Jornal Oficial da União Europeia*, L 76/3, de 24.03.2009. Este regulamento dá execução à Directiva 2005/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da Europa, no que respeita aos requisitos de concepção ecológica para as lâmpadas domésticas não direccionais.
- [28] “Directiva 2009/125/CE do Parlamento Europeu e do Conselho”, de 21 de Outubro de 2009. In *Jornal Oficial da União Europeia*, L 285/10, de 31.10.2009. Esta Directiva é relativa à criação de um quadro
- [29] <http://www.erco.com>
- [30] ISBN, Museu and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice, Illuminating Engineering Society of North America, New York, 1999, pg. 23
- [31] ISBN, Museu and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice, Illuminating Engineering Society of North America, New York, 1999, pg. 24
- [32] ISBN, Museu and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice, Illuminating Engineering Society of North America, New York, 1999, pg. 28
- [33] ISBN, Museu and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice, Illuminating Engineering Society of North America, New York, 1999, pg. 28
- [34] ISBN, Museu and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice, Illuminating Engineering Society of North America, New York, 1999, pg. 28

- [35] ISBN, Museu and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice, Illuminating Engineering Society of North America, New York, 1999, pg. 28
- [36] ISBN, Museu and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice, Illuminating Engineering Society of North America, New York, 1999, pg. 29
- [37] ISBN, Museu and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice, Illuminating Engineering Society of North America, New York, 1999, pg. 29
- [38] www.pedrocera.com
- [39] <http://www.cristinaguerra.com/index.php>
- [40] www.museuartecontemporanea.pt
- [41] <https://www.centrepompidou.fr/en>
- [42] www.tate.org.uk/visit/tate-modern
- [43] www.hamburger-kunsthalle.de
- [44] www.museireinasofia.es
- [45] Texto cedido pelo Museu de Serralves
- [46] www.serralves.pt
- [47] Imagens cedidas pela Galeria Quadrado Azul
- [48] http://www.grancursodefotografia.com/iluminacion_fotografica/temperatura_de_color.php
- [49] <http://www.osram.pt>
- [50] <http://www.erco.com>
- [51] <http://www.nan.pt>