



TÉCNICO
LISBOA

O IMPACTO DA LUZ ARTIFICIAL NOS ESPAÇOS ARQUITECTÓNICOS
PARA UMA METODOLOGIA DE PROJECTO DE ILUMINAÇÃO INTEGRADA NA CONCEPÇÃO ARQUITECTÓNICA

Ana Teresa Luís Negrão

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
ARQUITECTURA

JÚRI

Presidente: Professor Doutor Manuel de Arriaga Brito Correia Guedes

Orientador: Professora Doutora Ana Paula Filipe Tomé

Vogal: Professora Doutora Maria Helena Neves Pereira Ramalho Rua

JUNHO 2013

RESUMO

A luz é um dos elementos mais importantes no estudo da arquitectura. A luz define o espaço e cria o ambiente.

O trabalho da luz natural é usualmente tratado pelos arquitectos, onde, segundo opções de posicionamento e localização, compõe-se o ritmo, a dinâmica e o contraste, três dos conceitos que definem a manifestação da luz natural na arquitectura.

Com a leitura dos pontos cardeais e das diferentes exposições solares no ano, somos capazes de trabalhar a luz natural e moldá-la consoante os desafios do projecto, tais como a posição geográfica, ou a orientação do edifício relativamente à luz natural. No entanto, ao trabalhar a luz artificial surgem diferentes obstáculos. A luz artificial, ao contrário da luz natural, por si só, não define ritmos pois não apresenta uma dinâmica própria. Esta luz de natureza estática, necessita de uma abordagem teórica das suas propriedades técnicas para que possa ser considerada no âmbito do projecto de arquitectura.

No entanto, a luz artificial não se rege simplesmente pelas suas propriedades técnicas. Existirá sempre um factor subjectivo de acordo com a sensibilidade de quem projecta.

A luz artificial é um campo pouco explorado na área da arquitectura, em parte, não só devido à necessidade de um conhecimento técnico não existente na formação do arquitecto mas, também, pela fraca relevância dada à iluminação artificial nos projectos arquitectónicos em geral.

A iluminação é uma área de ensino com uma grande componente prática. Depois de conhecer as ferramentas de trabalho existentes, a sua compreensão surge com a visualização de exemplos concretos. Deste modo, ao estudarmos as diversas regras e propriedades existentes na iluminação, poderemos comparar, através da apresentação de vários exemplos, diferentes soluções encontradas para solucionar projectos de iluminação. Com a análise das diferentes soluções apresentadas será possível compreender as consequências físicas e psicológicas inerentes à escolha da iluminação de um espaço.

Esta dissertação pretende demonstrar a importância que a iluminação artificial apresenta num projecto, enfatizando a integração da mesma no conceito arquitectónico, de acordo com as normas existentes, de modo a conseguir criar um equilíbrio entre qualidade e integração conceptual no projecto.

Desta forma pretende-se contribuir para um método projectual que vise auxiliar o arquitecto na concretização do projecto de iluminação integrado no conceito arquitectónico.

PALAVRAS - CHAVE

Iluminação Artificial

Metodologia

Projecto de iluminação

Integração Iluminação / Arquitectura

ABSTRACT

Light is one of the most important elements in the study of architecture. The light defines space and creates ambiances. The work of natural light is usually done by the architects, which according to location and placement options, make the rhythm, the dynamics and the contrasts, three of the concepts that define the consequences of natural light in architecture.

With the reading of the cardinal points and the different solar exposure of the year, we are able to work with natural light and shape it according to the challenges presented, such as the geographic location, or the location of the space in the cardinal points. However, when working with artificial light different obstacles arise. The artificial light by itself, does not define rhythms or its own dynamics, unlike natural light. This static light, requires a theoretical study of its technical properties to be designed. However, the artificial light is not just about their technical properties. There will always be a subjective factor according to the sensitivity of who designs.

Artificial light is a theme rarely unexploited in architecture, in part, not only due to the need for a technical and nonexistent formation of an architect but also by poor relevance given to artificial lighting in architectural designs in general.

Lighting is a teaching area with a large practical component. After knowing the tools for lighting, their understanding comes with the visualization of concrete examples. Thus, by studying the different rules and the properties of lighting, we can compare by presenting examples, different lighting solutions. By analyzing the different solutions presented will be possible to understand the physical and psychological consequences inherent to the choice of lighting a space.

This theses aims to demonstrate the importance that the artificial lighting presents in a project, emphasizing the integration of lighting in the architectural concept, in accordance with existing standards in order to attain a balance between quality and integration in architectural concept design.

Thus intended to contribute to a project method for artificial light projects in order to assist the architect in implementing the proposed lighting integrated into the architectural concept.

KEY WORDS

Artificial Lighting

Methodology

Lighting Project

Integration between lighting and architecture

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos que me ensinaram, aos que me ajudaram,
aos que me ouviram, aos que discutiram,
aos que acreditaram e mesmo aos que não acreditaram...

Agradeço aos que me esperaram, aos que me compreenderam,
aos que me desculparam,
aos que me lembraram e mesmo aos que me esqueceram...

A todos que estiveram presentes neste percurso,
Obrigado.

ÍNDICE GERAL

Resumo	II
Abstract	III
Agradecimentos	IV
Índice Geral	V
Índice de Figuras	VII
INTRODUÇÃO	01
1. Motivações da Dissertação	01
2. Objectivos	01
3. Metodologia	02
4. Organização	03
CAPÍTULO 1 - A TEORIA DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	04
1.1. A LUZ	05
1.2. A ILUMINAÇÃO E O HOMEM	06
1.2.1 Conforto Visual	07
1.2.2 Segurança	07
1.2.3 Iluminação de Objectos	07
1.2.4 Modelação da luz	08
1.3. A COR COMO ELEMENTO DA LUZ	10
1.3.1 Definição de cor	11
1.3.2 Colorimetria	11
1.3.3 Avaliação da cor	13
1.3.4 Temperatura de cor	14
1.3.5 Índice de Restituição Cromática - IRC	15
1.4 A BASE DA LUMINOTÉCNIA	16
1.5 POTENCIALIDADES DA LUZ ARTIFICIAL	17
1.6 FERRAMENTAS DE ILUMINAÇÃO	18
1.6.1 Fontes de Luz - Lâmpadas	18
1.6.2 Fontes de Luz - Luminárias	26
1.7 ECONOMIA NA ILUMINAÇÃO	35
CAPÍTULO 2 - A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NA ARQUITECTURA	37
2.1 A NORMA EUROPEIA 12464-1	38
2.1.1 A aplicação da norma na arquitectura	39
2.2 INTEGRAÇÃO DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NA ARQUITECTURA	48
2.2.1 Problemática	48

2.2.2 Iluminação Não Integrada na Arquitectura.....	49
2.2.3 Iluminação Integrada na Arquitectura.....	52
2.3 CASOS DE ESTUDO - MÉTODO DE ILUMINAÇÃO.....	56
2.3.1 Caso de Estudo: Escritório.....	57
2.3.2 Caso de Estudo: Loja.....	65
2.4 PARA UMA METODOLOGIA DO PROJECTO DE ILUMINAÇÃO.....	76
CONCLUSÕES.....	81
Desenvolvimentos Futuros.....	82
Considerações Finais.....	82
ANEXO 1- Índices de Protecção.....	84
ANEXO 2 - Estudos Luminotécnicos.....	(em formato digital - CD)
BIBLIOGRAFIA.....	86
GLOSSÁRIO.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 01** Salk Institute - Louis Kahn
Fonte: <http://crashinglybeautiful.tumblr.com/post/4342055481/louis-kahn-architect-salk-institute-to-express>
- Figura 02** Centro desportivo de Llobregat - Siza Vieira
Fonte: <http://alvarosizavieira.com/2005-sports-center-llobregat>
- Figura 03** A luz na cidade de Lisboa em diferentes fases do dia
Fonte: Ana Negrão
- Figura 04** Exemplos de contrastes
Fonte: Ana Negrão
- Figura 05** Fachada com luz rasante
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 06** Fachada com luz rasante lateral
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 07** Fachada com luz lateral
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 08** Fachada com luz frontal
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 09** Modelação facial sob luz difusa
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 10** Modelação facial sob luz dirigida por cima
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 11** Modelação facial sob luz difusa e luz dirigida lateral
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 12** Objectos geométricos sob luz difusa homogénea
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 13** Objectos geométricos sob luz pontual
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 14** Objectos geométricos sob luz difusa, colocada por cima do objecto em estudo
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 15** Espectro visível ao homem, compreendido entre 400nm e 750nm (nm - comprimento de onda do espectro visível).
Fonte: <http://samuelrobaert.blogspot.pt/2011/02/veja-o-mundo-em-infravermelho-sera-que.html>
- Figura 16** Mistura aditiva de cores
Fonte: <http://elacadadiamelhor.blogspot.pt/2009/11/dicas-do-curso-de-auto-maquagem-da.html>
- Figura 17** Mistura subtractiva de cores
Fonte: <http://colorstheory.blogspot.pt/>
- Figura 18** Roda das cores
Fonte: <http://eltigris.wordpress.com/2011/09/18/perfil-das-cores/>

- Figura 19** Tonalidade das cores
Fonte: <http://www.mineirasemfreio.com.br/2011/04/usando-o-design-de-cores-seu-favor.html>
- Figura 20** Saturação das cores
Fonte: <http://colorstheory.blogspot.pt/>
- Figura 21** Diagrama Cromático da CIE - Elipse de MacAdam
Fonte: <http://scienceblogs.com.br/100nexus/2009/02/magenta-e-todas-as-outras-cores-da-massa-cinzenta/>
- Figura 22** Locus do corpo negro representado no Diagrama Cromático da CIE - Elipse de MacAdam
Fonte: <http://www.vetraclube.com.br/forum/viewtopic.php?f=3&t=45218>
- Figura 23** Representação da temperatura de cor das lâmpadas
Fonte: <http://acquaticos.blogspot.pt/2010/06/cri-ou-irc-indice-de-reproducao-de-cor.html>
- Figura 24** Temperatura de cor - 2700°K
Fonte: Ana Negrão
- Figura 25** Temperatura de cor - 4000°K
Fonte: Ana Negrão
- Figura 26** Temperatura de cor - 5000°K
Fonte: Ana Negrão
- Figura 27** Temperatura de cor - 10.000°K
Fonte: Ana Negrão
- Figura 28** Tabela de cores padrão usada para medições do IRC
Fonte: <http://acquaticos.blogspot.pt/2010/06/cri-ou-irc-indice-de-reproducao-de-cor.html>
- Figura 29** Distribuição espectral da luz de um dia normal
Fonte: Curso de Iluminação – Nível Profissional – Centro Português de Iluminação
- Figura 30** Distribuição espectral de uma lâmpada incandescente
Fonte: Curso de Iluminação – Nível Profissional – Centro Português de Iluminação
- Figura 31** Distribuição espectral de uma lâmpada fluorescente de 5000°K
Fonte: Curso de Iluminação – Nível Profissional – Centro Português de Iluminação
- Figura 32** Fluxo Luminoso (Φ)
Fonte: Ana Negrão
- Figura 33** Intensidade luminosa (I)
Fonte: Ana Negrão
- Figura 34** Luminância (L)
Fonte: Ana Negrão
- Figura 35** Nível de Iluminação (E)
Fonte: Ana Negrão
- Figura 36** Lâmpadas da Idade da Pedra
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 37** Lâmpada de Argand
Fonte: Curso de Iluminação – Nível Profissional – Centro Português de Iluminação
- Figura 38** Lâmpada de Querosene

- Fonte: Curso de Iluminação – Nível Profissional – Centro Português de Iluminação
- Figura 39** Lâmpada de Gás
Fonte: Curso de Iluminação – Nível Profissional – Centro Português de Iluminação
- Figura 40** Lâmpada de Arco
Fonte: Curso de Iluminação – Nível Profissional – Centro Português de Iluminação
- Figura 41** Lâmpada com filamento de algodão carbonizado com 40 horas de duração.
Fonte: LIGHT ADVICE, DESIGN & REALIZATION. History of Light (Bulbs): <http://www.ladr.nl/cmsms/index.php?page=history-of-light-bulbs>
- Figura 42** Lâmpada com filamento de bambu (Edison)
Fonte: <http://www.biografiasyvidas.com/monografia/edison/fotos6.htm>
- Figura 43** Lâmpada com filamento de tungsténio de Thomas Edison
Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Lâmpada_incandescente
- Figura 44** Lâmpada incandescente
Fonte: <http://blogdalu.magazineluiza.com.br/saiba-por-que-as-lampadas-incandescentes-serao-substituidas-pelas-lampadas-frias/6105/2011/01/>
- Figura 45** Lâmpada de halogéneo
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 46** Lâmpada de halogéneo
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 47** Lâmpada de halogéneo
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 48** Lâmpada de halogéneo
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 49** Lâmpada de halogéneo
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 50** Lâmpada de halogéneo
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 51** Lâmpada fluorescente compacta integrada
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 52** Lâmpada fluorescente compacta não integrada
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 53** Lâmpada fluorescente linear T5
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 54** Lâmpada fluorescente circular
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 55** Balastro electrónico para lâmpadas lineares T5
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 56** Lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 57** Lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão 35W

- Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:LPS_Lamp_35W.jpg
- Figura 58** Lâmpada de iodetos metálicos
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/lampadas-de-descarga-de-alta-intensidade/mh-hpi-iodetos-metalicos/master-mhn-fc/40560/cat/>
- Figura 59** Lâmpada de iodetos metálicos
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 60** Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/lampadas-de-descarga-de-alta-intensidade/hpl-sodio-de-alta-pressao/hpl-4/40558/cat/>
- Figura 61** Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/lampadas-de-descarga-de-alta-intensidade/hpl-mercurio-de-alta-pressao/hpl-4/40558/cat/>
- Figura 62** Lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/lampadas-de-descarga-de-alta-intensidade/hpl-mercurio-de-alta-pressao/hpl-4/40558/cat/>
- Figura 63** Lâmpada de indução
Fonte: <http://pengfei-lighting.en.made-in-china.com/product/IMfxpdLvYiht/China-Induction-Lamp-LL-.html>
- Figura 64** Lâmpada de indução
Fonte: <http://edison-techcenter.org/InductionLamps.html>
- Figura 65** Lâmpada de LED 6W
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 66** Lâmpada de LED
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 67** Tubo de LED
Fonte: <http://www.ecat.lighting.philips.pt/l/lampadas-profissionais/42654/cat/#>
- Figura 68** LED's RGB (Red, Green, Blue)
Fonte: <http://sellerink.com.br/blog/tag/teoria-da-cor/>
- Figura 69** Exemplos de wallwashers
Fonte: http://www.erco.com/guide_v2/guide_2/indoor-lighting-91/wall-1683/en/intro-1.php#pkm1684
- Figura 70** Exemplos de downlights
Fonte: <http://www.panzeri.it/>
- Figura 71** Exemplos de Spotlights - museu do oriente - lisboa
Fonte: <http://www.ezimut.com/pois/museu-do-oriente/attachment/museu-oriente-1>
- Figura 72** Exemplos de Spotlights para realce de quadro
Fonte: <http://www.panzeri.it/>
- Figura 73** Exemplo de projectores em museu
Fonte: <http://www.ezimut.com/pois/museu-do-oriente/attachment/museu-oriente-1>
- Figura 74** Exemplo de projectores em loja
Fonte: http://www.altenaplus.com.br/projetos_detalhes.php?id=18&idmenu=4
- Figura 75** Apliques de parede de luz indirecta

- Fonte: <http://www.viabizzuno.com/>
- Figura 76** Luminária linear de luz directa
Fonte: <http://www.panzeri.it/>
- Figura 77** Luminária linear de luz directa
Fonte: <http://www.panzeri.it/>
- Figura 78** Exemplo de sanca de luz
Fonte: Climar Iluminação S.A.
- Figura 79** Luminárias lineares fluorescentes
Fonte: Climar Iluminação S.A.
- Figura 80** Campânula Industrial
Fonte: Climar Iluminação S.A.
- Figura 81** Iluminação de pavimento - Jyvaskyla, Finlândia
Fonte: http://www.iguzzini.com/LED_urban_lighting_for_Jyvaskyla_Finland
- Figura 82** Apliques de parede exterior - Technogym Village, Cesena, Itália
Fonte: http://www.iguzzini.com/Technogym_Village
- Figura 83** Iluminação viária - Jyvaskyla, Finlândia
Fonte: http://www.iguzzini.com/LED_urban_lighting_for_Jyvaskyla_Finland
- Figura 84** Iluminação residencial ou de áreas públicas pedonais
Fonte: <http://decoracaos.com/iluminacao-o-jardim/>
- Figura 85** Projectores para iluminação de fachada - Dallmayr, Munique
Fonte: http://www.iguzzini.com/Architectural_Lighting_Dallmayr_facade_lighting
- Figura 86** Iluminação urbana - Tibidabo Park
Fonte: http://www.iguzzini.com/Public_Lighting_Tibidabo_Park
- Figura 87** Demonstração 3d de curvas fotométricas
Fonte: Luminotecnia 2002. Indalux
- Figura 88** Demonstração 2d de curvas fotométricas
Fonte: Luminotecnia 2002. Indalux
- Figura 89** Reflector parabólico
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 90** Combinação de reflector esférico e parabólico
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 91** Reflector elíptico
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 92** Reflector plano
Fonte: Curso de Iluminação - Nível Profissional - Centro Português de Iluminação
- Figura 93** Simulação dos níveis de iluminação da sala de estudo
Fonte: Dialux
- Figura 94** Luminária fluorescente com 4x14W, 4000k e reflector
Fonte: Climar Iluminação S.A.
- Figura 95** Planta com implantação das luminárias

- Fonte: Dialux
- Figura 96** Mapa de linhas isográficas
Fonte: Dialux
- Figura 97** Mapa de escala de cinzentos
Fonte: Dialux
- Figura 98** Mapa de valores
Fonte: Dialux
- Figura 99** Simulação dos níveis de iluminação da sala de estudo
Fonte: Dialux
- Figura 100** Luminária fluorescente com 4x14W, 4000ok e difusor opalino
Fonte: Climax Iluminação S.A.
- Figura 101** Planta com implantação das luminárias
Fonte: Dialux
- Figura 102** Mapa de linhas isográficas
Fonte: Dialux
- Figura 103** Mapa de escala de cinzentos
Fonte: Dialux
- Figura 104** Mapa de valores
Fonte: Dialux
- Figura 105** Simulação dos níveis de iluminação da sala de estudo
Fonte: Dialux
- Figura 106** Luminária fluorescente com 2x80W, 4000ok e reflector.
Fonte: Climax Iluminação S.A.
- Figura 107** Planta com implantação das luminárias
Fonte: Dialux
- Figura 108** Mapa de linhas isográficas
Fonte: Dialux
- Figura 109** Mapa de escala de cinzentos
Fonte: Dialux
- Figura 110** Mapa de valores
Fonte: Dialux
- Figura 111** Tabela de uniformidade dos níveis de iluminação entre as zonas de trabalho e as zonas periféricas.
Fonte: Norma EN 12464-1
- Figura 112** Simulação dos níveis de iluminação da sala de estudo
Fonte: Dialux
- Figura 113** Luminária fluorescente com 4x14W, 3000K e reflector.
Fonte: Climax Iluminação S.A.
- Figura 114** Planta com implantação das luminárias
Fonte: Dialux
- Figura 115** Mapa de linhas isográficas

- Fonte: Dialux
- Figura 116** Mapa de escala de cinzentos
Fonte: Dialux
- Figura 117** Mapa de valores
Fonte: Dialux
- Figura 118** Simulação dos níveis de iluminação da sala de estudo com 4000°K
Fonte: Dialux
- Figura 119** Simulação dos níveis de iluminação da sala de estudo com 3000°K
Fonte: Dialux
- Figura 120** Hospital Rovisco Pais, Tocha - Portugal
Fonte: Climax Iluminação S.A.
- Figura 121** Iluminação das zonas de circulação da Escola Secundária de Educação em Setúbal
Fonte: Ana Negrão
- Figura 122** Iluminação do bar da Escola Secundária de Educação em Setúbal
Fonte: Ana Negrão
- Figura 123** Iluminação das salas de aula da Escola Secundária de Setúbal
Fonte: Ana Negrão
- Figura 124** Luminária utilizada nas salas de aula.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 125** Iluminação de loja com luz homogénea.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 126** Iluminação de loja com luz homogénea.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 127** Iluminação de montra de loja.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 128** Iluminação de loja.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 129** Iluminação de loja.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 130** Iluminação das zonas de circulação e refeitório do Edifício Sede da Vodafone no Porto. Exemplo de iluminação integrada no conceito arquitectónico.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 131** Iluminação de espaço de estar / jantar
Fonte: <http://www.caiano-morgado.com/apartamento-em-cedofeita.html>
- Figura 132** Iluminação de delimitação de zonas
Fonte: <http://www.caiano-morgado.com/apartamento-warborn.html>
- Figura 133** Hotel Puerta America Madrid - Zaha Hadid
Fonte: <http://www.zaha-hadid.com/design/hotel-puerta-america/>
- Figura 134** Habitação Unifamiliar - Pormenor de iluminação de escadas
Fonte: <http://www.marcosoliveirafotografia.com/?album=30#>

- Figura 135** Habitação Unifamiliar - Iluminação de zonas de circulação
Fonte: <http://www.caiano-morgado.com/apartamentos.html>
- Figura 136** Iluminação de ambiente corporativo “open-space”
Fonte: Climax Iluminação S.A.
- Figura 137** Iluminação de lobby do Hotel “The Oitavos”
Fonte: Climax Iluminação S.A.
- Figura 138** Iluminação de lobby do Vip Grand Hotel
Fonte: Climax Iluminação S.A.
- Figura 139** Rocca London Gallery - Arq. Zaha Hadid
Fonte: <http://www.zaha-hadid.com/architecture/roca-london-gallery/>
- Figura 140** Rocca London Gallery - Arq. Zaha Hadid
Fonte: <http://www.zaha-hadid.com/architecture/roca-london-gallery/>
- Figura 141** Changsha Culture and Arts Center - Arq. Zaha Hadid
Fonte: <http://www.zaha-hadid.com/architecture/changsha-meixihu-international-culture-art-centre/>
- Figura 142** Guangzhou Opera House - Zaha Hadid
Fonte: <http://www.zaha-hadid.com/architecture/guangzhou-opera-house/>
- Figura 143** Esquema de reflexão da luz no plano de trabalho colocado no eixo transversal das luminárias.
Fonte: Dialux
- Figura 144** Esquema de reflexão da luz no plano de trabalho colocado no eixo longitudinal das luminárias
Fonte: Dialux
- Figura 145** Simulação dos níveis de iluminação no escritório em estudo
Fonte: Dialux
- Figura 146** Mapa de linhas isométricas
Fonte: Dialux
- Figura 147** Mapa de escala de cinzentos
Fonte: Dialux
- Figura 148** Mapa de valores
Fonte: Dialux
- Figura 149** Simulação dos níveis de iluminação no escritório em estudo
Fonte: Dialux
- Figura 150** Mapa de linhas isométricas
Fonte: Dialux
- Figura 151** Mapa de escala de cinzentos
Fonte: Dialux
- Figura 152** Mapa de valores
Fonte: Dialux
- Figura 153** Mapa de valores da área de trabalho central.
Fonte: Dialux
- Figura 154** Simulação dos níveis de iluminação no escritório em estudo
Fonte: Dialux

- Figura 155** Simulação das fotometrias no escritório em estudo
Fonte: Dialux
- Figura 156** Mapa de linhas isográficas
Fonte: Dialux
- Figura 157** Mapa de escala de cinzentos
Fonte: Dialux
- Figura 158** Mapa de valores
Fonte: Dialux
- Figura 159** Temperatura de cor de 2700°K
Fonte: Dialux
- Figura 160** Temperatura de cor de 5000°K
Fonte: Dialux
- Figura 161** Planta da Loja-Tipo
Fonte: Dialux
- Figura 162** Imagem virtual da loja-tipo com iluminação homogénea difusa
Fonte: Dialux
- Figura 163** Mapa de linhas isográficas
Fonte: Dialux
- Figura 164** Mapa de escala de cinzentos
Fonte: Dialux
- Figura 165** Mapa de valores
Fonte: Dialux
- Figura 166** Lojas com iluminação homogénea.
Fontes: Ana Negrão; http://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:L'Ilha_Diagonal_-_Decathlon.jpg
- Figura 167** Imagem virtual da loja-tipo com iluminação pontual directa, para destaque dos produtos.
Fonte: Dialux
- Figura 168** Mapa de linhas isográficas
Fonte: Dialux
- Figura 169** Mapa de escala de cinzentos
Fonte: Dialux
- Figura 170** Mapa de valores
Fonte: Dialux
- Figura 171** Lojas com iluminação direccionada ao produto.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 172** Imagem virtual da loja-tipo com iluminação pontual directa, para destaque dos produtos.
Fonte: Dialux
- Figura 173** Mapa de linhas isográficas
Fonte: Dialux
- Figura 174** Mapa de escala de cinzentos
Fonte: Dialux

- Figura 175** Mapa de valores
Fonte: Dialux
- Figura 176** Exemplos de ponto de atracção na loja.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 177** Exemplo de loja com dois sistemas de iluminação: pontual (produto) + difusa (circulação)
Fonte: Ana Negrão
- Figura 178** Iluminação centrada nos produtos: sensação de continuidade no espaço.
Fonte: Dialux
- Figura 179** Iluminação das paredes limite: sensação de diminuição da área do espaço.
Fonte: Dialux
- Figura 180** Exemplo de loja com efeito de continuidade do espaço.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 181** Exemplo de loja com o efeito de diminuição do espaço.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 182** Iluminação com sanca: sensação de pé direito mais elevado.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 183** Iluminação com suspensões: sensação de pé direito mais baixo.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 184** Exemplo de loja com iluminação com sanca.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 185** Exemplo de loja com iluminação com suspensões.
Fonte: Ana Negrão
- Figura 186** Esquema-resumo das várias etapas para concretização do projecto de iluminação
Fonte: Ana Negrão

INTRODUÇÃO

1. MOTIVAÇÕES DA DISSERTAÇÃO

A arquitectura é um campo pluridisciplinar. Desde o conceito à execução percorre uma série de problemáticas e desafios que vão definindo o produto final. Devido à complexidade existente numa obra, onde questões sobre funcionalidade e forma estão presentes desde a ideia inicial à escolha dos acabamentos, certas áreas de actuação mais específicas e técnicas são atribuídas a entidades diversas na área da engenharia que desenvolvem os projectos de especialidades e garantem a funcionalidade do projecto arquitectónico. Desta forma, a iluminação, normalmente atribuída à área das especialidades, exerce um papel de complemento à arquitectura e, salvo raras excepções, não constituiu parte integrante do seu processo de concepção.

Apesar da presença diária da iluminação afectar de forma fundamental o quotidiano do ser humano, as suas características são totalmente desconhecidas por uma grande parte dos utilizadores. As diferentes cores existentes na luz e as diferentes intensidades com que são apresentadas, influenciam as emoções, a saúde e o bem estar. No entanto, a simples compra de uma lâmpada é feita de uma forma despreocupada, não atendendo às suas propriedades por parte do consumidor final.

A motivação para o tema abordado, surge com a percepção do autor da dissertação de que a iluminação é uma área pouco desenvolvida por grande parte dos arquitectos, devido à falta de formação e conseqüente interesse, precisamente por ser tomada como um complemento à própria arquitectura e não como parte integrante da construção do conceito subjacente à obra. No entanto, é da responsabilidade do arquitecto assegurar o bom desempenho arquitectónico da obra final, no qual deverá também estar enquadrada a iluminação.

Com o decorrer desta pesquisa, e com a evolução dos conhecimentos e maior afirmação da lacuna existente na minha formação como arquitecta, decidi direccionar a minha procura profissional para o sector da iluminação, no qual fui desenvolvendo os meus conhecimentos e experiência, tornando-se este trabalho, não só um processo de pesquisa, como também uma concretização pessoal e profissional onde exponho diferentes preocupações, obstáculos e indefinições encontradas no meu percurso profissional e no contacto com diferentes profissionais do sector da arquitectura ao trabalhar a iluminação artificial.

2. OBJECTIVOS

No seguimento das motivações descritas, esta dissertação tem como principal objectivo contribuir para a criação de um método que auxilie o arquitecto na concretização do projecto de iluminação e na integração deste no conceito do

projecto de arquitectura. No entanto, existem várias etapas intermédias que levam à compreensão do objectivo principal. Estes objectivos intermédios são:

- compreensão do papel da iluminação artificial na arquitectura e das suas consequências directas no espaço e no utilizador;
- identificação das ferramentas de trabalho e dos conceitos presentes na área da iluminação artificial;
- compreensão das normas aplicadas à iluminação artificial e da subjectividade existente na aplicação das mesmas;
- compreensão da problemática existente na contextualização da iluminação artificial no conceito arquitectónico;
- apresentação das vantagens e potencialidades do projecto de iluminação artificial na concretização do projecto arquitectónico.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a realização desta dissertação regista duas vertentes essenciais:

- 1) uma vertente teórica, onde através da pesquisa bibliográfica foi possível sistematizar conhecimentos sobre as características da luz, as bases da luminotécnica e as ferramentas de trabalho existentes.
- 2) uma vertente experimental no âmbito da qual, recorrendo ao programa DIALUX, foi possível estudar matematicamente o comportamento da iluminação em diversos espaços de estudos, sendo analisadas diferentes situações em termos funcionais.

O trabalho fundamentou-se na análise de casos de estudo, virtuais e reais, procurando ilustrar várias facetas da problemática da iluminação na sua relação com o projecto de arquitectura.

Primeiramente, foi estudado um espaço de trabalho virtual, hipotético, de forma a demonstrar e justificar as questões de ordem subjectiva presentes nas normas para a iluminação artificial. De seguida, foram apresentados exemplos reais de integração e de falta de integração da iluminação no projecto de arquitectura demonstrando, desta forma, a importância do papel do arquitecto no projecto integrado de iluminação e arquitectura. Por último, foram estudados dois espaços virtuais distintos de uso corrente: um escritório e uma loja, de forma a demonstrar algumas situações de modelação de espaços através da iluminação de acordo com as necessidades e o bem-estar do utilizador.

O trabalho foi inspirado e informado pela oportunidade de uma prática profissional intensa na área da iluminação. A vertente teórica foi também informada por esta prática profissional, onde foi possível tomar conhecimento das dificuldades existentes no processo do projecto de iluminação bem como da alienação do arquitecto face ao seu papel na concepção do mesmo e à necessidade de integração da iluminação artificial no projecto arquitectónico. Foi também possível adquirir métodos de trabalho aprendendo a executar estudos luminotécnicos através do programa DIALUX

correntemente utilizado no âmbito do cálculo luminotécnico.

4. ORGANIZAÇÃO

Esta dissertação está organizada em duas partes, designadamente:

Capítulo 1 - A Teoria da Iluminação Artificial

- Desenvolvimento das noções básicas existentes na iluminação e fundamentais ao projecto de iluminação
- Definição das propriedades básicas da luminotecnica
- Definição das ferramentas de trabalho existentes na área da iluminação e suas propriedades.

Capítulo 2 - O Projecto de Iluminação na Arquitectura - Casos Práticos

- Contextualização do projecto de iluminação na prática da arquitectura;
- Definição das normas existentes na iluminação;
- Análise de diferentes cenários de iluminação possíveis com base no cumprimento das normas europeias existentes;
- Apresentação e análise de casos de estudo com base no objectivo de integração da iluminação do conceito arquitectónico;
- Análise de diferentes processos projectuais em duas tipologias de espaços correntes: escritório e espaço comercial.
- Elaboração de um método de acordo com as boas práticas da iluminação com o intuito de auxiliar o arquitecto na execução do projecto de iluminação, tendo como base as tipologias escritório e espaço comercial.

Conclusões

- Apresentação das conclusões elaboradas com o decorrer do trabalho.
- Conclusão sobre a concretização da dissertação de acordo com os objectivos propostos, aferindo sobre potenciais limitações encontradas e oportunidades de desenvolvimento posteriores.

CAPÍTULO 1

A TEORIA DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

1.1 A LUZ

A luz permite-nos ver o que se encontra ao nosso redor. É a luz que torna possível a percepção visual. Sem ela o mundo não teria forma, não teria cores, não teria vida. A luz afecta a disposição, o sentimento de bem-estar, cria sensações momentâneas e marca o ritmo da vida. As diferentes quantidades de luz e cores, o impacto das sombras e das formas, a alternância entre luz e escuridão, são alguns processos pelos quais o nosso corpo se rege, se alimenta e vive. Por isso, é comum, a sensação de insegurança quando há ausência de luz, ou, a sensação de tristeza ou melancolia quando o céu está coberto e não há iluminação suficiente. Somos afectados de tão diversas formas pela luz, e de um modo tão inconsciente, que, apenas quando não podemos beneficiar da sua presença é que nos apercebemos da falta que faz à nossa vida [1].

É então possível dizer que, para haver visão é necessário existir luz. E qualquer coisa que queiramos ver, tem de ser iluminada. É partindo deste princípio que iniciaremos o estudo da iluminação. Na arquitectura, a luz é explorada nas mais variadas formas de acordo com as suas características naturais. A luz solar apresenta-nos propriedades únicas - grandes amplitudes de luminosidade, variações lentas de direcção, de intensidade e cor - já conhecidas e trabalhadas por alguns arquitectos com grande mestria [Figura 01 - 02].

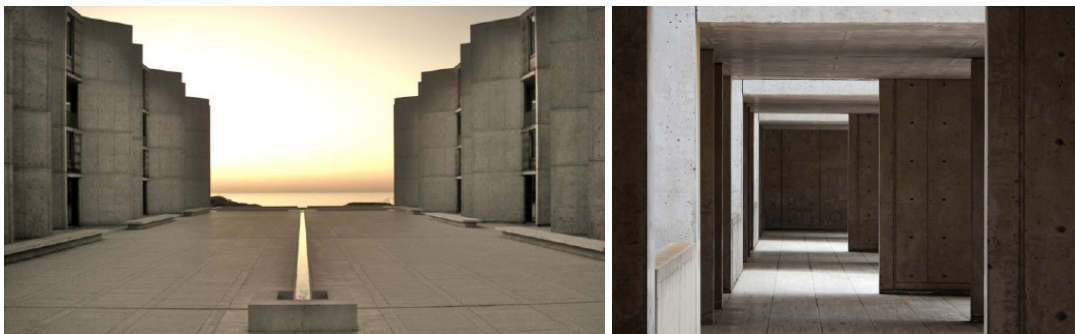


Figura 01
Louis Khan - Salk Institute



Figura 02
Siza Vieira - Centre sportif de Llobregat

Arquitectos como Louis Khan ou Siza Vieira exemplificam como a luz natural pode ser modelada e desenhada através de contrastes de luz e sombra que vão muito além da simples iluminação natural de um espaço. A luz marca um ritmo, que por sua vez marca o passar do tempo, com a alteração do desenho da luz durante as diferentes fases do dia.

É esta compreensão sobre a luz, onde as suas características se alteram com o tempo, e apresentam no mesmo espaço formas totalmente distintas, que mostra a importância do seu controlo num projecto arquitectónico.



Figura 03
A luz na cidade de Lisboa em diferentes fases do dia, no mesmo ponto de vista.

No entanto, esta consciência sobre as consequências da luz natural na arquitectura ainda não encontra equivalente valorização em relação ao tema da iluminação artificial.

Ao contrário da iluminação natural, que nos obriga à modelação estrutural do espaço arquitectónico, a luz artificial surge na arquitectura como elemento essencialmente funcional, com o objectivo de modelar a visualização das formas projectadas mas sem obrigar à reestruturação construtiva do espaço, criando soluções de iluminação adequadas à utilização do espaço, de acordo com as necessidades físicas e biológicas do ser humano, inerentes à sua visão, saúde e bem-estar.

1.2 A ILUMINAÇÃO E O HOMEM

Enquanto que a vida do ser humano gira em torno da luz do sol, a iluminação artificial é pensada em torno do homem, e é sempre neste sentido que é projectada na arquitectura.

Através de estudos do Lighting Research Center, sabemos que a luz afecta o ser humano de diferentes formas. O nosso ciclo circadiano é regulado pela luz solar, criando alterações no comportamento tais como picos de sono ou de produtividade, que se repetem no decorrer de cada dia.

Com o avanço da tecnologia e o controlo da electricidade, surge a cultura da noite, onde, cada vez mais a sociedade fica privada do sono ao manter-se desperta em horários onde a inexistência de luz natural indicaria o início de um momento de maior relaxamento e produção de melatonina, que além de induzir o sono é responsável pela recuperação de células no nosso corpo.

Desta forma, torna-se necessário criar soluções de iluminação artificial que se adequem a esta falta de luz natural, permitindo a regulação do ritmo biológico do homem.

Este controlo da luz artificial deverá ser pensado pelo arquitecto que ao idealizar um espaço de acordo com a funcionalidade projectada para o mesmo deverá pensar na iluminação artificial como mais um elemento construtivo de grande importância e de inúmeras consequências na concretização do seu objectivo.

A iluminação artificial deverá dar resposta a questões de conforto e segurança para o homem e de qualidade estética no projecto de arquitectura.

1.2.1 CONFORTO VISUAL

Para se criar um ambiente confortável visualmente é necessário ter em atenção os encadeamentos provocados pelos brilhos, proveniente de fontes desprotegidas ou de variações drásticas de luminâncias. O brilho pode ter dois tipos de consequências: o brilho desconfortável que cria locais inóspitos, por desagradabilidade ou fadiga, podendo ser o causador de problemas afectos à saúde; e o brilho incapacitante, que tem como característica uma luminosidade tão forte, em conjunto com uma diferença acentuada de luminâncias que faz com que torne impossível a visualização de um espaço ou objecto. Como tal, é necessário ter em atenção os dois aspectos que proporcionam estes dois tipos de brilhos, de forma a atenuar a sua existência e as suas consequências. [2]

1.2.2 SEGURANÇA

Em questões de segurança a iluminação desempenha um papel fundamental, que por vezes é negligenciado. Esta falta de segurança é muitas vezes notada na forma como é colocada a iluminação em zonas de passagem limitada ou de difícil acesso. Por exemplo, escadarias, gavetos, ou situações de desníveis ou diferenças de cota de piso são locais que devem ter especial atenção na forma como são iluminadas. Na maioria das vezes, a solução não passa por uma maior quantidade de luz, mas sim por um melhor posicionamento do equipamento. Os conhecimentos de modelação da luz são importantes na criação de contrastes de iluminação pois estes permitem distinguir os volumes presentes nos espaços. Situações de má iluminação devido a baixa luminância, ou falta de contraste, poder-se-ão tornar num perigo para quem percorre o espaço [1].

1.2.3 ILUMINAÇÃO DE OBJECTOS

Ao projectar-se a iluminação para um espaço, é necessário saber quais os objectos-alvo da iluminação. Existem várias propriedades do objecto que influenciam a utilização de um certo tipo de lâmpada, de luminária, e até de períodos de exposição do próprio objecto à iluminação proposta.

Os materiais e a forma do objecto são factores importantes para a definição do tipo de iluminação a realizar visto que

poderão apresentar situações totalmente distintas de reflexão.

No entanto, ao projectar a iluminação num objecto ou espaço, é necessário ter em consideração que a visão humana é mais sensível a situações de contraste de cor do que a situações de alternância de luminâncias, ou seja, a quantidade de luz a ser utilizada poderá também ter como factor redutor o contraste apresentado entre a peça exposta e o elemento de fundo, sendo que quanto maior for o contraste, menor será a quantidade de luz necessária [2].

Assim sendo, não é necessário mergulhar o objecto em luz de forma a torná-lo visível. Simplesmente é necessário conhecer as propriedades dos objectos a iluminar, e saber jogar com os materiais e cores de forma a criar situações de maior ou menor contraste, dependendo do objectivo pretendido.

Existem, no entanto algumas linhas condutoras que nos guiam para uma iluminação otimizada na modelação de objectos. Com a experimentação de diversos cenários de iluminação através das diferentes técnicas de modelação da luz, é possível apercebermo-nos de quais as composições mais favoráveis a certo tipo de objectos [2].

1.2.4 MODELAÇÃO DA LUZ

A iluminação artificial abre-nos um mundo de situações possíveis. Mas, para poder criar todas essas situações é necessário entender como é que através do processo de visão e da modelação da luz, chegamos aos resultados pretendidos.

A nossa visão é estimulada através de contrastes. Quanto maior for o contraste, maior será a definição do objecto ou do espaço; quanto menor for o contraste, maior será a dissimulação do objecto no próprio espaço. Este contraste pode ser apresentado através de diferentes luminâncias ou por diferentes cores [2] [3].



Figura 04
Exemplos de contrastes

Sendo assim, através de jogos de cor, ou de luz e sombra, é possível criar profundidade e textura do contexto visual, enriquecer e transformar a aparência estética de uma superfície, alterar o reconhecimento facial e a interacção social, aumentar ou reduzir a capacidade visual, e ainda, influenciar a percepção espacial.

A modelação da luz, rege-se pela utilização de diferentes tipos direccionais da luz. Para tirar partido das sombras e revelar detalhes em certos materiais, é muito utilizada a luz rasante pois irá fazer sobressair a textura do material e realçar a beleza do mesmo. Já em superfícies lisas, esta opção irá fazer sobressair qualquer detalhe ou defeito da pintura

ou da estucagem da própria parede. Assim sendo, nestas situações é preferível escolher uma luz frontal à superfície, o que fará com que esses defeitos se apresentem reduzidos, pois não existirão sombras denunciadoras do mesmo.



Figura 05
Fachada com luz rasante



Figura 06
Fachada com luz rasante lateral



Figura 07
Fachada com luz lateral



Figura 08
Fachada com luz frontal

É também utilizada para modelação dos objectos, o jogo entre luz directa e luz difusa. É fácil entender quando deve ser utilizada uma ou outra, ou a junção das duas, num espaço ou objecto.

A luz directa apresenta diferenças acentuadas de luminâncias, as quais ao criarem um aspecto cénico no objecto, podem dificultar a sua leitura devido às sombras existentes. A utilização deste tipo de iluminação tem alguns aspectos positivos e negativos, pois, ao gerar sombras, tanto dificulta a visibilidade do objecto como pode esconder algo que não se pretende que seja observado [3].

A luz difusa é caracterizada por criar ambientes homogéneos. Mais uma vez, este tipo de iluminação também poderá apresentar aspectos positivos e negativos. A luz difusa consegue iluminar uma maior área em comparação com uma luz dirigida de iguais características, no entanto, poderá não revelar as formas exactas de um dado objecto, devido a inexistência de contraste de sombras.



Figura 09
Modelação facial sob luz difusa



Figura 10
Modelação facial sob luz dirigida por cima.



Figura 11
Modelação facial sob luz difusa e luz dirigida lateral.



Figura 12
Objectos geométricos sob luz difusa homogénea.

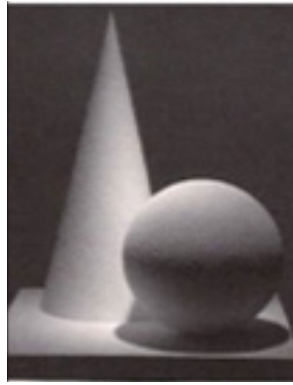


Figura 13
Objectos geométricos sob luz pontual



Figura 14
Objectos geométricos sob luz difusa, colocada por cima do objecto em estudo

Esta análise dos diferentes tipos de luz, é importante para a aplicação em espaços de trabalho ou de lazer. Quando a intenção da iluminação do espaço é prática/funcional a melhor opção de iluminação de espaços, será a utilização dos dois tipos de iluminação, de modo a que não exista um cansaço visual, seja pelo ambiente demasiado cénico devido à utilização de um grande contraste de luz e sombra, seja por se tratar de um espaço demasiado homogéneo.

Esta possibilidade que a luz nos proporciona de poder ser modelada e colocada estrategicamente de forma a provocar sensações é, de todas as características, a mais apreciada pelos arquitectos. Com a luz é possível influenciar a percepção de um espaço, atrair a atenção para certos pontos específicos e camuflar determinados aspectos menos positivos num espaço ou objecto.

Muitas vezes os arquitectos deparam-se com situações que limitam os espaços, seja pelo pé direito elevado, ou demasiado baixo, seja por se tratar de um espaço interior ou com diversas aberturas para o exterior, seja pelas cores que pretendem utilizar ou pelos acabamentos escolhidos. Muitas das situações criadas pelo arquitecto podem ser alteradas através da iluminação. No entanto, essa alteração é muitas vezes realizada de uma forma inconsciente e de consequências negativas, por falta de conhecimento na escolha da iluminação. No entanto, quem reconhece a importância da iluminação num projecto de arquitectura, compreende que o produto final da arquitectura só se apresenta quando as “luzes se acendem”, seja pelo nascer do sol, seja pela luz artificial, e todo o conceito visível e perceptível do espaço o sucesso da escolha dos acabamentos poderá depender do projecto de iluminação realizado [1] [3].

1.3 A COR COMO ELEMENTO DA LUZ

A modelação da luz é feita não só através do contraste de luz e sombra, mas também através da sua cor. A cor faz parte das propriedades da luz, e é por isso que quando existe luz somos inundados de cor.

A luz, tem como referência a luz solar que se apresenta aos nossos olhos num espectro visível onde conseguimos identificar diferentes frequências que se traduzem em diferentes cores. O espectro visível da cor situa-se entre os

ultra-violetas e os infra-vermelhos, ou seja entre os 400nm e os 700nm, aproximadamente, sendo o nanômetro (nm) a unidade de medida do comprimento de onda do espectro visível.

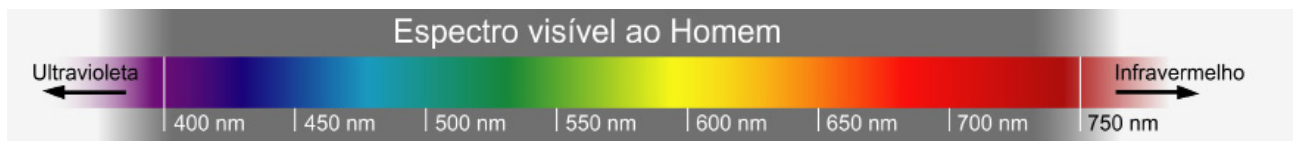


Figura 15
Espectro visível ao homem, compreendido entre os 400nm e os 750nm. (nm - comprimento de onda do espectro visível)

A cor é um dos elementos principais da iluminação. O olho consegue captar pequenas alterações de cor na luz de uma forma mais rápida do que qualquer alteração de quantidade da mesma, sendo por isso utilizada na criação de contrastes de luz.

No entanto, para saber trabalhar a cor na iluminação é preciso compreender o que é e como se distingue a cor no trabalho da luz [2] [3].

1.3.1 DEFINIÇÃO DE COR

Para estudar as propriedades da cor é necessário entender que existem pelo menos três diferentes definições de cor, nomeadamente: a cor, a cor de um objecto e a cor perceptível.

1) A cor, define-se como sendo parte das características da luz que permitem a um observador distinguir entre duas porções de luz do mesmo tamanho e forma [1]. 2) A cor de um objecto, refere-se à cor da luz reflectida ou transmitida por um objecto quando iluminado por uma fonte luminosa normalizada [1]. 3) A cor perceptível é bastante mais complexa do que qualquer uma das anteriores definições. Esta, define-se por ser a cor percebida como pertencendo a um objecto, sendo este, o conjunto das características do objecto, da luz incidente, da envolvente, da direcção da visão e da adaptação do observador ao ambiente lumínico [1] [34].

Ao trabalhar a luz, o arquitecto ou luminotécnico deverá ter como base o uso da cor de um objecto, pois o factor de reflexão e de transmissão da luz por um objecto é a característica mais importante na execução de todo um plano de iluminação, de modo a criar uma sensação de bem estar nos utilizadores de um espaço, bem como uma boa percepção dos objectos existentes [2].

1.3.2 COLORIMETRIA

A colorimetria é a ciência que trata da catalogação das cores [34]

Ao catalogar as cores é possível avaliar e fazer a correspondência das cores de acordo com a tonalidade da luz. Sem

este procedimento, não existiria uma regra na definição de cor na iluminação, e conseqüentemente na catalogação da cor das lâmpadas a nível mundial.

É, no entanto, necessário compreender como surgem as cores de modo a prever o resultado final na utilização de diferentes tonalidades de luz na criação de ambientes.

De modo a avaliá-las sistematicamente, formaram-se dois tipos de misturas de cores: a mistura aditiva, que acontece quando se misturam luzes coloridas; e a mistura subtractiva, que trata da mistura de tintas coloridas.

Ambas têm como base as cores primárias: vermelho, verde e azul-violeta. [2]

Na mistura aditiva, temos como resultado da soma das cores primárias, o amarelo, o magenta, o azul cião e o branco:

Vermelho + Verde = Amarelo

Vermelho + Azul Violeta = Magenta

Verde + Azul Violeta = Azul Cião

Vermelho + Verde + Azul Violeta = Branco

As três cores resultantes (Amarelo, Magenta e Azul Cião) denominam-se de cores complementares, sendo que uma cor complementar misturada com uma cor primária não constituinte resulta em branco.

Na prática, e no que diz respeito à iluminação de objectos, se tivermos duas fontes de luz, uma branca e outra verde, a incidir em três objectos/superfícies de cores distintas e primárias (vermelha, verde e azul), a luz branca permite ver as três cores enquanto que a luz verde apenas reflectirá o próprio verde.

Na mistura subtractiva, a mistura de pigmentos das cores primárias terá como resultado final o preto, ou seja:

Vermelho + Verde = Preto

Vermelho + Azul Violeta = Preto

Verde + Azul Violeta = Preto

Mas, ao fazer-se a mistura subtractiva das cores complementares, chegamos novamente às cores primárias:

Amarelo + Magenta = Vermelho

Amarelo + Azul Celeste = Verde

Magenta + Azul Celeste = Azul Violeta

Amarelo + Magenta + Azul Celeste = Preto

Todo este processo de catalogação de cores será importante na compreensão das conseqüências visuais na utilização das lâmpadas e dos filtros de cores existentes. Desta forma, compreende-se que ao utilizarmos uma lâmpada com maior intensidade de cor vermelha, todos os objectos de cor quente serão evidenciados no espaço iluminado, o mesmo

acontecerá na utilização de uma lâmpada com maior intensidade de cor azul, que evidenciará as cores mais frias do círculo de cores.

1.3.3 AVALIAÇÃO DA COR

Depois de entender todo o processo de catalogação das cores e de como se constroem e se misturam diferentes cores, sendo estas pigmentos ou luzes, é necessário entender que mesmo a própria cor poderá variar dentro de diferentes nuances, podendo-se apenas chegar a uma definição precisa da cor, após caracterizar as três diferentes componentes da mesma: a cor em si, ou seja, se é azul, amarelo, vermelho, entre outras; a sua tonalidade, podendo-se apresentar como clara ou escura; e a sua saturação, definindo-se desta forma como cor viva ou morta.

Como resumo de todo este processo de catalogação de cores, foi formulado um diagrama de cromaticidade, que tem como base o triângulo com as cores primárias e complementares, integrado num sistema de coordenadas.

Desta forma, para definir uma cor segundo este sistema, é necessário ter em conta os seguintes factores: quanto mais pura é uma cor, ou seja, quanto maior for o seu grau de saturação, mais próxima estará do limite externo do diagrama; em oposição, quanto mais baixo for o seu grau de saturação mais próxima será a sua posição em relação à do ponto neutro. [1]

É com base neste sistema que surgem as noções de temperatura de cor, existentes na luz solar, e conseqüentemente, na luz artificial.

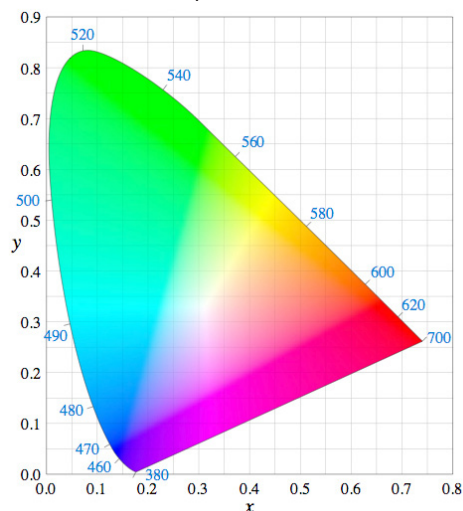


Figura 21
Diagrama Cromático da CIE - Elipse de MacAdam

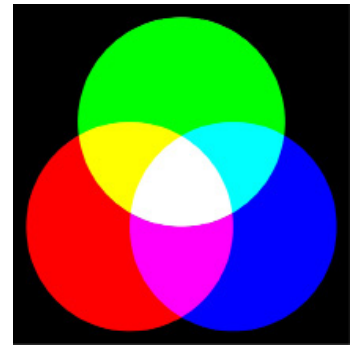


Figura 16
Mistura aditiva de cores

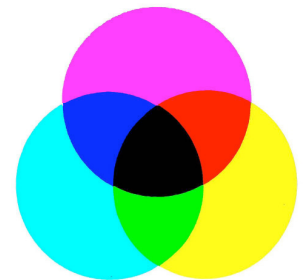


Figura 17
Mistura subtrativa de cores



Figura 18
Roda das cores

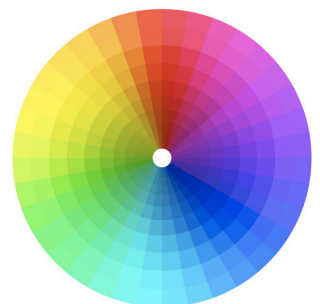


Figura 19
Tonalidades das cores

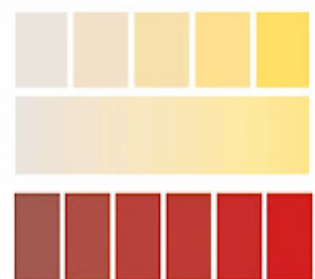


Figura 20
Saturação das cores

1.3.4 TEMPERATURA DE COR

A temperatura de cor é a denominação dada à aparência da cor da luz que é emitida por uma fonte. Essa cor aparente, é representada por uma curva, denominada de “locus do corpo negro”, existente no diagrama cromático que faz a relação entre a cor que emite o corpo negro em função da sua temperatura.

Facilitando uma imagem deste conceito, imagine-se o aquecimento de um objecto sem referência do ponto de fusão. Uma vez aquecido, o objecto poderá absorver todo o calor facultado. A cor visível do objecto incandescente mudará gradualmente com o aumento da temperatura. Ou seja, à medida que a temperatura do corpo negro aumenta, a cor apresenta desde os tons amarelados aos tons azulados. A temperatura de cor tem como unidade estabelecida os graus Kelvin (K), remetendo desta forma à temperatura do corpo negro [1] [2].

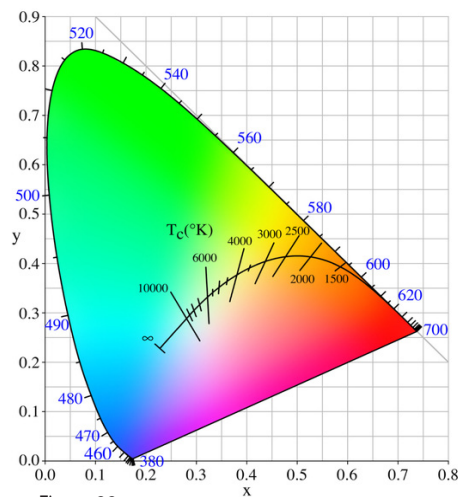


Figura 22
Locus do Corpo Negro, representada no Diagrama Cromático da CIE - Elipse de MacAdam

Cada tonalidade existente no “locus do corpo negro” está associada a uma tonalidade de cor no diagrama. Essa correspondência é realizada nos seguintes parâmetros:

Até 3000k de temperatura de cor, obtém-se um branco quente;

Entre os 3000k e os 5000k, obtém-se um branco intermédio;

A partir dos 5000k, obtém-se um branco frio.

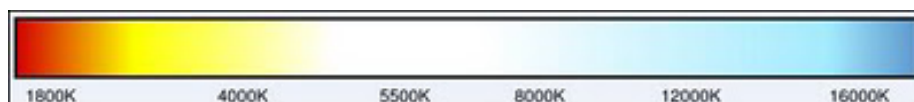


Figura 23
Representação da temperatura de cor das lâmpadas

Desta forma, sendo apresentadas duas fontes de luz com a mesma temperatura de cor, é correcto dizer-se que apresentam exactamente a mesma tonalidade.

No entanto, um espaço projectado com o mesmo tipo de iluminação poderá apresentar ambiências muito distintas

dependendo da temperatura de cor utilizada.

Assim sendo, a temperatura de cor mais baixa, de tom amarelado, é utilizada para criar ambientes de maior conforto, proximidade e familiaridade. É muito utilizada nas residências, e em locais de lazer ou de relaxamento. A temperatura de cor neutra (4000°K) é muito utilizada em locais de trabalho, tais como ateliers, escritórios, cozinhas, entre outros. As temperaturas de cor mais elevadas são utilizadas ou em locais de trabalho, quando se pretende um maior nível de concentração ou maior rapidez na execução de tarefas. Poderá também ser realizada uma composição de temperaturas de cor, de modo a quebrar a monotonia no espaço e a criar pontos de interesse. As temperaturas de cor mais elevadas, são normalmente observadas durante a manhã num dia solarengo. Ainda assim, existem estudos que comprovam que a luz azulada reduz a produção de melatonina, o que ajuda na produtividade e concentração [33].

Claro que, a utilização de uma temperatura de cor num certo espaço, pode muitas vezes apresentar-se de forma diferente à sugerida, pois poderá depender da localização geográfica e do clima onde se encontra o espaço a projectar.

Países mais quentes têm preferência por temperaturas de cor mais elevadas, enquanto que os países mais frios tendem a equilibrar o clima com temperaturas de cor menos elevadas. No entanto, a temperatura de cor deverá sempre ser pensada em função do conceito arquitectónico, de forma a evidenciar sensações ou criar efeitos visuais no próprio espaço [3].

1.3.5 ÍNDICE DE RESTITUIÇÃO CROMÁTICA (IRC)

A cor é um tema de cariz subjectivo. Pode ser percebida de diferentes ângulos, de distâncias distintas e com inúmeros contrastes, submetidos a exposições de luz variadas, o que fará com que a cor visionada mude a sua saturação e até a sua tonalidade, dependendo das características da envolvente. Como tal, uma paisagem iluminada por um dia de sol descoberto terá cores mais vivas do que num dia de céu enevoado.

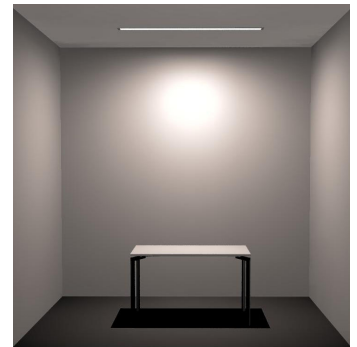


Figura 24
Temperatura de cor - 2700°K

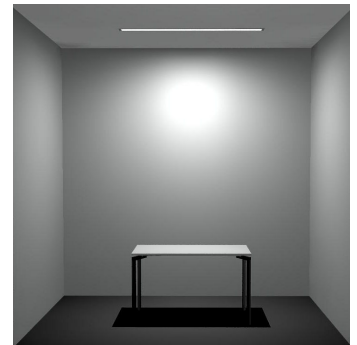


Figura 25
Temperatura de cor - 4000°K

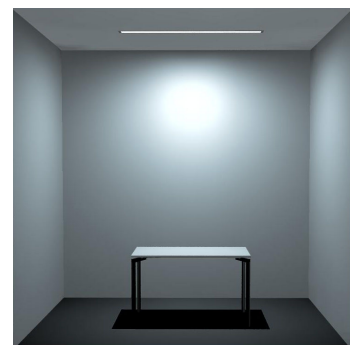


Figura 26
Temperatura de cor - 5000°K

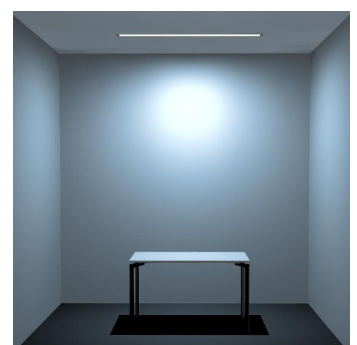


Figura 27
Temperatura de cor - 10.000°K

Esta noção de maior ou menor saturação, ou de melhor, ou pior representação fidedigna das cores de um objecto, acontece devido às características da distribuição espectral do tipo de luz em questão. A distribuição espectral representa a distribuição das diferentes frequências de cores existentes no comprimento de onda referente ao tipo de luz da lâmpada em questão. Assim sendo, na luz artificial, de modo a ser possível classificar cada lâmpada consoante a sua restituição cromática foi criada uma tabela, na qual vigoram oito cores diferentes, e dependendo da visualização correcta da cor com a luz da respectiva lâmpada em teste, ser-lhe-á atribuído um “Índice de Restituição Cromática” (IRC), propriedade que fará parte das características essenciais da lâmpada de modo a que seja possível uma comparação da restituição cromática entre lâmpadas, e a aplicação de cada tipo de lâmpada nos espaços adequados à mesma [1] [34].

Apesar da inconstante distribuição espectral da luz diurna, o sol emite uma luz com um IRC igual a 100, sendo este o IRC máximo de uma lâmpada.

Na luz artificial, a lâmpada incandescente apresenta um IRC igual ao do sol, pois cobre todos os comprimentos de onda referentes ao espectro de luz visível. No extremo oposto, a lâmpada de sódio de baixa descarga que apresenta uma luz amarelada, quase monocromática, apenas cobre uma pequena parcela dos comprimentos de onda do espectro visível, obtendo um valor muito baixo de IRC [23].

Entre estes dois opostos encontram-se posicionados os diferentes tipos de lâmpadas existentes no mercado.

1.4 A BASE DA LUMINOTÉCNIA

Para trabalhar a luz artificial é necessário ter conhecimento das principais grandezas luminotécnicas, importantes para o cálculo da luz e análise das suas consequências num projecto.

As principais unidades luminotécnicas são: 1) o fluxo luminoso, 2) a intensidade luminosa, 3) a luminância e 4) o nível de iluminação também denominado de iluminância [1] [34].

O fluxo luminoso caracteriza-se pela quantidade de luz total emitida em todas as

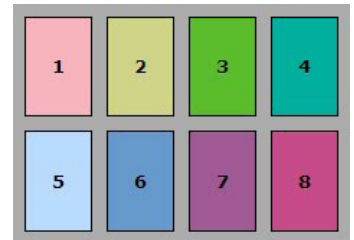


Figura 28
Tabela de cores padrão utilizada para medições do IRC

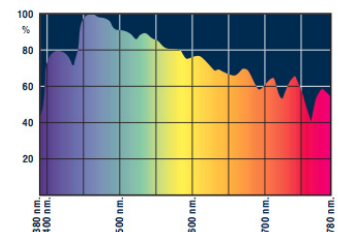


Figura 29
Distribuição espectral da luz de um dia normal.

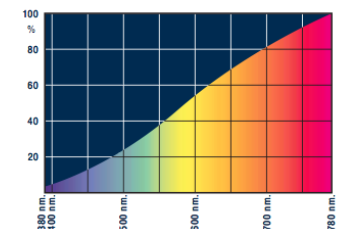


Figura 30
Distribuição espectral de uma lâmpada incandescente

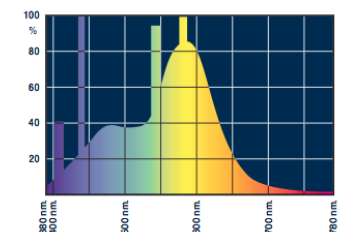


Figura 31
Distribuição espectral de uma lâmpada fluorescente de 5000°K

direcções por uma fonte de luz, neste caso, a lâmpada. A sua unidade de medida é o lúmen (lm) e é representado pelo símbolo matemático Φ . De modo a aferir quantos lúmens são emitidos por uma lâmpada é necessário realizar as medições nas direcções em que se pretende esta informação, visto que uma fonte luminosa normalmente irradia luz uniformemente em todas as direcções.

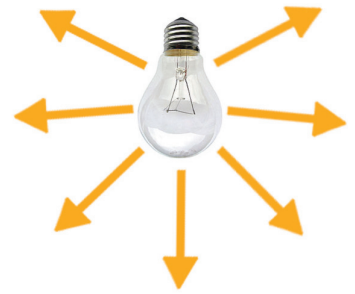


Figura 32
Fluxo Luminoso Φ - lúmen (lm)

A intensidade luminosa (I) representa a totalidade do fluxo luminoso emitido numa só direcção. A sua unidade de medida é a candela (cd).



Figura 33
Intensidade luminosa (I) - candela (cd)

A luminância (L) é uma medida da densidade da intensidade de uma luz reflectida numa dada direcção. Refere-se ao brilho de uma superfície iluminada ou luminosa, observada pela vista. A sua unidade de medida é a candela por metro quadrado. (cd/m^2).

O nível de iluminação (E) indica o total de Fluxo Luminoso que incide numa dada superfície, que tem como unidade de medida o lux.

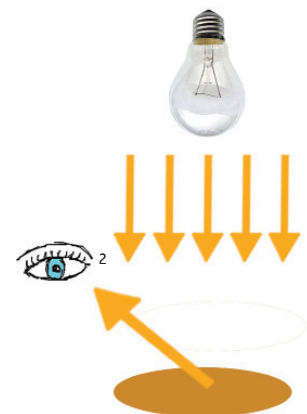


Figura 34
Luminância (L) - candela/m² (cd/m^2)

Estas grandezas dão-nos a possibilidade de calcular a luz. Desta forma, conseguimos criar um método de estudo da iluminação que através de parâmetros de comparação de valores dados por estas grandezas, nos permite trabalhar a iluminação de uma forma quantificada.

No entanto, existem vários factores que modificam a qualidade de uma iluminação, e que não tem resolução através de cálculos, pois apenas é notada através da percepção humana. Deveremos ter em atenção as variações de luminosidade no campo visual, de forma a acompanhar a capacidade de adaptação do olho. A luz deve ser adequada ao ambiente que se quer proporcionar, pois, dependendo do espaço e da iluminação projectada é possível obter experiências totalmente diferenciadas.

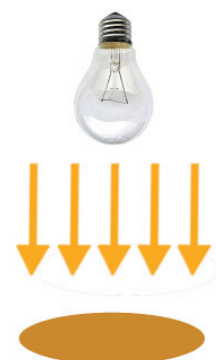


Figura 35
Nível de Iluminação (E) - lux (lx)

1.5 POTENCIALIDADES DA LUZ ARTIFICIAL

A grande vantagem que a luz artificial veio trazer em comparação à luz solar, foi, entre vários aspectos, a possibilidade de controlo total da mesma. Com a luz solar é possível moldar, esconder, mostrar, acentuar o espaço ou o objecto, utilizando a quantidade certa de luz. Com a luz artificial é possível ter um controlo total da luz podendo projectar a quantidade de iluminação pretendida, com a qualidade necessária, no momento exacto e no tempo definido, utilizando os possíveis controlos de intensidade e de distribuição

da luz, de temperatura de cor e de fidelidade cromática, de contraste, de modelação, e de criação de efeitos visuais. É claro que também a iluminação sofreu diversas mudanças, adaptações e evoluções no que diz respeito à qualidade técnica e aparência estética das ferramentas de trabalho existentes [1] [34].

1.6 FERRAMENTAS DE ILUMINAÇÃO

A arquitectura, no seu contexto histórico, apresenta constantes alterações estéticas e evoluções construtivas que se encontram normalmente relacionadas com diferentes épocas. A iluminação, na perspectiva de dar resposta à arquitectura, também evoluiu com o intuito de se integrar no próprio projecto ao ponto de se moldar e se vincular ao conceito arquitectónico [1].

Tal como na arquitectura, é possível identificar as várias fases da iluminação presentes no passar dos séculos.

Assim sendo, no século XVIII, a luz era trabalhada pela quantidade, ou seja, quanto mais ténue fosse a luz, mais sóbrio seria o espaço. Daí a existência de pouca iluminação nas igrejas e nos mosteiros.

Já no início do século XX, começou-se a trabalhar a luz de acordo com o conforto proporcionado pela mesma, de forma a que pudesse ser transportada e prolongada. A meio do século XX começou a ser trabalhada a estética da luz. Já no final do século XX aparecem as primeiras preocupações com reduções energéticas, coincidentes com o conhecimento do buraco do ozono, e em conjunto com a exploração da funcionalidade ergonómica. Nos dias de hoje, declara-se uma necessidade de integração da iluminação na arquitectura permitida pelos avanços tecnológicos em ambas as áreas e apenas limitada pela falta de formação existente no tema da iluminação [5] [1].

Quando se inicia todo o processo de escolha, selecção e implantação das luminárias é normal ser-se “esmagado” pelas diferentes opções encontradas. O problema com que nos deparamos é que não existem soluções catalogadas pelos ambientes que as luminárias criam num espaço, tal como, “espaço com pé direito baixo e pouca iluminação natural”, ou “atelier de duplo pé direito e chão de madeira corrida”. Como não existe este tipo de descrição na compra de lâmpadas e luminárias, é necessário aprender a linguagem da iluminação, ou seja, das lâmpadas e das luminárias, de modo a podermos compreender os efeitos que estas produzem nos diferentes espaços [14].

1.6.1 FONTES DE LUZ - LÂMPADAS

O uso das lâmpadas é muitas vezes realizado sem qualquer preocupação, e sem leitura da informação da mesma. É normal observar compradores em lojas a adquirir grandes quantidades de lâmpadas e metê-las num armário para o caso de alguma se fundir, sem qualquer noção e cuidado relativamente às temperaturas de cor, ou às diferentes necessidades de IRC e de intensidades de luz no espaço, o que pode resultar em inúmeras consequências indesejáveis, tais como:

1) a criação de um ambiente monótono devido aos diferentes espaços da mesma casa se encontrarem iluminados com o mesmo tipo de luz; 2) esteticamente pobres devido às diferentes temperaturas de cor utilizadas numa mesma luminária ou até num mesmo espaço sem qualquer noção de enquadramento criando assim espaços pouco confortáveis.

Cada tipo de lâmpada tem as suas vantagens e desvantagens, e, como tal, o primeiro passo a dar em relação à sua escolha é compreender os seus diferentes tipos e a forma como trabalham [1].

HISTÓRIA DA LÂMPADA

A lâmpada, tal como hoje a conhecemos, nem sempre se apresentou com os mesmos formatos ou características.

O desenvolvimento da luz artificial surgiu com a necessidade do ser humano prolongar o dia.

Com o pôr do sol, a insegurança e o perigo acentuam-se, e o homem não se sabe proteger sem luz devido à falta de visão. Na idade da pedra, ao se descobrir o fogo, tornou-se necessário encontrar uma ferramenta que produzisse uma chama controlada por um longo período de tempo. Foi nesta procura, com base na necessidade humana de ver no escuro, que se iniciou o processo da iluminação através da luz artificial. É precisamente nesta época que surgem as primeiras lâmpadas, onde a pedra e a terra eram as principais matérias primas na execução das mesmas. Ao escavarem a pedra até a conformarem em concha, conseguiam criar, nas suas concavidades, um pequeno recipiente apropriado à queima de óleo prolongando a duração da chama.

Apenas mais tarde, já no século XVIII, foi criada uma ferramenta que prolonga o fluxo de luz da chama. Em 1780 foi inventada e patenteada a lâmpada de Argand. Esta lâmpada veio trazer muitas melhorias ao nível da iluminação doméstica. A sua luz era equivalente a cerca de 6 a 10 velas, com a possibilidade de se encontrar equipada com um amplificador de chama.

A lâmpada de Argand marcou o começo da era da tecnologia da iluminação.

No século XIX é feito novamente um avanço tecnológico, onde a chama, como fonte de luz, é trocada pela camisa de gás e pela lâmpada eléctrica. Exemplos como a lâmpada de querosene, e a lâmpada de gás, equipadas com camisa incandescente, foram muito utilizadas no quotidiano doméstico, enquanto que para a iluminação pública se davam os primeiros passos na iluminação eléctrica com a lâmpada de arco.

Foi também, já no final do século que Thomas Alva Edison usou um filamento de algodão carbonizado e conseguiu uma lâmpada que durou 40 horas. Mais uma enorme conquista na história da iluminação.

No século XX inicia-se a exploração dos vários tipos de filamentos, ao encontro da melhor solução de iluminação. Surgem, entre vários, os filamentos de bambu de Edison, de grafite (Swam), bem como os filamentos metálicos, feitos de tungsténio e que são usados até aos dias de hoje.

Nos anos 30, surgem as lâmpadas de descarga em gás de baixa pressão.

Já nos anos 50, surgem as lâmpadas de descarga em alta pressão, entre as quais as lâmpadas de vapor de mercúrio, e nos anos 70 as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão.

Com o início do século XXI surge uma nova tecnologia, os Light Emitting Diode's (LED's), onde o seu leque de potencialidades ainda se encontra a dar os seus primeiros passos na história da iluminação artificial e já apresenta inúmeras vantagens na iluminação [1].

CRONOLOGIA DA LÂMPADA

Idade da pedra – conchas e pedras esculpidas que queimavam óleo vegetal ou animal.

1853 – lâmpada de querosene e vela de parafina.

1870 – camisa incandescente para lâmpada.

1879 – Thomas Alva Edson inventa o filamento de algodão carbonizado.

1893 – lâmpada de arco fechada com bulbo.

1901 – lâmpada de mercúrio.

1907 – filamento de tungsténio, usado até hoje.

1910 – néon que usa gás carbónico.

1919 – lâmpada sem bico, o vácuo passa a ser feito pela base.

1930 – O sódio começou a ser usado como meio luminoso, produzindo uma luz amarelada, típica da iluminação de rua.

- Lâmpada de mercúrio de alta pressão para grandes ambientes.

- Incandescente tubular.

- Fluorescente: o bulbo é revestido de um material que aumenta a quantidade de luz emitida.

1940 – luz mista: mercúrio de baixa pressão e filamento incandescente.

- Luz negra que só deixa passar radiação ultravioleta e que faz brilhar objectos claros.

- Fluorescente circular com revestimento de sílica.

1970 – Trifósforo: Um novo material deixou as fluorescentes mais económicas.



Figura 36
Lâmpadas da idade da pedra



Figura 37
Lâmpada de Argand



Figura 38
Lâmpada de Querosene



Figura 39
Lâmpada de Gás



Figura 40
Lâmpada de Arco

- Lâmpada de vapores metálicos de grande potência adequada a estádios.
- Reflector dicróico; retém o calor da lâmpada e por isso é próprio para vitrines.

1980 – Lâmpada de vapor metálico pequena para uso residencial.

- Lâmpada de indução magnética que dura 60 mil horas.

Década de 90 – Uma nova lâmpada de sódio que emite luz branca em vez de amarelada. Além de económica, produz excelente definição de cores.

- Fluorescentes de rosca adaptáveis às instalações domésticas habituais.

2000... – Começo da utilização dos LED's na iluminação. Até ao início do séc. XXI apenas eram comercializados em pequenas luzes de presença ou de equipamentos, nas cores vermelho e verde.



Figura 41
Lâmpada com filamento de algodão carbonizado com 40 horas de duração.

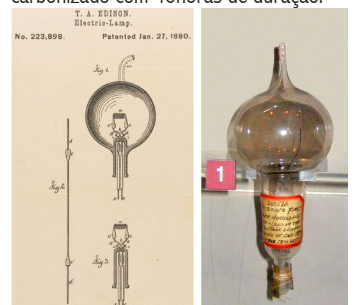


Figura 42
Lâmpada com filamento de bambu de Thomas Edison.

INCANDESCENTES

O grupo de lâmpadas denominado por incandescentes devido ao processo de iluminação através da incandescência, é composto por lâmpadas incandescentes e de halogéneo. A lâmpada incandescente gera luz quando a corrente eléctrica passa no filamento. Quanto mais quente se encontra o filamento, mais branca a luz se apresenta. Estas lâmpadas duram em média entre 750 e 100 horas. Devido ao seu enorme aquecimento, as luminárias em que são aplicadas já se encontram desenhadas de forma a prevenir o contacto com a lâmpada, de modo a que o seu aquecimento não danifique quer a luminária quer os seus componentes.



Figura 43
Lâmpada com filamento de tungsténio de Thomas Edison.

A temperatura de cor habitual de uma lâmpada incandescente é de 2700°k, o que representa uma tonalidade amarelada, usualmente denominada de branco quente ou *warm white*.

As desvantagens apresentam-se na fragilidade do filamento. Quanto mais este aquece mais existe evaporação do metal do filamento, fazendo com que o filamento se quebre e conseqüentemente que a lâmpada se funda. Esta evaporação, ainda que não quebre de imediato o filamento, suja as paredes da lâmpada, fazendo com que o seu rendimento, com o tempo, reduza significativamente [20].

As lâmpadas de halogéneo, comparativamente às incandescentes, apresentam uma luz



Figura 44
Lâmpada Incandescente

mais branca e têm uma vida útil mais longa, de 2000 a 10000 horas.

À semelhança das incandescentes, estas lâmpadas também atingem temperaturas bastante elevadas e, como tal, necessitam de uma protecção especial na luminária.

A temperatura de cor destas lâmpadas rondam os 3000°k, apresentando uma luz ligeiramente mais branca do que as incandescentes.

As lâmpadas de halogéneo de baixa voltagem, são relativamente menores do que as regulares, factor vantajoso para acentuação de pormenores. Por esse motivo são utilizadas na exposição de peças em lojas, museus, habitação, entre outros locais.

Estas lâmpadas de baixa-voltagem exigem a utilização de um transformador para adequar a corrente eléctrica de 220V para 12V. Daí a sua grande utilização em locais de maior humidade, tais como balneários, instalações sanitárias, entre outros.

As lâmpadas do grupo das incandescentes, apesar da sua facilidade de aplicação, da sua temperatura de cor agradável e dos índices elevados de restituição cromática, têm um défice no que respeita à sua eficiência, pois apresentam um elevado consumo de energia comparativamente ao rendimento das fluorescentes, bem como uma vida útil bastante reduzida. Estas desvantagens poderão ser determinantes na execução de um projecto de iluminação.

Hoje em dia, as lâmpadas incandescentes encontram-se em massiva substituição pelas lâmpadas compactas fluorescentes ou até mesmo pela tecnologia mais recente, os LEDs.

Ainda assim, as suas maiores áreas de aplicação são as residências particulares, alguns espaços específicos de hotéis, e em algumas lojas onde o ambiente acolhedor e de referência ao lar ainda o permite.

Também as lâmpadas de halogéneo continuam a ser as favoritas onde o controlo da quantidade de luz e abertura do feixe são necessárias assim como as incandescentes, quando a versatilidade e a cor da luz são características importantes para o projecto pois, quando dimerizadas, isto é, quando a sua intensidade é regulada, as lâmpadas incandescentes são o único tipo de lâmpadas que mudam a cor tornando-se



Figura 45
Lâmpada de Halogéneo



Figura 46
Lâmpada de Halogéneo



Figura 47
Lâmpada de Halogéneo



Figura 48
Lâmpada de Halogéneo



Figura 49
Lâmpada de Halogéneo



Figura 50
Lâmpada de Halogéneo

avermelhada à medida que a sua intensidade diminui, podendo alcançar grandes amplitudes de cor e intensidade ainda que essas alterações também tenham consequências no tempo útil de vida da lâmpada. Nestas aplicações, o projectista troca o pobre rendimento e curta vida útil pela sua temperatura de cor.

SISTEMA FLUORESCENTE

As lâmpadas fluorescentes utilizam o princípio da fluorescência, ou seja, a energia eléctrica excita o gás que se encontra no interior da lâmpada o que gera uma luz ultravioleta. A luz ultravioleta excita o fósforo que se caracteriza por uma mistura de minerais, sendo a superfície da lâmpada pintada no seu interior. O fósforo é caracterizado também por irradiar as diferentes cores da luz branca, o que possibilita a escolha da temperatura de cor e da restituição cromática da lâmpada.

Na descrição de cada lâmpada vem associada a temperatura de cor e a restituição cromática da mesma. Por exemplo, uma lâmpada com temperatura de cor de 3500°k e restituição cromática entre 80 e 90 é reconhecida pela designação 835. Já uma lâmpada de 4000°K mas com um IRC superior a 90, tem como designação 940.

O sistema de iluminação fluorescente consiste em dois ou três componentes:

1. Lâmpada fluorescente;
2. Balastro;
3. Sistema de arranque.

Dependendo do sistema de iluminação a ser utilizado, o sistema de arranque corresponde a uma componente opcional, podendo ou não vir a ser integrado no balastro.

O balastro é uma componente importante ao funcionamento da lâmpada visto que o papel dele é regular a corrente eléctrica que cria a excitação no gás fazendo libertar a luz ultravioleta. Esta excitação das partículas do gás provoca um aquecimento que consequentemente provoca uma maior corrente de energia eléctrica. O balastro, ao controlar essa entrada de energia, faz com que a lâmpada não se destrua com o seu próprio aquecimento.

Existem dois tipos de balastros: o ferro-magnético e o electrónico. As maiores diferenças entre eles residem no consumo, claramente menor com a utilização do balastro electrónico. Este apresenta também como vantagens o facto de ser menor e mais leve, o que faz com que possa ser mais facilmente escondido nas luminárias, nos detalhes arquitectónicos e também nas próprias lâmpadas como é o caso das fluorescentes compactas.

Os aspectos negativos do balastro electrónico são o preço mais elevado, a débil resistência aos cortes de luz ou às altas

temperaturas, e a possível interferência com alguns equipamentos electrónicos [18].

Devido à sua versatilidade, as lâmpadas fluorescentes apresentam várias formas, tamanhos, cores e intensidades de luz.

As cores que se podem encontrar nas lâmpadas fluorescentes são feitas através da manipulação do fósforo existente na superfície interior da lâmpada, assim sendo, poder-se-á obter qualquer cor pretendida.

Apesar das diferentes opções de cor que as lâmpadas fluorescentes nos oferecem, as mais comercializadas são os brancos, os quais recebem designações correntes dependendo da sua aparência: Branco quente (*WarmWhite*) equivalente a 3000°K; Branco dia, ou Branco neutro (*DayLight*) equivalente a 4000°K; Branco frio (*CoolWhite*) equivalente a 5000°K. Esta forma de distinção entre as diferentes cores, nada mais é que uma abreviatura comercial da linguagem pertencente à iluminação.

Existem também no mercado diversas dimensões e formatos de lâmpadas fluorescentes, desde as lineares T12, T10, T8, T5, que diferem no diâmetro, às redondas ou semi-circulares, passando pelas compactas onde já se encontra integrado todo o sistema de balastro e arrancador.

Uma das condicionantes existentes nas lâmpadas fluorescentes é a dificuldade na utilização de dimmer (redutores de corrente eléctrica), ao contrário das lâmpadas incandescentes que facilmente se adaptam a qualquer alteração de corrente.

As fluorescentes, apenas poderão ser dimerizadas através da dimerização do seu balastro que deverá ser adquirido tendo em vista esta opção pois não poderão ser adaptados posteriormente para o efeito desejado [1] [20].



Figura 51
Lâmpada Fluorescente Compacta Integrada



Figura 52
Lâmpada Fluorescente Compacta não Integrada



Figura 53
Lâmpada Fluorescente Linear T5



Figura 54
Lâmpada Fluorescente Circular

BAIXA DESCARGA

A lâmpada fluorescente pertence a este grupo. No entanto, o grupo das lâmpadas de baixa descarga é normalmente distinguido pela lâmpada de sódio de baixa pressão, a lâmpada mais eficiente no mercado, visto conseguir produzir mais luz com menos potência, ou seja, mais lúmens por watt.

A desvantagem desta lâmpada é a pobre restituição cromática, pois apresenta uma



Figura 55
Balastro electrónico para lâmpada linear T5

luz quase monocromática de um tom amarelo, sendo por isso mesmo apenas aceitável para iluminação viária e em certos casos para iluminação urbana.

ALTA DESCARGA

Os três tipos diferentes de lâmpadas de alta descarga são:

- Lâmpada de Iodetos Metálicos (HID), são muito utilizadas em iluminação de interiores, nomeadamente em lojas ou espaços de pé direito elevado. Esta lâmpada apresenta temperaturas de cor desde os 3000°k até aos 20.000°k obtendo assim uma grande amplitude no que respeita aos locais de implantação e ambientes desejados.

- Lâmpada de sódio de alta pressão (HPS), a qual produz uma luz usualmente denominada de “branco dourado”, muito utilizada em espaços que tenham como objectivo o enaltecimento dos tons acastanhados. Devido à sua luz de baixa qualidade no que respeita ao IRC, apenas é utilizada em locais onde a qualidade da luz não seja relevante. Assim sendo, são muito utilizadas em estradas, armazéns industriais, iluminação de fachadas, iluminação de segurança, entre outras aplicações.

- Lâmpada de Vapor de Mercúrio, que devido às suas características e propriedades de fabrico já se encontram ultrapassadas. De momento, ainda se encontram na iluminação viária, apesar de comparativamente a outras lâmpadas de alta descarga, nomeadamente as HID, apresentam uma pobre restituição cromática bem como uma baixa eficiência energética. Estas lâmpadas tendem a desaparecer no mercado visto já não terem qualquer papel nas construções mais recentes.

INDUÇÃO

As lâmpadas de indução são um tipo de lâmpada fluorescente que utiliza ondas de rádio em alternativa ao arco eléctrico de modo a gerar a excitação das partículas de gás para produzir luz ultravioleta.

As lâmpadas de indução têm características semelhantes às lâmpadas fluorescentes incluindo o seu rendimento, a variedade de cores e o alto IRC. No entanto, devido a não terem eléctrodos, o tempo de vida útil das lâmpadas de indução será de 60.000 a 100.000 horas, ou seja, caso seja utilizada doze horas por dia, uma lâmpada de



Figura 56
Lâmpada de vapor de sódio de baixa

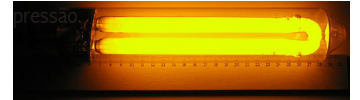


Figura 57
Lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão, de 35W.



Figura 58
Lâmpada de Iodetos Metálicos



Figura 59
Lâmpada de Iodetos Metálicos



Figura 60
Lâmpada de Vapor de Sódio de alta pressão



Figura 61
Lâmpada de Vapor de Sódio de alta pressão



Figura 62
Lâmpada de Vapor de Mercúrio de alta pressão

indução poderá durar vinte anos.

As suas aplicações regem-se na base da iluminação viária e de locais de difícil manutenção.

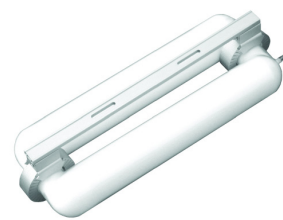


Figura 63
Lâmpada de Indução

LED – LIGHT-EMITTING DIODES

Esta tecnologia da área da iluminação, contrariando a denominação corrente de “nova tecnologia”, surgiu em 1962, sendo produzido numa cor única, o vermelho. Mais tarde, surgiu também o LED de cor verde e amarela. O grande avanço tecnológico deu-se com a descoberta do LED de cor azul, que ao completar o triângulo das cores primárias (RGB) tornou possível obter a cor branca, bem como qualquer outra cor do Diagrama Cromático.



Figura 64
Lâmpada de Indução

A utilização dos LEDs tem diversas vantagens, tanto no que respeita aos aspectos técnicos, tais como, o tempo de vida útil com 60.000 horas a 70% do fluxo, os reduzidos custos de manutenção, a eficiência energética, bem como o facto de não emitir qualquer tipo de radiação infravermelha ou ultravioleta, factor importante na iluminação de museus e expositores devido às consequências de degradação das peças pela luz. No que respeita aos aspectos estéticos, apresenta também inúmeras vantagens tais como, a flexibilidade de aplicação devido à sua reduzida dimensão facilitando a sua aplicação em qualquer pormenor arquitectónico. As cores saturadas sem qualquer necessidade de filtro, a existência de menor dispersidade da luz por se tratar de uma luz directa aumentando deste modo a eficiência do sistema podendo ainda apresentar qualquer cor e tonalidade [21].



Figura 65
Lâmpada de Led 6W (50W de halógeno)



Figura 66
Lâmpada de Led



Figura 67
Tubo de Led

1.6.2 FONTES DE LUZ - LUMINÁRIAS

A luminária é o aparelho que faz a ligação entre a lâmpada e o meio onde se encontra inserido. Serve não só para criar essa conexão entre a lâmpada e o espaço, como também exerce um papel de protecção da lâmpada maximizando o seu rendimento através de características específicas em cada tipo de luminária existente [1].



Figura 68
LED's RGB (Red, Green, Blue)

Depois de sabermos quais as manchas de luz que desejamos imprimir a um espaço e quais as lâmpadas cujas características técnicas serão capazes de as realizar, é necessário saber qual a luminária que poderá concretizar todo o conceito projectado.

Parece ser um pormenor simples, visto todo o trabalho de idealização e de projecção de luz já está identificado, mas tal como qualquer outro passo neste processo, também o uso incorrecto de uma luminária poderá condicionar todo o resultado final.

De modo a simplificar a procura de uma luminária, existem várias formas, no mercado, de as catalogar.

A primeira abordagem na escolha de uma luminária é relativa ao local onde será colocada, ou seja, no interior de um espaço ou no exterior sujeita às intempéries. Posteriormente poderemos catalogá-las em cada grupo através do tipo de aplicação.

Desta forma, poderemos ter na iluminação interior:

- **luminárias salientes** - utilizadas em locais onde não existe tecto falso, ou onde se pretenda assumir a saliência da luminária.
- **luminárias encastradas** - para espaços onde exista tecto falso, sendo que a superfície da luminária apresenta-se ao nível do tecto, ficando o restante no interior, entre o tecto falso e a laje.
- **luminárias suspensas** - utilizadas em espaços de pé direito elevado, ou como elemento decorativo.
- **luminárias de aplique na parede** - quando se pretende uma iluminação indirecta será uma óptima solução, no entanto também é utilizada em espaços de pé direito baixo, ou quando as características do tecto impossibilitam a presença de luminárias no mesmo.
- **luminárias de pavimento** - que poderão fazer um varrimento de parede ou iluminação de fachada. Estas luminárias são também denominadas de up-lights.
- **luminárias decorativas e/ou portáteis** - utilizadas como complemento da iluminação de um espaço, podendo ser de uso meramente decorativo, ou ter presença na iluminação principal de um espaço.

Dentro destes cinco grupos, existem luminárias-tipo que poderão ser denominadas pelo tipo de iluminação que proporcionam, as quais se encontram seguidamente especificadas:

Wall Washers (varredores de parede): aplicadas, tal como o nome indica, junto à parede de modo a fazer todo o seu varrimento. São muito utilizadas para sobressair pormenores construtivos existentes nas paredes tais como texturas e relevos.

DownLights: aplicados de forma saliente ou encastrada, projectam a luz de cima para baixo e são normalmente utilizados para iluminar uniformemente um espaço.

Spot Lights (luz de realce): Normalmente apresentam-se como luminárias de menores dimensões para iluminação pontual de um objecto. Tal como o nome indica, são utilizadas para realçar um objecto ou uma zona. Apresentam-se de variadas formas: simétricas, assimétricas, encastradas ou salientes.

Projectores: Sendo normalmente apresentados de forma saliente ou em calha electrificada, são utilizados para uma tipo de iluminação mais pontual e rigorosa. Com a sua utilização obtém-se uma maior flexibilidade no projecto de iluminação, factor importante na iluminação de ambientes temporários, tais como museus, exposições, lojas, entre outros.

Appliques de parede de luz indirecta: É uma forma muito utilizada de reduzir o foco visível das luminárias bem como o encadeamento proporcionado por este foco. Apresenta uma luz mais difusa, que ilumina o espaço de uma forma mais homogénea, devido à reflexão nas paredes e/ou tecto. São por isso luminárias de menor rendimento.

Lineares de luz directa / indirecta: Este tipo de luminárias, tal como o nome indica apresenta uma projecção de luz directa e/ou indirecta. Tem a particularidade de varrer uma maior área por terem um comprimento normalmente superior às medidas

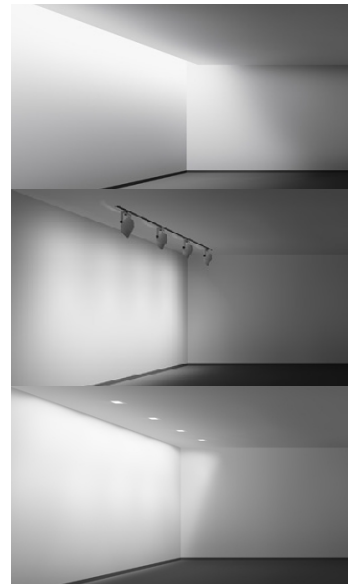


Figura 69
Exemplos de Wallwashers

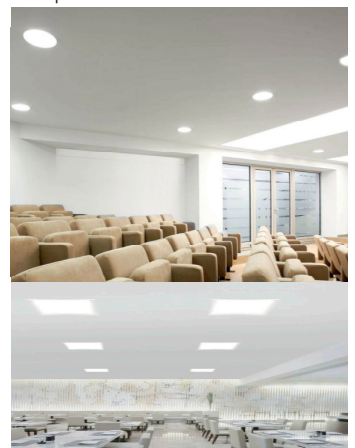


Figura 70
Exemplo de downlight's.

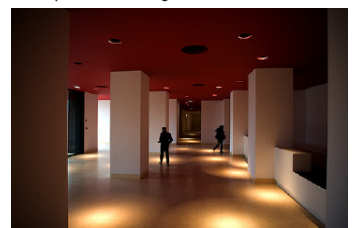


Figura 71
Exemplo de spotlight's - Museu do Oriente - Lisboa.

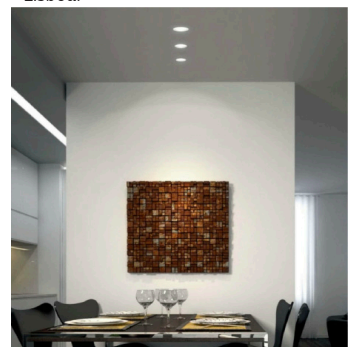


Figura 72
Exemplo de spotlight's para realce de quadro.

habituais. Apresentam-se normalmente suspensas ou encastradas sobre a área a ser iluminada. São bastante versáteis podendo ser também utilizadas como applique de parede, ou mesmo como *wallwasher*, dependendo da localização de implantação da mesma.

Sanca: São utilizadas para iluminação indirecta., A sua iluminação é gerada por reflexão no tecto, ou na parede, dependendo do tipo de sanca, e como tal, apresenta um rendimento baixo. É normalmente utilizada como iluminação decorativa, servindo para criar ambiente em complemento de outro tipo de iluminação utilizado. No entanto, não significa que dependendo dos espaços a ser implantada, onde o nível de luminância necessária seja reduzida, possa ser o único tipo de iluminação presente.

Lineares fluorescentes industriais: São luminárias muito utilizadas na iluminação de escritórios, devido às diferentes características que apresentam. Podem ser utilizadas com reflectores quando é necessário um rendimento mais elevado, ou com difusores, quando se pretende uma luz mais difusa, mesmo que se obtenha um menor rendimento em consequência de um melhor enquadramento estético, podendo apresentar inúmeras possibilidades de dimensionamento.

Campânulas industriais: muito utilizadas como o próprio nome indica, para a área industrial, devido à possibilidade de utilização de lâmpadas de alta descarga (HID), conseguindo obter níveis de luminância elevados dos locais de trabalho em espaços de pé-direito elevado.

Iluminação decorativa: Utilizada para criar ambientes. Poderá ser suspensa, ou móvel, de cabeceira ou de pé, podendo apresentar-se de múltiplas formas.

Na iluminação exterior, podemos ter as seguintes aplicações:

- **Iluminação viária** - composta pelos postes de luz de altura elevada para colocação em auto-estradas, ou estradas afastadas das zonas urbanas.
- **Iluminação urbana** - referentes aos postes de iluminação de menores dimensões



Figura 73
Exemplo de projectores em museu.



Figura 74
Exemplo de projectores em loja.

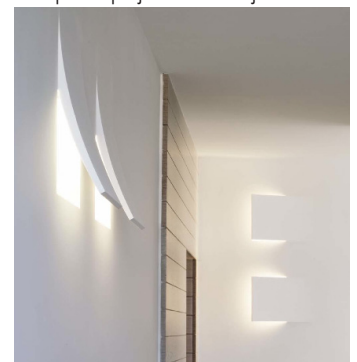


Figura 75
Appliques de parede de luz indirecta

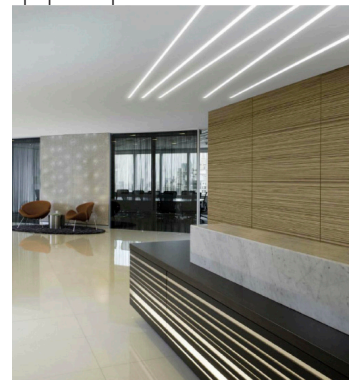


Figura 76
Linear de luz directa

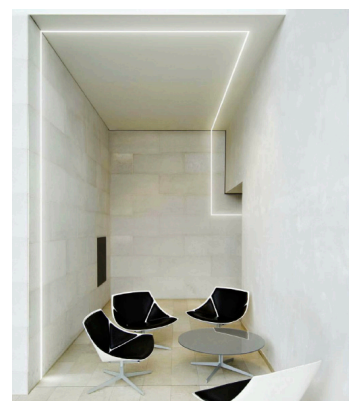


Figura 77
Linear de luz directa

utilizadas na iluminação das estradas nas zonas urbanas.

- **Iluminação residencial ou de áreas públicas pedonais** - podendo ser nomeados de “pimenteiros” e que se apresentam como apontamentos de luz utilizados em locais de presença de peões, ou em locais particulares.
- **Projectores de exterior** - utilizados para a iluminação de esculturas, monumentos e outros edifícios.
- **Iluminação de pavimento** - encontram-se em jardins ou passeios, para iluminação de apontamentos existentes nos locais, ou para varrimento de fachadas.
- **Aplique de parede** - normalmente utilizados para varrimento de luz no pavimento, ou para sinalização de escadas.

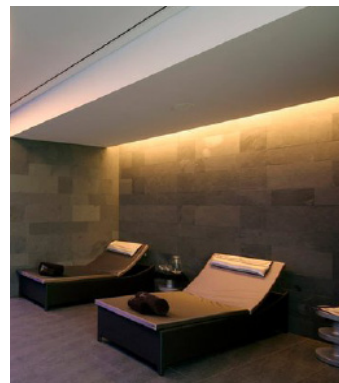


Figura 78
Sanca de luz.



Figura 79
Luminárias lineares fluorescentes



Figura 80
Campânula Industrial

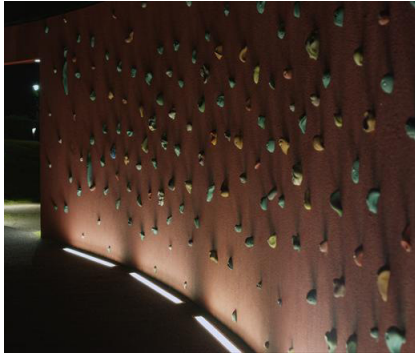


Figura 81
Iluminação de pavimento



Figura 82
Aplicques de parede exterior



Figura 83
Iluminação viária



Figura 84
Iluminação residencial ou de áreas publicas pedonais



Figura 85
Projectores para iluminação de fachada

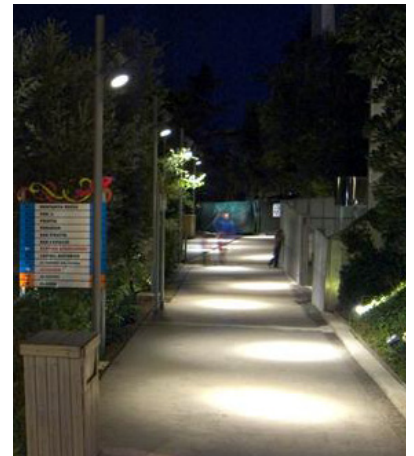


Figura 86
Iluminação urbana

FOTOMETRIA

Para escolher o tipo de luminária a utilizar num dado espaço, é necessário saber quais as características técnicas da mesma. É de notar que, luminárias parecidas, podem ter características tão diferentes ao ponto de surtirem efeitos de luz contrários. Como tal, é preciso entender qual a linguagem luminotécnica que nos ensina a ver as características presentes em cada luminária [1] [17].

Uma das primeiras características a ter em conta, é a fotometria associada a cada luminária.

A fotometria de uma luminária caracteriza-se por um estudo da intensidade luminosa de uma luminária onde é colocada uma lâmpada de potência definida e constante, de modo a ser possível criar um sistema padrão de comparação directa de diferentes luminárias.

Este padrão é conseguido através da utilização de equipamentos como o luxímetro e o goniofotometro que permitem o estudo e a leitura de dados referentes ao nível de iluminação e intensidade luminosa.

Os sistemas de planos que traduzem a informação obtida com esses equipamentos, denominam-se de fotometrias, e são compostos pelas curvas fotométricas. No sistema de planos mais comum são apresentadas duas curvas de distribuição de intensidades luminosas de uma luminária para lâmpada fluorescente linear. A linha contínua refere-se ao plano que

corta a luminária no sentido do comprimento das lâmpadas. A linha vermelha, refere-se ao plano que corta a luminária no sentido transversal, dividindo o comprimento das lâmpadas ao meio.

Embora as duas curvas sejam representadas num mesmo plano, é necessário ter em conta de que no espaço estas curvas formam um ângulo de 90°. Geralmente, as curvas fotométricas são dadas nestes dois planos (90° e 180°).

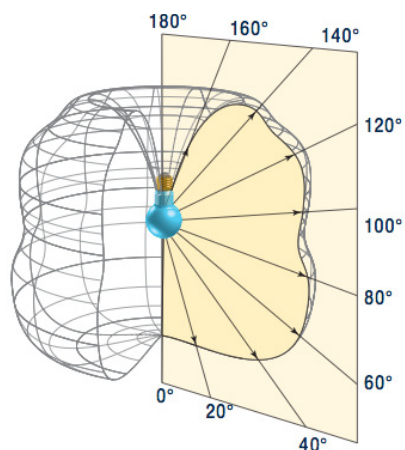


Figura 87
Demonstração 3D de Curvas Fotométricas

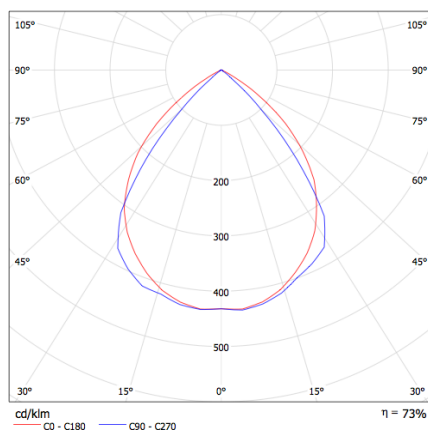


Figura 88
Demonstração 2D de Curvas Fotométricas

É de observar que os valores são dados em candela por quilolúmen (cd/klm). A candela é a unidade de intensidade luminosa e o quilolúmen equivale a 1000 lúmens (unidade de fluxo luminoso). Para chegarmos a estes valores em laboratório basta dividir os valores da intensidade luminosa determinados em cada direcção pela soma dos fluxos luminosos das lâmpadas. Desta forma, a utilização da curva é facilitada, pois o utilizador saberá, em cada direcção, a intensidade para cada klm do fluxo das lâmpadas. Basta multiplicar a soma dos fluxos luminosos das lâmpadas que serão utilizadas, em klm, pelo valor obtido da curva, para deste modo obtermos o valor da intensidade luminosa numa dada direcção.

UGR - ÍNDICE DE OFUSCAMENTO UNIFICADO

O *Unified Glare Rating*, traduzido como Índice de Ofuscamento Unificado é a grandeza que quantifica a sensação produzida no utilizador devido a áreas brilhantes no campo visual que pode provocar desconforto e/ou encadeamento, e conseqüentemente, redução da visão. O brilho em demasia pode levar a queixas como olhos cansados ou dores de cabeça. É necessário limitar esse ofuscamento de modo a evitar erros, fadiga e acidentes. A limitação do ofuscamento depende em grande parte da qualidade da óptica (reflector / difusor) da luminária em combinação com o tipo de lâmpada. Existem dois tipos de ofuscamento provocados pela luz: o directo e o reflexivo [2] [34].

O ofuscamento directo acontece quando a lâmpada tem um contacto directo com a visão do utilizador, seja por falta de protecção da lâmpada, seja por mal colocação das luminárias relativamente à zona de trabalho. O ofuscamento directo,

além de criar desconforto pode inclusive incapacitar o utilizar se exercer qualquer actividade devido à cegueira momentânea que provoca.

O ofuscamento reflexivo acontece devido aos brilhos provocados no mobiliário ou paredes envolventes devido à incidência da luz num material brilhante. Este ofuscamento cria situações de desconforto, e desconcentração no utilizador. Apesar de não incapacitar o utilizador, poderá criar problemas de desconcentração, cansaço visual, dores de cabeça associadas à visão e sonolência devido ao esforço visual.

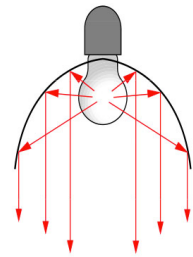


Figura 89
Refletor parabólico

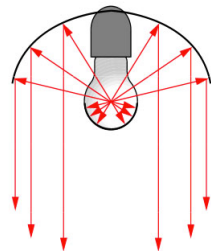


Figura 90
Combinação de Refletor esférico e parabólico

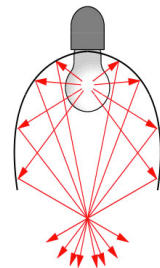


Figura 91
Refletor Elíptico

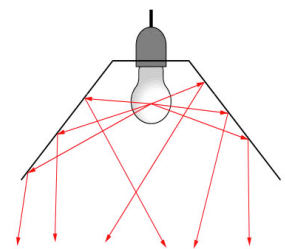


Figura 92
Refletor Plano

REFLECTORES

Os reflectores, tal como o próprio nome indica, servem para reflectir a luz na luminária, e têm como principal objectivo diminuir as perdas de luz para lugares indesejados, como por exemplo, para a parte posterior da luminária. Serve também para direccionar melhor a luz melhorando deste modo o seu rendimento, e para reduzir o nível de UGR, diminuindo as possibilidades de encadeamento. No entanto, devido à grande quantidade de diferentes reflectores existentes no mercado, é necessário entender qual o efeito desejado para se saber que tipo de refletor deverá ser utilizado em cada situação. [1]

Existem várias formas associadas aos reflectores, no entanto podemos nomear alguns dos mais utilizados: parabólico, esférico, elíptico, e plano [Figura 89 a 92].

Tal como é possível observar, cada tipo de refletor irá reflectir a luz da lâmpada de forma diferente, criando ângulos maiores ou menores de abertura. A estes ângulos de luz provocados pelos reflectores dá-se o nome de feixe. Cada um desses tipos de reflectores poderão ter diferentes acabamentos. Os mais utilizados são os de aço lacado a branco, os de alumínio anodizado especular, e de alumínio anodizado mate.

O alumínio anodizado especular, tem como característica principal reflectir a luz como um espelho, ou seja, um raio de luz que incida sobre a superfície especular será reflectido de forma linear. Deste modo, torna-se mais fácil o controlo do direccionamento preciso do feixe de luz, situação importante em locais onde é necessário esse controlo para poder minimizar reflexos, nomeadamente em escritórios, devido aos monitores dos computadores. Já no alumínio anodizado mate, a reflexão da luz é feita de forma

difusa, como tal, não é uma boa solução quando se pretende um direccionamento da luz.

De modo a controlar e direccionar a propagação da luz da lâmpada poderão ser utilizadas diferentes ópticas, isto é, diferentes reflectores colocados nos downlights e projectores que fazem o controlo do feixe de luz das lâmpadas. Desta forma, poderemos obter desde os ângulos de abertura ou feixe mais fechado, ou mais abertos. Assim sendo, os feixes poderão ser nomeados do menor ao maior ângulo da seguinte forma: Super Spot (SS), Spot (S), Medium (M), Flood (F), Wide Flood (WF), ou Wide Wide Flood (WWF). No entanto, existem outros tipos de ópticas que poderão apresentar diferentes efeitos, tais como as Wall Washer, ou de projecção assimétrica, entre outras.

Resumindo, os reflectores são utilizados quando se tem como objectivo obter um maior rendimento das luminárias, juntamente com um maior controlo da direcção e propagação da luz.

.....DIFUSORES

Os difusores, são utilizados nas luminárias para atingir diferentes objectivos. Existem difusores que oferecem apenas um meio de protecção à lâmpada, e outros que favorecem a estética da luminária e do espaço envolvente.

O difusor é uma lâmina de vidro ou acrílico que é colocada na superfície da luminária. Podem apresentar diferentes acabamentos, tais como o transparente, o opalino, o prismático, ou elíptico.

Além da sua característica estética, o difusor poderá ter também um papel importante na estanquicidade da luminária à água e poeiras, ou até mesmo na protecção da lâmpada através da inserção de vidro temperado como difusor.

Um difusor pode alterar o rendimento da luminária de formas bastante distintas. Dependendo do seu acabamento e espessura, poderá diminuir para mais de metade o rendimento de uma luminária.

A sua grande vantagem, além do embelezamento estético, apresenta-se na anulação de qualquer ofuscamento. Assim sendo, este tipo de luminárias deverá ser utilizado em locais onde o elevado rendimento da luminária ou o controlo do direccionamento da luz não seja uma imposição, valorizando desta forma a estética do espaço e a homogeneidade da luz.

.....CLASSE DE ISOLAMENTO

Existem três classes de isolamento a ter em consideração numa luminária: classe I, II e III [34].

A Classe I significa que a luminária apresenta o isolamento principal e uma protecção por ligação à terra prevista nas partes metálicas acessíveis.

A Classe II significa que a luminária apresenta o isolamento principal e um isolamento suplementar, mas não apresenta um meio de protecção por ligação à terra.

A Classe III é utilizada para alimentação em tensão muito baixa.

Existem três tipos de índice de protecção de uma luminária: o índice de protecção ao choque, o índice de protecção contra penetração de objectos sólidos, e o índice de protecção contra penetração de líquidos [34].

O índice de protecção contra penetração de corpos de uma luminária define o grau de estanquicidade existente numa luminária.

Uma luminária considera-se estanque quando apresenta uma protecção contra a penetração de qualquer objecto sólido ou aquoso, conceito normalmente aplicado às poeiras e à água.

A sua representação é feita através de dois dígitos, onde o primeiro faz referência à estanquicidade relativamente às poeiras e o segundo à água. Cada número equivale a um grau de estanquicidade específico, sendo que quanto menor for o dígito, menor é o índice de protecção, e quanto maior for o dígito, maior será o índice de protecção da luminária. Ainda assim cada dígito faz referência a normas já pré-estabelecidas, criadas com base em testes realizados relativamente à estanquicidade das luminárias, o que significa que para afirmar que uma luminária tem uma classe de isolamento 65, por exemplo, é necessário que essa mesma luminária passe nos testes de controlo de qualidade, onde se refere qual o índice de protecção necessário nesse mesmo valor, ou seja, de nível 6 para as poeiras e 5 para os líquidos.

O índice de protecção ao choque dá nos a referência relativamente ao impacto de um peso (em Joules), que uma luminária consegue suportar, através do mesmo sistema de numeração.

1.7 ECONOMIA NA ILUMINAÇÃO

Um dos factores importantes na escolha de uma lâmpada, de uma luminária, e do seu acabamento, deverá ser a economia energética. Cada escolha realizada, deve ser pensada com consciência dos vários factores associados. Podendo ser alterado substancialmente o gasto energético dependendo do tipo de luminária e lâmpada utilizada [2] [16].

No entanto, existem formas eficazes de redução do consumo energético que deverão ser analisadas em cada projecto de iluminação.

Existem soluções de lâmpadas cada vez mais económicas de óptimo rendimento que deverão ser pensadas e utilizadas em projectos de iluminação. Ainda assim, é necessário projectar objectivando esse baixo consumo, ou seja, o facto de se realizar uma substituição simples, por exemplo de lâmpadas incandescentes para fluorescente compactas, poderá ter consequências à custa de uma redução de nível de quantidade e qualidade de iluminação. Cada luminária está preparada para um certo tipo de lâmpada. Os seus reflectores, a sua abertura de feixe, a sua implantação e distribuição num espaço, está pensada para um tipo de lâmpada a qual, quando simplesmente trocada por uma versão mais económica, facilmente apresentará outros valores e moldará outro ambiente que não o projectado.

Assim sendo, para se realizar um projecto de iluminação com base numa redução do consumo energético, é necessário entender qual o espaço onde a iluminação será utilizada, qual o seu tipo de utilização, qual a função ou actividades que são habitualmente exercidas no espaço, e qual o investimento que o cliente está disposto a fazer, sabendo que o retorno do seu investimento poderá não ser instantâneo levando, em certos casos, alguns anos para viabilizar o mesmo.

Um projecto de redução energética de um espaço, no que respeita à iluminação, não dependerá somente da troca instantânea das lâmpadas, sendo que, na maioria dos casos, de uma adequada implantação e distribuição das luminárias já resulta uma redução energética. Por vezes o mais importante é saber onde colocar que tipo de iluminação, iluminar o que precisa ser iluminado, criar melhor qualidade com menor quantidade, e só depois complementar com um tipo de lâmpada mais económica, numa luminária de maior rendimento, ou mais focada para o objectivo pretendido.

Por vezes dispersão de luz não significa mais luz. Nem a homogeneidade, qualidade.

Neste sentido, cada caso será um caso de estudo, não existindo a fórmula perfeita de criar um sistema de redução de energia.

CAPÍTULO 2

A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NA ARQUITECTURA
CASOS PRÁTICOS

Para realizar um projecto de iluminação, não só é necessário conhecer as ferramentas de trabalho apresentadas no primeiro capítulo, como também compreender quais as regras e metodologias existentes na iluminação. Tal como referido anteriormente, a iluminação tem uma vertente subjectiva, que dependerá da sensibilidade de quem projecta. No entanto, tem também uma vertente objectiva e técnica que define as direcções e as características principais que o projecto de iluminação deve apresentar dependendo do espaço a ser projectado.

Este capítulo 2, irá relacionar a arquitectura e a iluminação como um só conceito.

É importante compreender o papel do arquitecto no projecto de iluminação e, através de exemplos, visualizar as consequências da integração da iluminação no conceito arquitectónico.

2.1 A NORMA EUROPEIA 12464-1

A iluminação artificial, tem vindo a desenvolver um caminho interessante a par da nova tecnologia. Têm-se ultrapassado barreiras técnicas, desenvolvido luminárias e lâmpadas cada vez mais eficazes visando a optimização da iluminação face a um melhor rendimento, a uma maior adequação ao espaço e às necessidades físicas e psicológicas do ser humano.

No entanto, o desenvolvimento de um projecto de iluminação exige normas que pré-estabelecem alguns parâmetros na sua execução o que limita a utilização de certas luminárias ou de certos conceitos de iluminação em determinados espaços de trabalho de forma a salvaguardar e a garantir um bom desempenho e uma boa adequabilidade do projecto de iluminação à sua função [33].

Na Europa esses parâmetros são determinados pela Norma Europeia EN 12464-1 [33]

Esta norma, foi criada com o intuito de obter um método de garantir os requisitos mínimos necessários em cada local de trabalho interior. Assim sendo, a norma apresenta os valores mínimos e máximos obrigatórios para a iluminação de um local de trabalho, e do ambiente periférico directamente relacionado.

Na tabela referente normativa são apresentados os seguintes parâmetros que se devem fazer cumprir num espaço [33]:

- Nível de Iluminação Médio mínimo por área de trabalho (E_m), tabelado na norma de acordo com o tipo de trabalho realizado em cada espaço.
- Valor de Índice de Encadeamento máximo (UGR), quanto maior for este valor, mais elevado será o encadeamento provocado. Por exemplo, um ambiente normal de escritório, requer um valor de UGR igual ou inferior a 19.
- Uniformidade mínima da iluminação, visa garantir as proporções equilibradas de luz num espaço.
- Índice de Restituição Cromática (R_a) numa escala de 0 a 100, quanto menor for o índice, menor será a qualidade de restituição fidedigna da cor observada do objecto.

São estes quatro parâmetros que se apresentam nas tabelas referentes à Norma EN 12464-1, os quais estabelecem

alguns limites e guias para projectar a iluminação num espaço.

No entanto, o cumprimento da norma não constitui, por si só, uma garantia de qualidade na iluminação. Para isso, é necessário existir formação e experiência da parte do arquitecto para que através da relação entre os vários elementos presentes na iluminação consiga criar ambientes saudáveis, ou seja, em equilíbrio entre a qualidade necessária e o ambiente proposto [15].

2.1.1 A APLICAÇÃO DA NORMA NA ARQUITECTURA

De modo a compreender o papel da norma e do arquitecto no projecto de iluminação, foram realizados diferentes estudos num espaço fictício.

Os exemplos apresentados servirão como base de estudo para demonstrar a distinção entre diferentes soluções de iluminação para um mesmo espaço bem como as respectivas diferenças, vantagens e consequências.

Será realizada uma comparação entre os diferentes exemplos, com base nos cálculos desenvolvidos por um programa de computador utilizado no cálculo da iluminação, o Dialux [35].

O Dialux realiza através do cálculo e da elaboração de imagem, o estudo da iluminação de espaços, relacionando a iluminação projectada e as características do espaço em estudo. Desta forma, será possível compreender qual a dependência entre a qualidade técnica e o conceito de iluminação utilizado, bem como as consequências da alteração de características das luminárias ou do espaço em estudo. De forma a realizar a análise dos valores calculados serão apresentados três mapas diferentes referentes a cada espaço:

- a planta de valores, que apresenta a distribuição pontual dos níveis de iluminação (lux);
- a planta dos níveis de cinzentos que faz uma representação gráfica dos mesmos valores através de uma legenda de vários graus de saturação de cinzento;
- a planta das linhas isográficas que realiza a análise dos níveis de iluminação através de linhas isográficas.

Estes três mapas apresentam o resumo dos cálculos efectuados pelo programa na obtenção dos níveis de iluminação no espaço em estudo.

.....SALA DE ESTUDO

O exemplo apresentado para análise foi realizado num espaço fictício, de três metros de largura por seis metros de comprimento, com um pé direito de três metros onde foram colocadas várias mesas e cadeiras evocando as características de uma sala de estudo. Os acabamentos utilizados são considerados “padrão” no que respeita à reflectância da luz dos elementos estruturais presentes, ou seja, 20% para o solo, 80% para o tecto e 50% para as paredes, de forma a

homogeneizar as características em todos os exemplos apresentados. [33]

Foi utilizado como exemplo uma sala de estudo, devido às suas necessidades técnicas específicas na concretização do projecto de iluminação.

Assim sendo, através da análise de um exemplo de características simples, será possível demonstrar algumas das fragilidades existentes na utilização da norma como único método de avaliação da iluminação.

Será também demonstrado que, apesar da excelente ferramenta de trabalho que a norma em conjunto com o Dialux representam para o arquitecto, este, terá de compreender quais as vantagens e desvantagens de cada solução projectada, estando à sua responsabilidade e sensibilidade a escolha daquela que apresenta o melhor equilíbrio entre funcionalidade, qualidade e estética.

EXEMPLO 1

Luminárias: Fluorescentes lineares com reflector, composta por 4 lâmpadas fluorescentes lineares de 14W e 4000° K.

$E_m = 581 \text{ lx}$

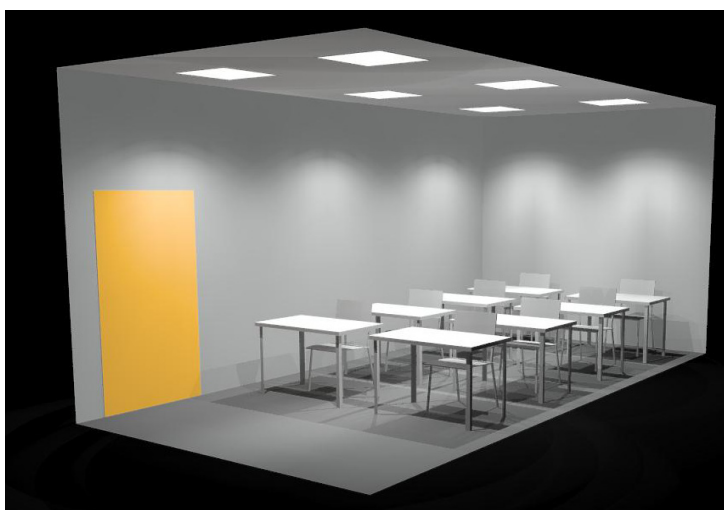


Figura 93
Simulação dos níveis de iluminação da sala de estudo



Figura 94
Luminária fluorescente com 4x14W, 4000°K e reflector

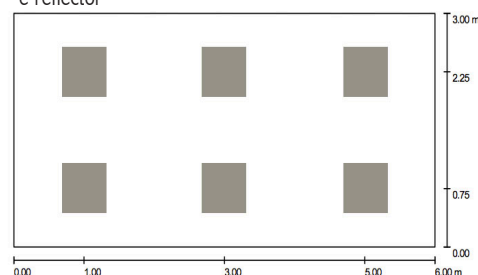


Figura 95
Planta com implantação das luminárias

Tal como se pode observar pelas imagens e pelo Nível de Iluminação Médio (E_m) obtido, esta sala de aula encontra-se dentro dos valores de E_m mínimos estabelecidos pela norma para salas de aula, ou seja, 500lux.

A luz encontra-se com uma distribuição homogénea e com uma temperatura de cor de 4000°K.

De modo a alcançar um nível de iluminação médio de 581lux, foram implantadas 6 luminárias, dispostas uniformemente no espaço.

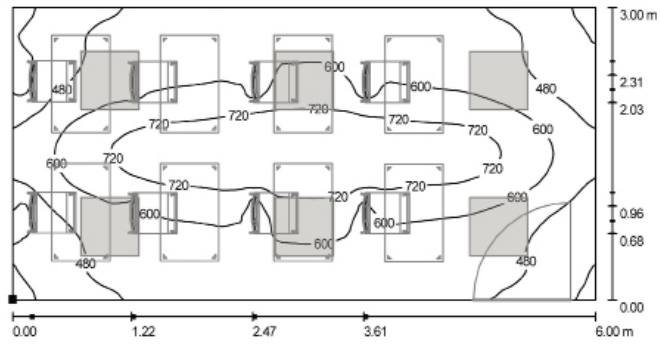


Figura 96
Mapa de linhas isométricas

Para uma representação gráfica dos valores calculados, o mapa de linhas isométricas apresenta-nos a distribuição do nível de iluminação no plano de trabalho, um plano horizontal elevado a oitenta centímetros do piso.

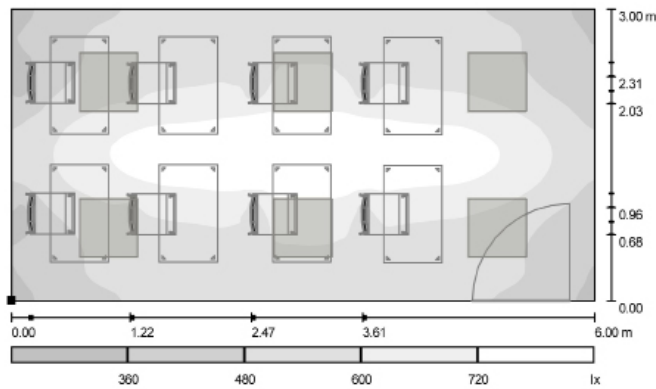


Figura 97
Mapa de escala de cinzentos

Para uma melhor compreensão do mapa de linhas isométricas, é apresentado também o mapa de escala de cinzentos, onde o nível de distribuição é concluído através dos vários graus de luminosidade dos cinzentos, ou seja, quando mais escura estiver a área pintada, menor o nível de iluminação, quando mais clara for a área pintada, maior o nível de iluminação. Deste modo a observação e análise no nível de iluminação das diferentes áreas na sala de aula é mais directa.

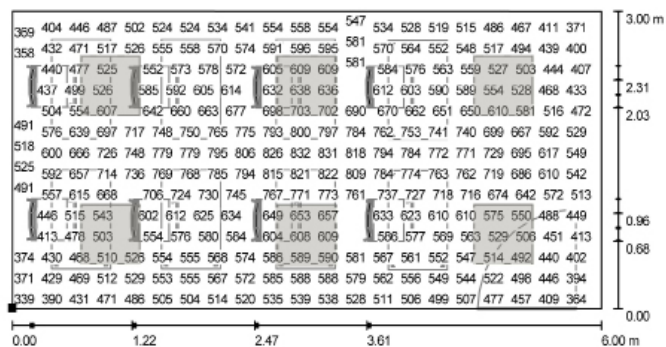


Figura 98
Mapa de valores

Um outro método de análise é realizado através do mapa de valores, ou seja, este mapa verifica também o nível de iluminação no plano de trabalho, mas, em vez de apresentar os dados como uma distribuição homogénea dos níveis, apresenta os valores pontuais em cada ponto do plano de trabalho. Desta forma, é-nos apresentada uma análise mais específica das zonas de interesse, ou seja, onde estão posicionadas as mesas de trabalho. Estes factores são úteis para quando é necessário obter níveis mínimos de iluminação em zonas específicas, sendo assim possível calcular quais as zonas de maior carência ou excesso de luz.

Após a análise dos quadros apresentados é possível concluir que o exemplo apresentado encontra-se de acordo com a norma europeia 12464-1 e apresenta uma solução de iluminação homogénea, funcionalmente eficaz para o tipo de trabalho desenvolvido no espaço.

EXEMPLO 2

Luminárias: Fluorescentes lineares com difusor opalino composto por 4 lâmpadas fluorescentes lineares de 14W e 4000° K.

$E_m = 508 \text{ lx}$

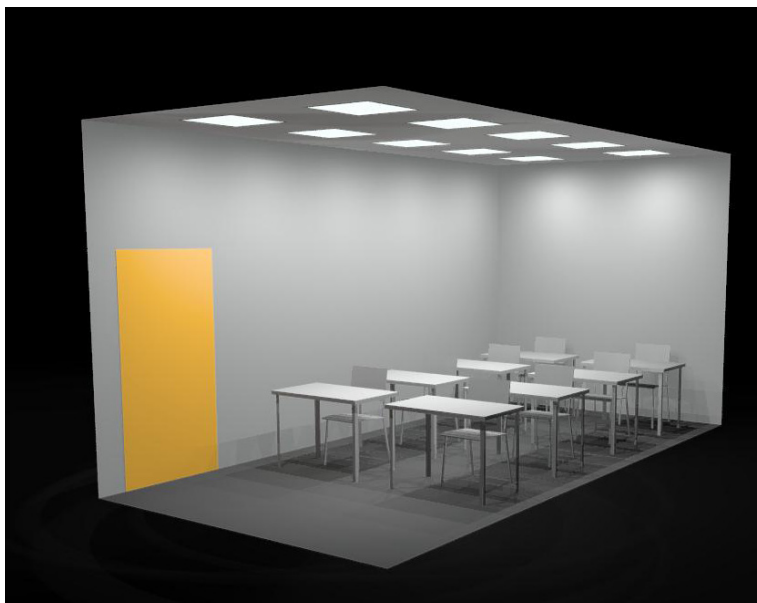


Figura 99
Simulação dos níveis de iluminação da sala de estudo



Figura 100
Luminária fluorescente com 4x14W, 4000°k e difusor opalino

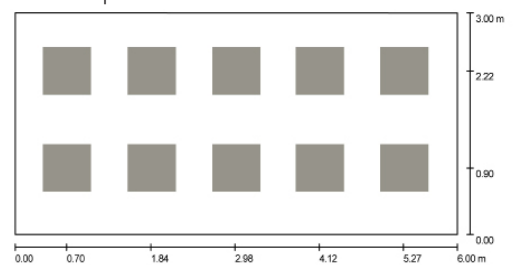


Figura 101
Planta com implantação das luminárias

Tal como podemos observar nas imagens em cima, foram implantadas na sala de estudo o mesmo tipo de luminárias que no exemplo 1, mas, em substituição do reflector foi colocado um difusor opalino.

De modo a cumprir a norma europeia, foi calculado qual o número de luminárias que deveriam ser utilizadas na sala, sendo implantadas 10 luminárias de modo a alcançar os 500lux de nível médio de iluminação.

Ao analisarmos os mapas, concluímos que este exemplo, também apresenta uma iluminação uniformemente distribuída,

atingindo 500lux nas áreas de trabalho efectivas.

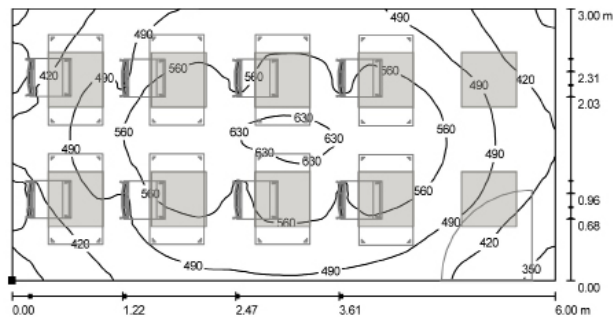


Figura 102
Mapa de linhas isográficas

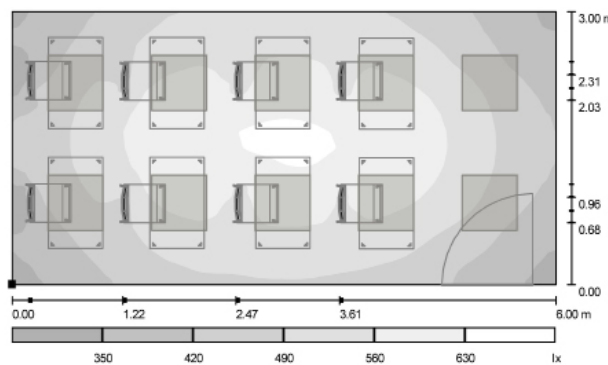


Figura 103
Mapa de escala de cinzentos

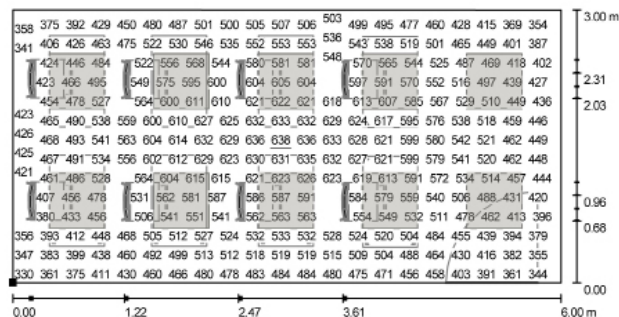


Figura 104
Mapa de valores

Ao analisar os mapas apresentados com maior precisão, podemos observar que nem todas as zonas de trabalho apresentam um nível de iluminação igual ou superior a 500lux. Ainda assim, cumpre a norma, visto apresentar um nível de iluminação médio de 508lux. É de notar também as diferenças de rendimento das luminárias dependendo da utilização de um reflector ou de um difusor como protecção à lâmpada. Neste caso, o difusor faz com que perca entre 30% a 60% do seu rendimento, sendo necessário aumentar a quantidade de luminárias implantadas. Esta variação de quantidade, tem consequências tanto a nível orçamental quanto a nível energético. No que respeita ao conforto do utilizador, o facto das luminárias serem compostas por difusores origina uma área de superfície de maior intensidade de luz que poderá causar um maior cansaço visual ao utilizador devido ao contraste acentuado existente.

Luminárias: Fluorescentes lineares de 2 lâmpadas fluorescentes lineares de 80W 4000° K com reflector.

$E_m = 594 \text{ lx}$

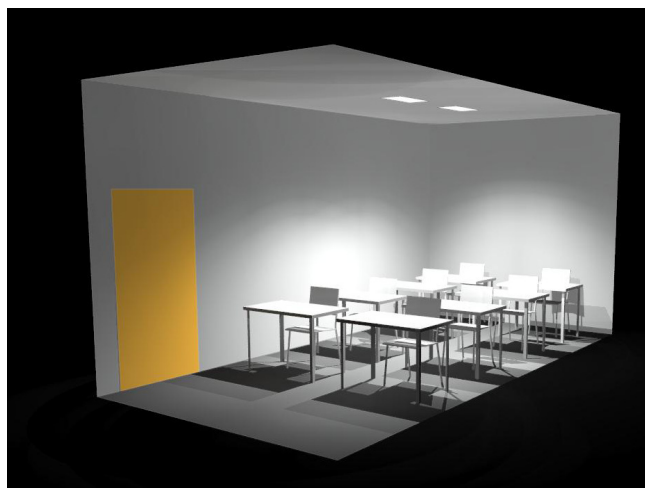


Figura 105
Simulação dos níveis de iluminação da sala de estudo



Figura 106
Luminária fluorescente com 2x80W, 4000°k e reflector.

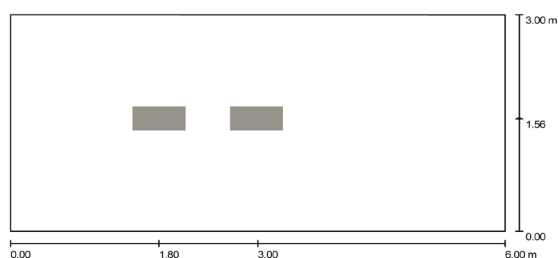


Figura 107
Planta com implantação das luminárias

No exemplo 3 da Sala de Estudo, foram colocadas duas luminárias de maior potência enquadradas no centro da área de trabalho, de modo a analisar o seu comportamento e verificar se poderá ser aceite pela norma europeia de iluminação.

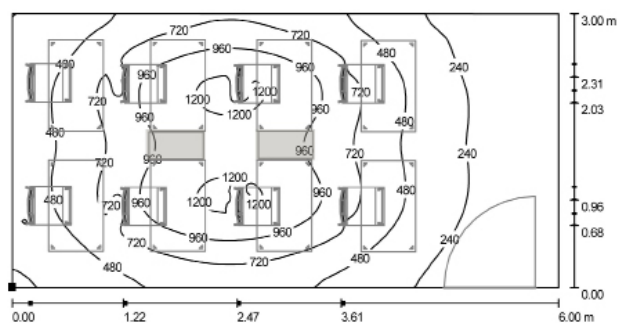


Figura 108
Mapa de linhas isográficas

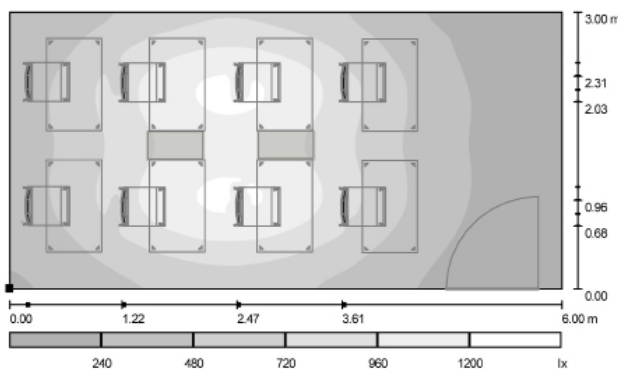


Figura 109
Mapa de escala de cinzentos

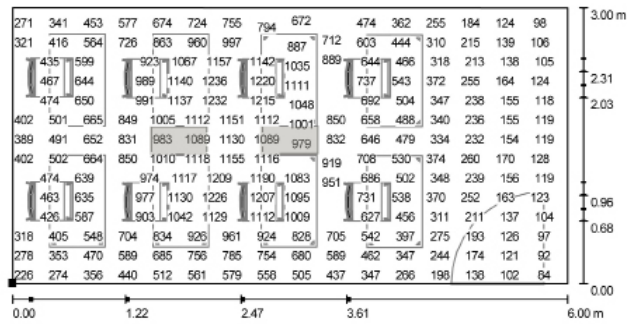


Figura 110
Mapa de valores

Outra questão levantada na aplicação da norma, diz respeito à uniformidade do espaço. Neste exemplo, apesar do nível de iluminação médio se encontrar dentro dos valores previstos pela norma, relativamente à uniformidade a iluminação não se adequa à funcionalidade prevista no espaço. Existem diferenças muito grandes de luminâncias, criando situações de grandes contrastes de luz e sombra, que estimulam a visão para uma adaptação constante no ambiente de trabalho. Essa adaptação, provoca no utilizador sintomas de cansaço e dificuldade na concentração.

Outra questão pouco definida na norma é a delimitação da área de trabalho, ou seja, o que é efectivamente a área de trabalho.

Neste caso, podemos definir a área de trabalho de duas formas: toda a área da sala, ao definirmos as mesas como elementos móveis, que poderão sofrer diferentes posições na sala de estudo; ou podemos definir a área de trabalho como sendo o tampo da mesa, local onde será desenvolvida a tarefa na sala de estudo.

Na primeira situação, deveremos cumprir a norma no que respeita ao nível de iluminação médio, igual ou superior a 500lux. Na segunda situação, teremos de assegurar que a zona periférica (definida como área circundante imediata à área de tarefa), apresenta um valor abaixo, no que respeita aos níveis de iluminação definidos pela norma, e relacionados com os índices de uniformidade:

20-30-50-75-100-150-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000 (valores em lx).

Ou seja, numa sala onde $E_m=500lx$, a área periférica deverá ser de 300lx.

Table 1 — Uniformities and relationship of illuminances of immediate surrounding areas to task area

Task illuminance lx	Illuminance of immediate surrounding areas lx
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	E_{task}
Uniformity: $\geq 0,7$	Uniformity: $\geq 0,5$

Figura 111

Tabela de uniformidade dos níveis de iluminação entre as zonas de trabalho e as zonas periféricas.

Tal como podemos observar nos mapas, a iluminação encontra-se de acordo com a norma. No entanto, é neste tipo de soluções que se torna necessária a sensibilidade do projectista, de modo a compreender que este exemplo de iluminação do espaço da sala de estudo não apresenta a qualidade necessária para o utilizador, devido aos contrastes acentuados que são visíveis na sala.

EXEMPLO 4

Luminárias: Fluorescentes lineares de 4 lâmpadas fluorescentes lineares de 14W 2700°K com reflector.

$E_m = 581 \text{ lx}$

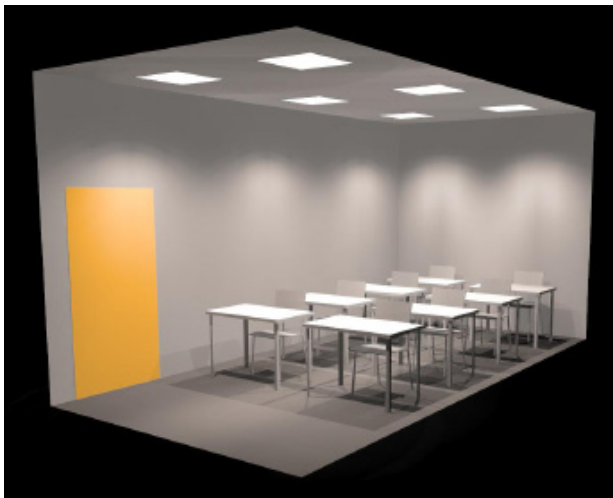


Figura 112
Simulação dos níveis de iluminação da sala de estudo



Figura 113
Luminária fluorescente com reflector e 2x80W, 4000°K.

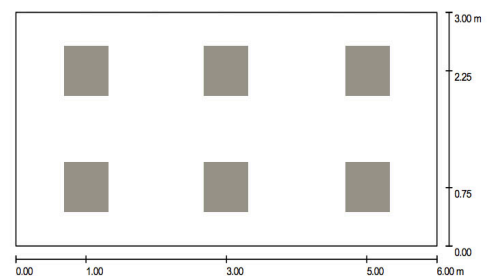


Figura 114
Planta com implantação das luminárias

Neste exemplo, é apresentada um projecto de iluminação para a sala de estudo semelhante ao exemplo1, apenas com a alteração da temperatura de cor das lâmpadas de 4000°K para 2700°K.

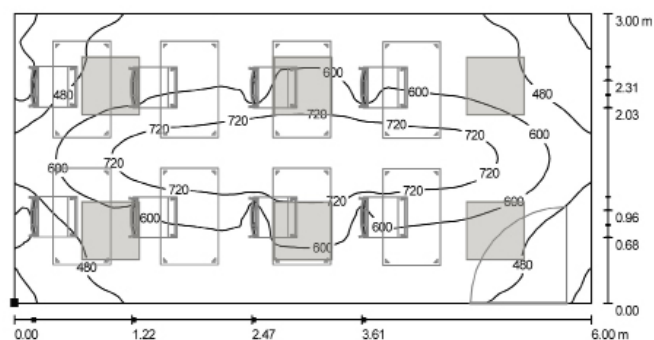


Figura 115
Mapa de linhas isográficas

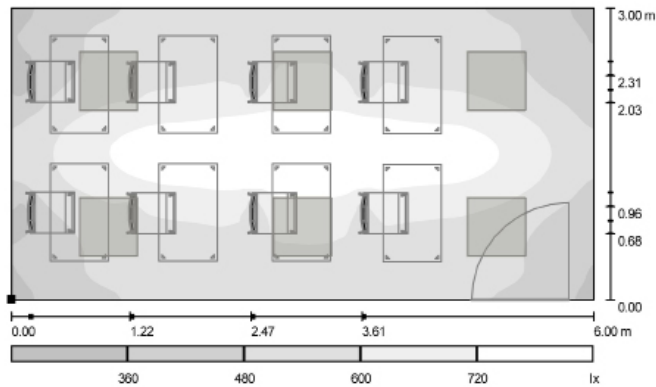


Figura 116
Mapa de escala de cinzentos

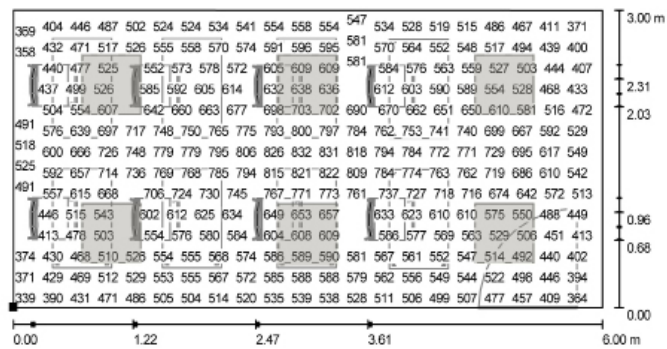


Figura 117
Mapa de valores

Ao analisarmos os mapas apresentados e ao fazer a comparação com os mapas do exemplo 1, podemos assumir que a opção relativa à temperatura de cor não tem qualquer consequência nos níveis de iluminação, apesar de, visualmente, a temperatura de cor mais elevada criar a sensação de que o nível de iluminação é também mais elevado. Podemos confirmar este fenómeno pela comparação dos cálculos, dos mapas, e dos valores idênticos relativos às duas situações. Esta sensação acontece devido à associação cognitiva das diferentes temperaturas de cor às diferentes cores do sol nas várias fases do dia.

No entanto, apesar de não alterar valores concretos, a escolha da temperatura de cor das lâmpadas influencia significativamente o ambiente do espaço e as funções psicológicas do utilizador. A simples alteração da temperatura de cor das lâmpadas pode apresentar resultados positivos ou negativos em relação à produtividade, concentração e bem-estar.

A temperatura de cor menos elevada, está normalmente associada a lugares de maior proximidade e relaxamento, tendo como associação cognitiva a luz das velas. A temperatura de cor mais elevada apresenta maiores semelhanças com a luz da manhã e de início de tarde, criando ambientes de maior produtividade e concentração. No entanto, a norma não se debruça sobre este aspecto.

Com estes exemplos, demonstramos que existem algumas fragilidades na norma europeia, no que respeita à definição das zonas de trabalho, à utilização de valores médios na categorização dos níveis de iluminação mínimos para cada espaço tipo e à falta de catalogação das temperaturas de cor a utilizar em cada espaço de trabalho.

Desta forma, é possível demonstrar que um projecto iluminação não se deve basear apenas no cumprimento das normas existentes e que a sensibilidade de quem projecta é um factor importante para a criação de um ambiente saudável, de acordo com o objectivo do espaço.

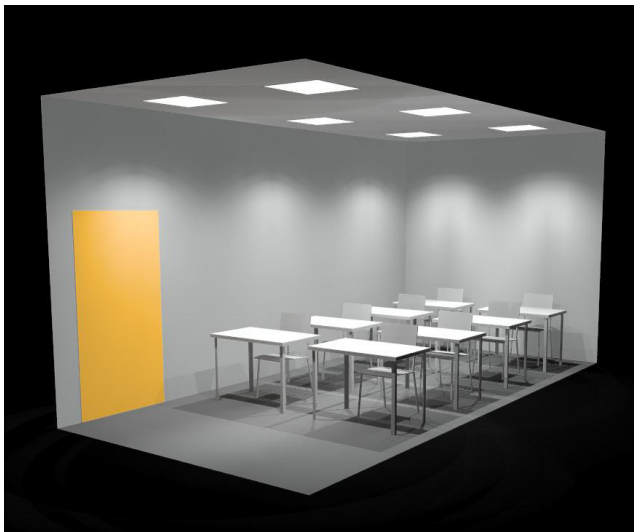


Figura 118
Simulação dos níveis de iluminação da sala de estudo com 4000°K

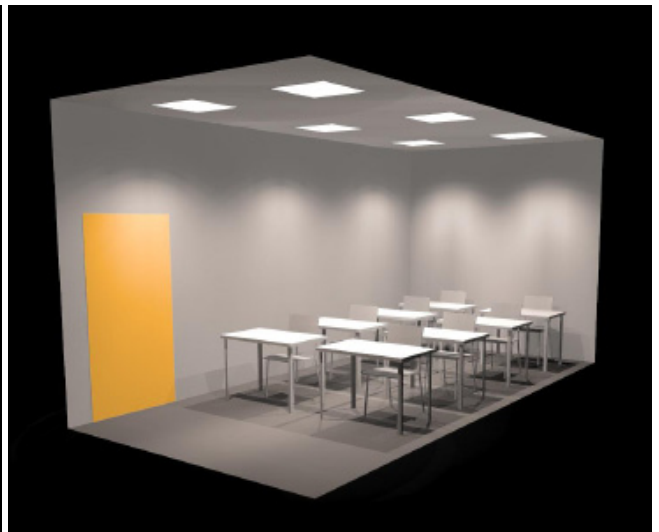


Figura 129
Simulação dos níveis de iluminação da sala de estudo com 3000°K

2.2 INTEGRAÇÃO DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NA ARQUITECTURA

A luz é um elemento constante na prática da arquitectura. A luz molda o espaço projectado, define atmosferas e cria sensações. O arquitecto desenvolve o seu projecto com base na valorização do desenho da luz natural. Cada abertura para o espaço exterior, cada entrada de luz, cada rasgo presente na fachada ou cada vazio projectado para criar maior contacto com a luz natural é pensado ao pormenor pelo arquitecto, pois, são características que podem definir o sucesso da obra.

No entanto, a arquitectura não se apresenta somente para a luz do dia. E como tal, é necessária a iluminação artificial para se poder utilizar o espaço projectado quando a luz natural deixa de fazer a sua função: iluminar.

É nesta fase do projecto que o arquitecto se depara com o problema da iluminação artificial: “Como projectar a iluminação de modo a concretizar o conceito arquitectónico?”

2.2.1 PROBLEMÁTICA

O défice de formação nesta área traduz-se numa falta de conhecimento que tem consequências no projecto de

arquitectura [14].

Em grande parte dos projectos existentes, é perceptível um afastamento destas duas áreas, a da iluminação e a da arquitectura, sendo que deveriam-se encontrar integradas no mesmo conceito definido pelo arquitecto. No entanto, o projecto de iluminação, sendo apresentado como parte das especialidades, é excluído da fase de conceito, podendo ser mesmo desenvolvidos quase sem presença do próprio arquitecto. Esta ausência do arquitecto acontece devido a diversos obstáculos: falta de formação na área de iluminação; dificuldade de comunicação entre as diferentes entidades - arquitectos, engenheiros, e fabricantes - acerca do conceito arquitectónico presente; falta de conhecimento técnico dos limites e possibilidades de iluminação de um espaço.

Por conseguinte, mesmo quando o arquitecto realiza o projecto de iluminação, apresenta uma grande dificuldade em passar o conceito do mesmo aos intervenientes da iluminação devido à linguagem específica da arquitectura, solucionando o problema com a utilização de opções normalizadas ou já recorrentemente exploradas e por vezes pouco adequadas ao espaço em questão.

Seria simples emendar esta lacuna com um método projectual para a iluminação de espaços, mas, um dos problemas da aplicação de um método na iluminação advém do seu carácter subjectivo. Tal como na arquitectura, a iluminação não tem soluções certas ou erradas. Existem diferentes conceitos e dentro desses conceitos deverá ser explorada a forma de iluminação que melhor se adequa a cada espaço, com base nas necessidades existentes, nas funções desempenhadas e nas pessoas que irão usufruir do espaço. É então necessário compreender todas as características presentes na iluminação, de modo a poder trabalhar, moldar e desenhar a luz.

2.2.2 ILUMINAÇÃO NÃO INTEGRADA NA ARQUITECTURA

A iluminação não integrada na arquitectura é aquela em que o projecto de iluminação não foi concebido de acordo com o conceito arquitectónico ou com as características do espaço de forma a realçar, evidenciar e potenciar as suas qualidades em sintonia com a função a que se destina.

Assim sendo, e de modo a demonstrar qual o significado desta falta de integração da iluminação no conceito arquitectónico são apresentados vários exemplos de espaços comuns ao utilizador, que evidenciam esta lacuna.

“Iluminar. Aprende-se com a experiência. Ensina-se pelo exemplo”

Eng. Victor Vajão em Curso de Iluminação, CPI. [34]

Na sequência da constatação do afastamento entre conceito arquitectónico e projecto de iluminação serão apresentados alguns exemplos ilustrativos desta realidade.

HOSPITAL ROVISCO PAIS - TOCHA

Na Figura 120, temos o exemplo das áreas de circulação do Hospital Rovisco Pais, na Tocha, onde podemos ver que os locais de implantação escolhidos para as luminárias, não têm qualquer conceito associado, sendo a única preocupação aparente e de maior evidência, a função prática da mesma, ou seja, a função de iluminar as áreas de circulação.

Este é um exemplo extremamente comum nos espaços públicos, nomeadamente, nos hospitais. Neste caso específico, não só é notória a falta de integração da iluminação no conceito arquitectónico, como também é possível observar diferentes manchas de luminosidade e contrastes acentuados de sombra e luz, os quais além de não evidenciarem os aspectos positivos do próprio edifício, poderão dificultar a visão e percepção do espaço aos utilizadores.

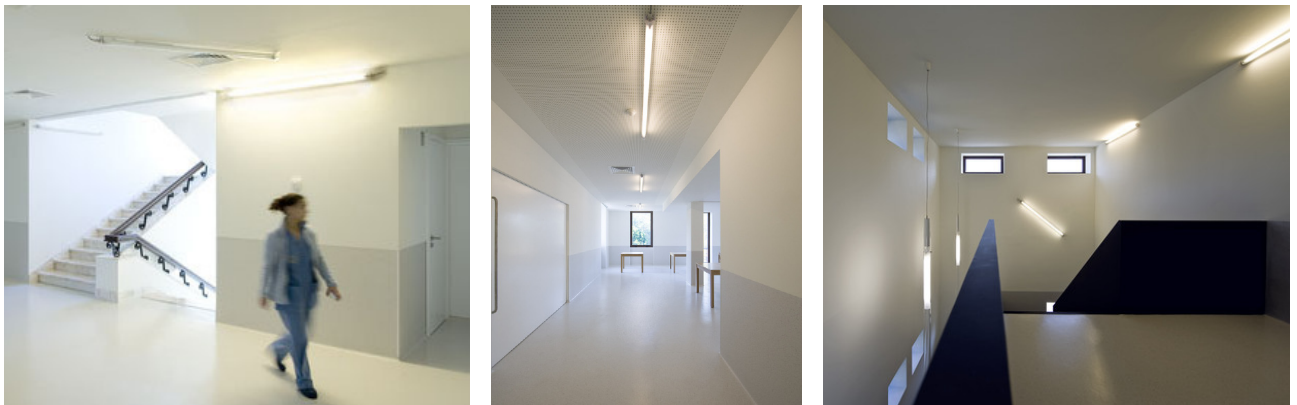


Figura 120
Iluminação das zonas de circulação do Hospital Rovisco Pais na Tocha.

ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO - SETÚBAL

No exemplo apresentado, a Escola Superior de Educação em Setúbal projectada por Siza Vieira, pode observar-se que, além de não existir qualquer integração da iluminação no conceito arquitectónico, o projecto de iluminação é maioritariamente constituído por dois tipos de luminárias, que apresentam uma ou duas lâmpadas fluorescentes, dependendo do seu lugar de implantação - áreas de circulação ou salas de aula.

Este é um exemplo de como a formação de um arquitecto, no que respeita ao trabalho da luz, está totalmente centrada na iluminação natural. Neste exemplo, é visível a utilização de clarabóias de luz zenital, aberturas horizontais nas áreas de circulação e grandes vãos nas salas de aula em contraste com a total desconsideração da importância da iluminação artificial na definição dos espaços, no enaltecimento da arquitectura e principalmente na adequação à função para a qual o espaço foi projectado.

A mesma falta de projecto de iluminação e integração na arquitectura é possível ser observada na zona do bar da escola, sendo que, além de serem implantadas luminárias sem protecção numa área onde se concentram fumos, humidades e confecção de alimentos, é também notória a falta manutenção das lâmpadas, podendo ser observadas diferentes temperaturas de cor nas lâmpadas utilizadas.



Figura 121
Iluminação das zonas de circulação da Escola Secundária de Educação em Setúbal



Figura 122
Iluminação do bar da Escola Secundária de Educação em Setúbal



Figura 123
Iluminação das salas de aula da Escola Secundária de Educação em Setúbal

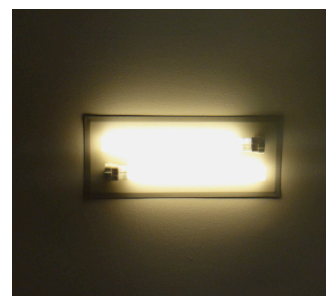


Figura 124
Luminária utilizada nas salas de aula.

.....COMÉRCIO DE RUA - SETÚBAL

Os espaços comerciais, são normalmente locais bem estruturados a nível de iluminação. Existe um maior cuidado na disposição das luminárias, devido à existência de um conceito que representa a imagem da loja, sendo os locais de exposição de produtos atempadamente projectados. No entanto, nem todos os espaços comerciais apresentam estas características e como tal, é possível apontar vários exemplos onde a iluminação não resulta de um projecto de integração no espaço, não cumprindo sequer o seu objectivo de iluminar o objecto exposto.

Nos exemplos apresentados, é possível observar diferentes cenários de iluminação. Tais como, lojas onde o projecto de iluminação foi realizado através distribuição homogénea das luminárias sendo o espaço iluminado de uma forma homogénea, sem qualquer destaque para os produtos apresentados. Podemos observar também as consequências de uma montra mal projectada onde a iluminação apenas incide sobre parte do manequim, o que dificulta a visualização do produto. Podemos ainda observar, exemplos de como a quantidade de luz é muitas vezes confundida com a qualidade da luz. Desta forma, o espaço encontra-se com luz abundante e não homogénea, criando manchas acentuadas de luz

e sombra, que dificultam a visualização dos produtos. Noutro exemplo podemos observar um cenário com excesso de brilhos e de pontos de luz, que encandeia o cliente e dificulta a visualização do produto.



Figura 125
Iluminação de loja com luz homogénea.

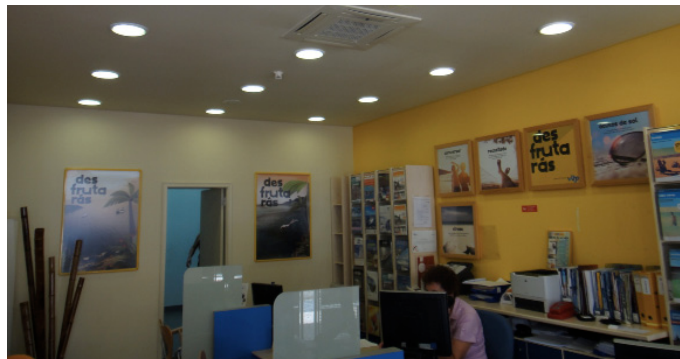


Figura 126
Iluminação de loja com luz homogénea.



Figura 127
Iluminação de montra de loja.



Figura 128
Iluminação de loja.



Figura 129
Iluminação de loja.

2.2.3 ILUMINAÇÃO INTEGRADA NA ARQUITECTURA

Em oposição aos exemplos apresentados anteriormente, aquilo que se pretende com o estudo da iluminação na arquitectura é a realização de um projecto de iluminação fundamentado no conceito arquitectónico. Nem sempre é possível criar diferentes soluções, mas, desde que o projecto de iluminação seja realizado com uma consciência das consequências físicas, sociais e humanas, então teremos uma solução equilibrada.

No entanto, é de notar que, quando se consegue integrar a iluminação no conceito arquitectónico, o espaço ganha uma nova dimensão. Não só a própria arquitectura é valorizada, como o próprio espaço apresenta um ambiente mais saudável e de maior conforto.

De modo a compreender o que se entende por integração da iluminação na arquitectura, é possível nomear alguns exemplos onde se nota um trabalho realizado desde o conceito inicial do projecto, sendo a iluminação parte condicionante do mesmo.

EDIFÍCIO SEDE DA VODAFONE - PORTO

O Edifício Sede da Vodafone no Porto é um desses exemplos de integração entre arquitectura e iluminação.

O tecto quebrado apresenta vários ângulos nas diferentes dimensões e a iluminação evidencia esses ângulos, completa e acentua o efeito desejado.

O projecto de iluminação encontra-se em perfeita união com o conceito arquitectónico.

Tal como acontece com a implantação de uma obra arquitectónica num espaço, que deve ser realizada em perfeita sintonia com o local de implantação, também a iluminação deve ser apresentada como uma solução única, em perfeita união com o conceito do espaço.

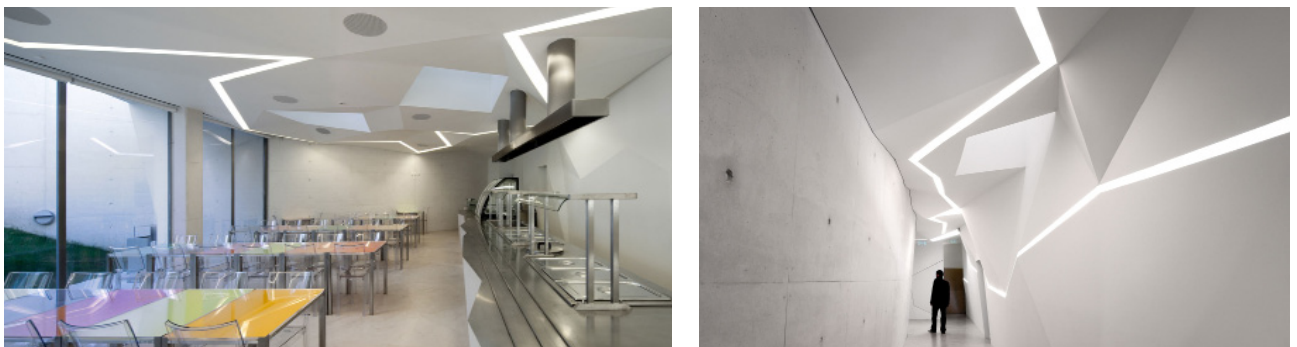


Figura 130

Iluminação do refeitório e das zonas de circulação do Edifício Sede da Vodafone no Porto. Exemplo de iluminação integrada no conceito arquitectónico. Arquitectura de José António Barbosa e Pedro Guimarães.

ESPAÇOS RESIDENCIAIS

Também na iluminação de residências é importante a integração da iluminação no conceito arquitectónico. De modo geral, o arquitecto não projecta a iluminação artificial no projecto habitacional, deixando os pontos de luz centrados no espaço de modo ao cliente poder colocar a luminária de maior agrado.

No entanto, neste exemplo, é possível observar como a criatividade na acentuação das características arquitectónicas pode apresentar resultados positivos na criação de ambientes, associando o conceito arquitectónico à qualidade de iluminação. Desta forma, o arquitecto garante o conforto visual e o bem estar do cliente, deixando a iluminação decorativa ao critério do cliente.



Figura 131
Iluminação de espaço de estar / jantar - Caiano-Morgado Arquitectos.

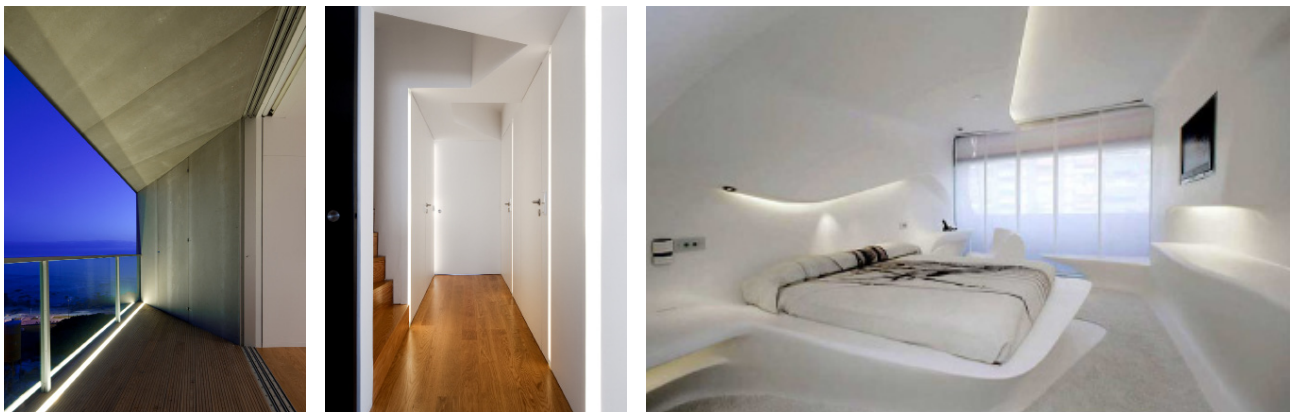


Figura 132
Iluminação de delimitação de zonas - Caiano-Morgado Arquitectos.

Figura 133
Hotel Puerta America Madrid - Zaha Hadid

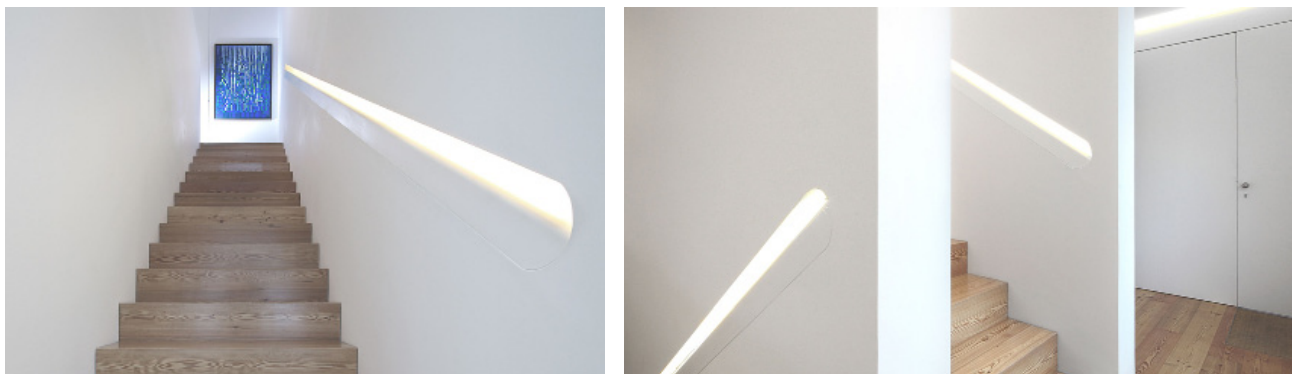


Figura 134
Habitação Unifamiliar - Pormenor de iluminação de escadas - Caiano-Morgado Arquitectos.



Figura 135
Habitação Unifamiliar - Iluminação de zonas de circulação - Caiano-Morgado Arquitectos.

Algumas questões surgem relativamente ao tipo de iluminação a utilizar em espaços sem aspectos peculiares, ou de maior diferenciação num projecto, marcados pelas linhas ortogonais, tectos lisos e sem grandes elementos de destaque. Para estas questões as imagens apresentadas em seguida mostram como é possível utilizar a ortogonalidade, a linha recta, e certos elementos arquitectónicos, como pilares, vigas no tecto ou aberturas zenitais para criar uma continuação dessa mesma linguagem para o projecto de iluminação, fazendo com que exista uma preocupação na escolha das luminárias e dos locais a serem implantadas, bem como na localização das mesmas, apresentando uma integração do conceito de iluminação na arquitectura do espaço.



Figura 136
Iluminação de ambiente corporativo "open-space"

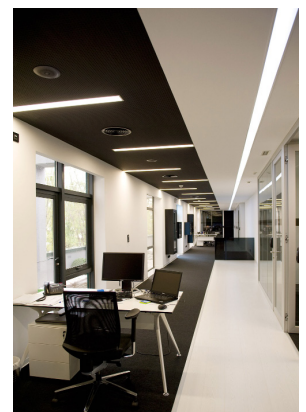


Figura 137
Iluminação de lobby do Hotel "The Oitavos"



Figura 138
Iluminação de lobby do Vip Grand Hotel

Também a linha curva poderá ser um ponto de partida interessante para o projecto de iluminação. A ilimitada fonte de criatividade no que respeita às formas existentes, aumenta as possibilidades de criação de novos cenários de iluminação. As curvas são sugeridas pela arquitectura e evidenciadas pela iluminação, como se de uma só peça se tratasse. Nos exemplos apresentados, estamos perante algumas das obras da arquitecta Zaha Hadid, onde a luz é projectada de uma forma unida com o espaço. A iluminação marca a sua presença, sem início nem fim, num conceito de fluidez característico da sua arquitectura.

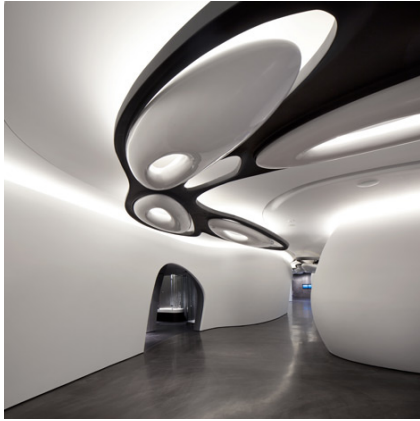


Figura 139
Rocca London Gallery - Arq. Zaha Hadid

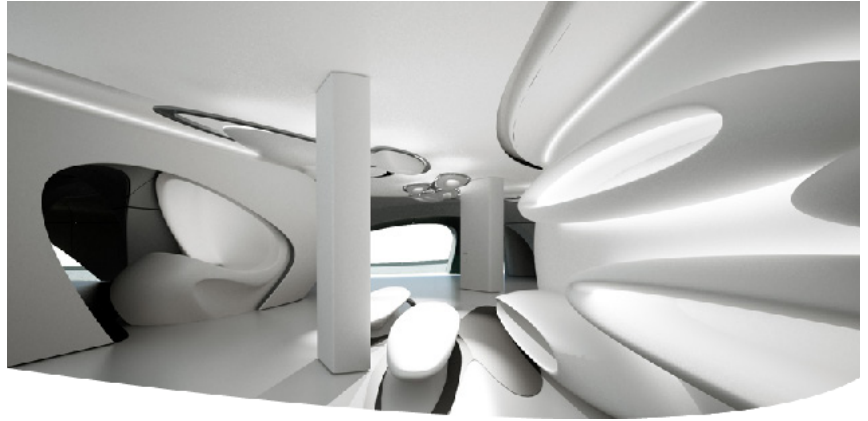


Figura 140
Rocca London Gallery - Arq. Zaha Hadid



Figura 141
Changsha Culture and Arts Center - Arq. Zaha Hadid



Figura 142
Guangzhou Opera House - Zaha Hadid

Tal como na arquitectura, é através do exemplo que se começam a identificar e explorar novas formas de iluminar um espaço. A iluminação aprende-se com o exemplo, através da tentativa e erro aliada à constante observação do que nos rodeia. Deve ser tomada como parte integrante do projecto, não apenas com o intuito de iluminar, mas de enaltecer, moldar e desenhar consoante o conceito.

Quando o arquitecto concretiza esta integração da iluminação no conceito arquitectónico, o espaço torna-se único.

2.3 CASOS DE ESTUDO - MÉTODO DE ILUMINAÇÃO

A integração da iluminação na arquitectura só é possível de ser concretizada se existir uma maior relação entre o projecto arquitectónico e a iluminação desde as suas fases iniciais. Numa fase inicial, não precisamos assumir definições técnicas, nem características das luminárias, apenas devemos pensar na iluminação artificial à semelhança da iluminação natural. Quais as manchas de luz que gostaríamos de ter num espaço? Ou, que aspectos arquitectónicos serão necessários esconder ou alterar e como pode a iluminação interferir nesse objectivo?

Tal como pensamos as fachadas, os vãos, as aberturas zenitais, deveríamos também reflectir sobre a iluminação do espaço nas diversas fases do dia, bem como nas áreas onde a luz natural não consegue iluminar.

Nos casos de estudo apresentados, será estudada qual a melhor forma de iluminação de dois espaços-tipo: o escritório e a loja. Através de uma abordagem metodológica, será possível definir alguns passos e estratégias de iluminação importantes na definição do projecto. Serão apresentados diversos projectos de iluminação para cada caso de estudo de modo a compreender quais as vantagens e desvantagens na utilização de cada um. Deste modo, e através do exemplo gráfico com ajuda do programa Dialux, será possível analisar as consequências na escolha de cada tipo de mancha de luz para cada situação. De forma a uniformizar o espaço relativamente à iluminação natural, os dois casos de estudo apresentam-se sem entradas de luz natural, sendo o escritório/atelier definido por uma área de 150m, com 10m de largura e 15 de comprimento, e a loja por uma área de 42m, com 7m de largura e 6 de comprimento, ambos com um pé direito de 3m. As dimensões do espaço foram escolhidas visando a adaptação da iluminação a todos os exemplos apresentados de forma a criar situações de comparação e observação das suas consequências no espaço.

2.3.1 CASO DE ESTUDO - ESCRITÓRIO

A iluminação artificial de escritórios, teve início no ano de 1880, coincidindo também com o ano de criação das lâmpadas incandescentes. Desde essa época até aos anos 30, a iluminação dos locais de trabalho foi realizada apenas com este tipo de lâmpadas, o que, devido ao seu fraco rendimento e baixo nível de luminosidade era recorrente fazer-se um grande uso da iluminação natural, de modo a conseguir níveis de iluminação mais elevados e melhores condições de trabalho [1].

Os edifícios de escritórios eram caracterizados pelos grandes vãos de abertura nas fachadas de modo a conseguir obter o melhor rendimento da iluminação natural.

A partir dos anos 30, com o surgimento das lâmpadas fluorescentes com melhores rendimentos, deu-se início a uma revolução na iluminação: tornou-se possível obter uma iluminação uniforme, com uma temperatura de cor mais apropriada para ambientes de trabalho e com vantagens que as lâmpadas incandescentes não apresentavam, tais como, o menor consumo de energia e uma maior vida útil da lâmpada. Apesar desta evolução técnica, que conseguiu um aumento das luminâncias no espaço de trabalho, o projecto de iluminação ainda apresentava um cariz muito técnico, ou seja, o problema da iluminação dos espaços ficava solucionado através de uma distribuição homogénea da luz de acordo com a quantidade julgada adequada.

O conceito de iluminação da tarefa, ou seja, da zona de trabalho, veio alterar o conceito antigo onde se prevê como zona de trabalho todo a área existente e tem vindo a ser cada vez mais utilizado como a prática correcta de iluminação de escritórios. Assim sendo, o ambiente deverá ser dividido em áreas e zonas diferenciadas, dependendo do tipo de tarefa a realizar em cada área, ou do tipo de layout existente, de modo a poder ser escolhido o tipo e quantidade de iluminação

necessária a cada área. Este conceito tem como prioridade a uniformidade da iluminação, onde os níveis de iluminação nos planos de trabalho apresentam-se de acordo com a norma, criando assim áreas de trabalho bem iluminadas e inseridas num espaço de iluminação variada, melhorando desta forma os consumos energéticos, numa perfeita adaptação da iluminação às necessidades dos utilizadores [8].

São exactamente estas necessidades dos utilizadores e as suas consequências físicas e psicológicas que se têm tornado no motor do desenvolvimento do conceito de iluminação de escritórios. Profissionais das áreas de trabalho ou de investigação da iluminação, referem a importância e influência que a iluminação exerce no organismo humano. “A ciência mostrou nas ultimas duas décadas a influência positiva da luz no controlo do nosso relógio biológico, que regula todos os ritmos diários dos processos fisiológicos e psicológicos.” Afirma o físico e Eng. Electrotécnico holandês Wout Van Bommel, responsável pelo centro de excelência em aplicações de iluminação da Phillips e Presidente do CIE (Comissão Internacional de Iluminação) [7]. Segundo a Arq.^a Cláudia Trindade “Um determinado sintoma de doença pode ter diversas causas – uma dor de cabeça por exemplo pode ser provocada, tanto por um problema de baixa qualidade de ar como de uma iluminação deficiente ou por excesso de ruído e estas interdependências demonstram a importância do monitoramento constante das condições de conforto ambiental de forma integrada.” [7].

De modo a minimizar os problemas de desconforto e cansaço visual, é importante ter em consideração os encadeamentos provocados pelas luminárias e pela reflexão da luz na área de trabalho. Assim sendo, é necessário conhecer quais os comportamentos de reflexão da iluminação nas superfícies planas e dos diferentes materiais existentes na área de trabalho de modo a minimizar as consequências negativas que advém da exposição a encadeamentos, tais como desconcentração, problemas visuais, fadiga, entre outros.

Dependendo da posição da luminária poderemos minimizar esses efeitos desfavoráveis ao conforto do utilizador. O factor de UGR da luminária é referente ao seu sentido longitudinal, isto porque devido à colocação dos reflectores, e ao direccionamento dos mesmos, o sentido longitudinal da luminária encontrar-se-á com menores valores de UGR do que o sentido perpendicular da mesma [34].

No seguimento desta lógica, consegue-se compreender que dependendo da colocação das luminárias em relação às mesas de trabalho, poderá ter melhores ou piores valores de UGR, ou seja, poderá provocar maior ou menor encadeamento ao utilizador.

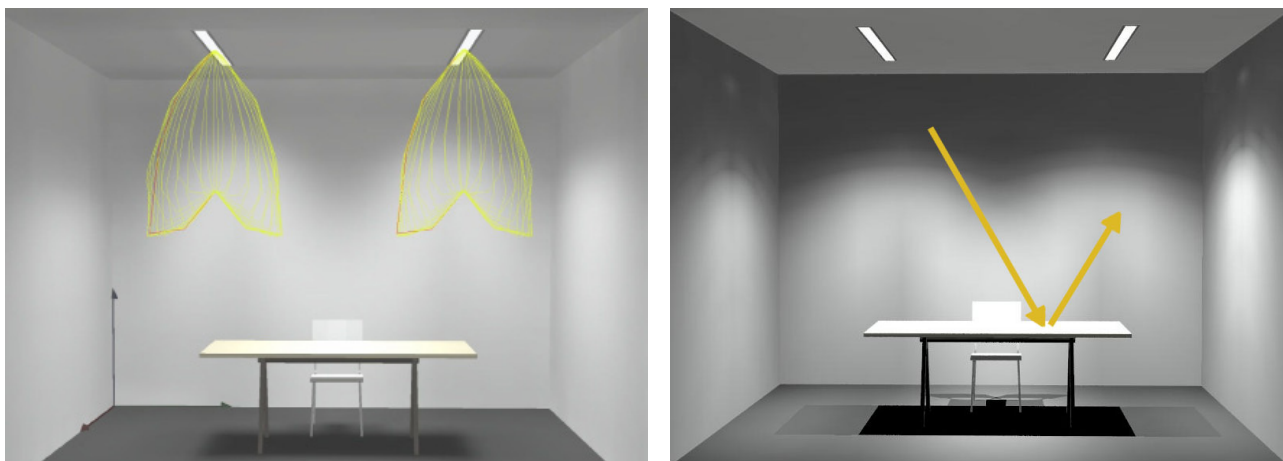


Figura 143
Esquema (A) de reflexão da luz no plano de trabalho colocado no eixo transversal das luminárias.

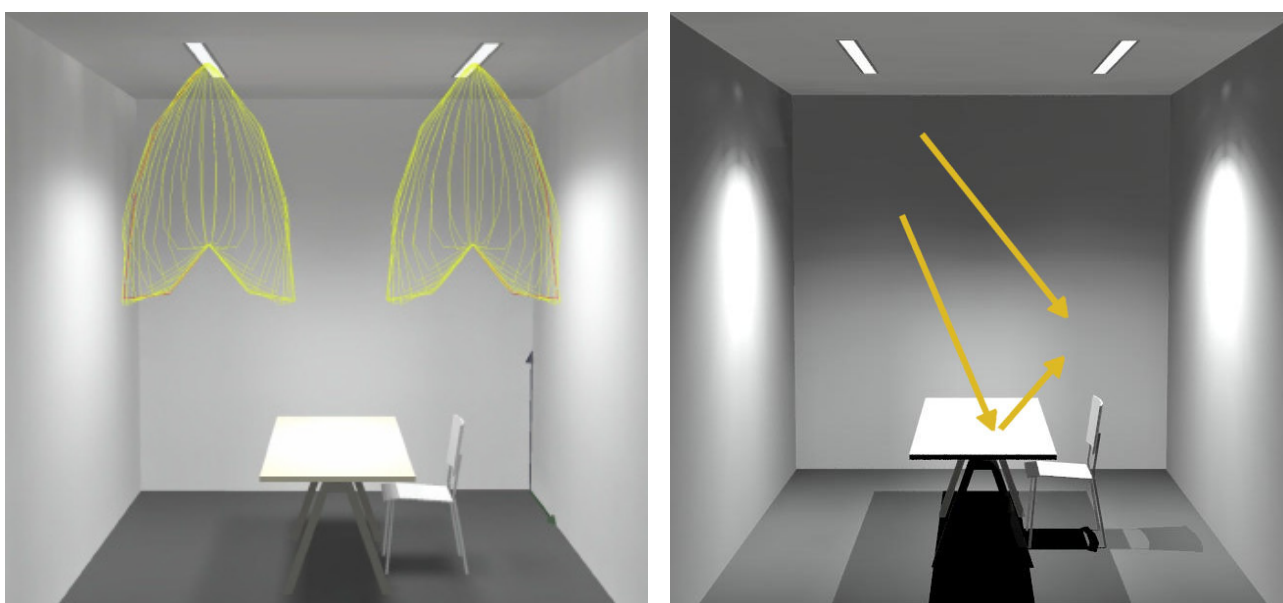


Figura 144
Esquema (B) de reflexão da luz no plano de trabalho colocado no eixo longitudinal das luminárias

Observem-se os esquemas acima, onde se apresentam as fotometrias das luminárias e relacionadas com as direcções de maior índice de UGR. Enquanto no esquema A a luz é projectada sobre a mesa e reflectida no sentido longitudinal, no esquema B a luz é projectada na mesa e reflectida no sentido perpendicular à mesa, i.e. directamente directamente para a face do utilizador provocando o seu encadeamento por reflexão. Também no esquema B, a luz é projectada directamente no utilizador, devido à falta de controlo por parte dos reflectores no eixo transversal à luminária.

No seguimento destes exemplos, poderemos transpor esta lógica para os casos de estudo, de modo a procurar quais as melhores formas de projectar a iluminação em grandes áreas de trabalho. No entanto, o projecto de iluminação dependerá do modo como forem posicionadas as zonas de tarefa.

De forma a realizar o estudo de caso, foi criado no espaço-tipo uma simulação de um escritório/atelier, de modo a executar diversos cenários de iluminação com o objectivo de, através da observação e análise de exemplos, ser possível

concretizar uma abordagem metodológica capaz de auxiliar o arquitecto no desenvolvimento do projecto de iluminação.

ESCRITÓRIO 1

Assim sendo, uma das mais usuais abordagens ao projecto de iluminação de escritórios é a distribuição geral da iluminação através de uma divisão métrica do espaço de modo a obter o nível de iluminação necessário, ou seja, os 500lux. Ao aplicar esta forma de projectar a luz obtemos uma iluminação geral e difusa do espaço, monótona e sem pontos de referência para a visão.

Luminárias: Fluorescentes lineares de 4 lâmpadas fluorescentes lineares de 24W 4000°K com reflector.

$E_m = 542 \text{ lx}$



Figura 145
Simulação dos níveis de iluminação no escritório em estudo

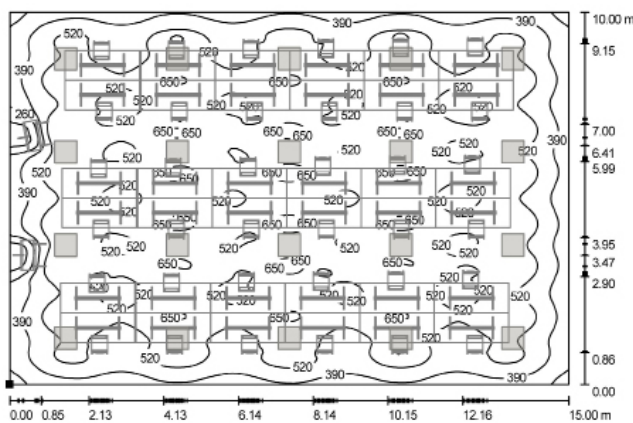


Figura 146
Mapa de linhas isográficas

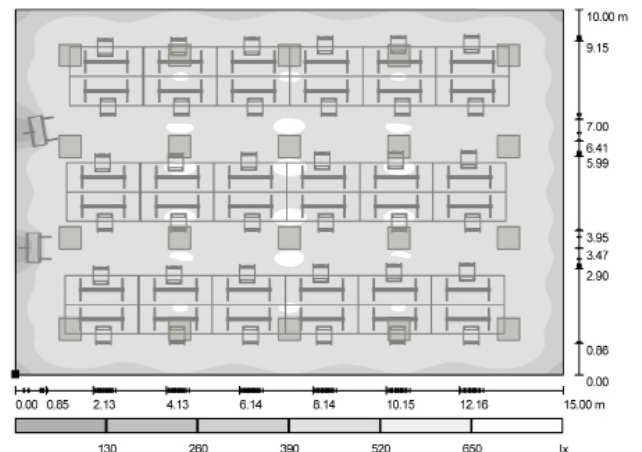


Figura 147
Mapa de escala de cinzentos

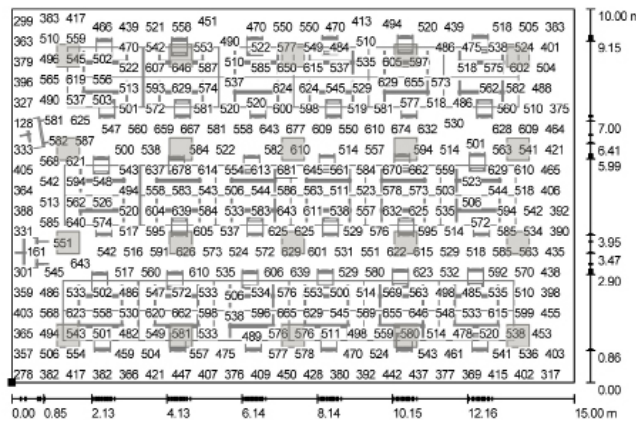


Figura 148
Mapa de valores

Como podemos observar através da análise dos mapas, o projecto apresentado cumpre a norma e apresenta bons níveis de iluminação nas zonas de trabalho. No entanto, ao homogeneizar a área de trabalho e a área circundante, serão utilizados maiores recursos energéticos aumentando o gasto de electricidade. Além disso, este projecto não se encontra totalmente adaptado ao utilizador, visto não ter o controlo sobre a luz incidente na sua zona de trabalho. A iluminação ao ser projectada de uma forma regular, ou seja, através de uma malha criada para organizar as luminárias no espaço, não está directamente ligada à disposição da zona de trabalho. Desta forma, poderão surgir situações de encadeamento directo ou por reflexão.

ESCRITÓRIO 2

Outro cenário possível para a iluminação do mesmo espaço, e que surge em oposição ao anterior, é através de um único sistema de iluminação localizado em cada área de trabalho.

Luminárias: Fluorescentes lineares com reflector composta por 1 lâmpada fluorescente lineares de 49W e 4000°K.

$E_m = 395 \text{ lx}$

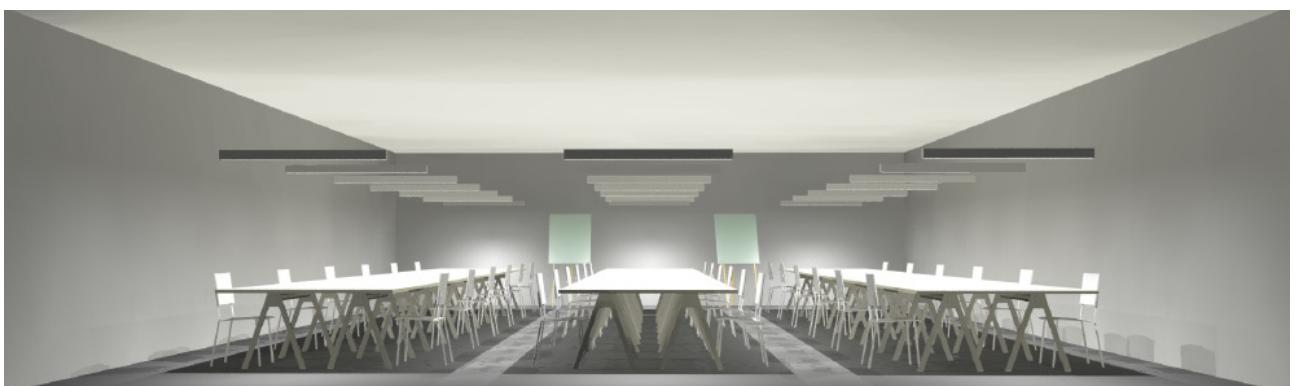


Figura 149
Simulação dos níveis de iluminação no escritório em estudo

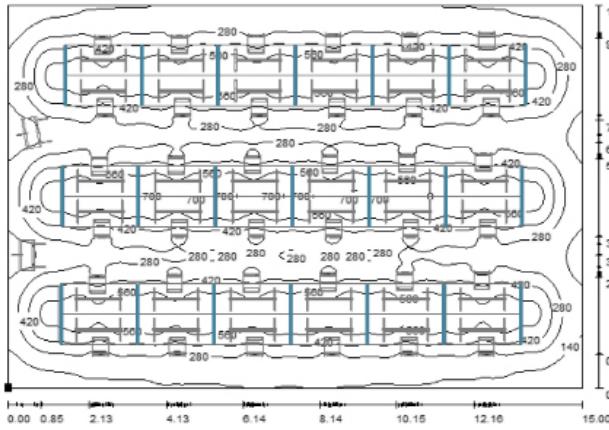


Figura 150
Mapa de linhas isométricas

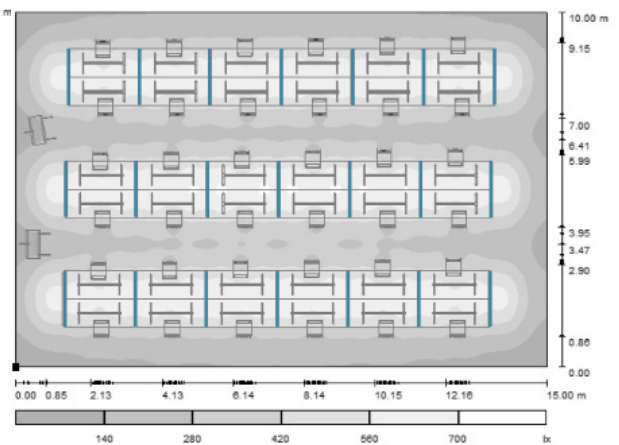


Figura 151
Mapa de escala de cinzentos

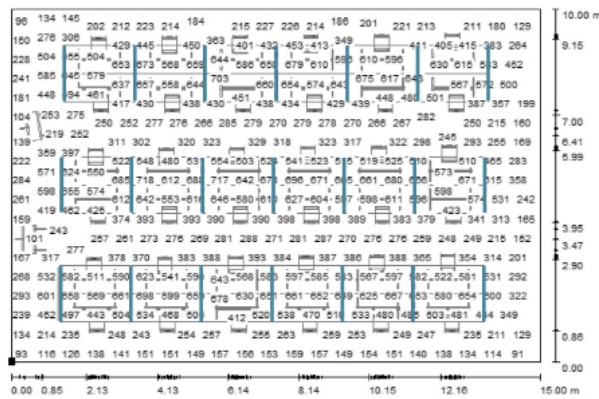


Figura 152
Mapa de valores

Como pode ser observado, o nível de iluminação médio do espaço total não se encontra de acordo com a norma europeia. No entanto, ao verificarmos o nível de iluminação médio das áreas de trabalho, neste caso o plano horizontal do tampo das mesas, podemos observar que o nível de iluminação médio é superior aos 500lx.

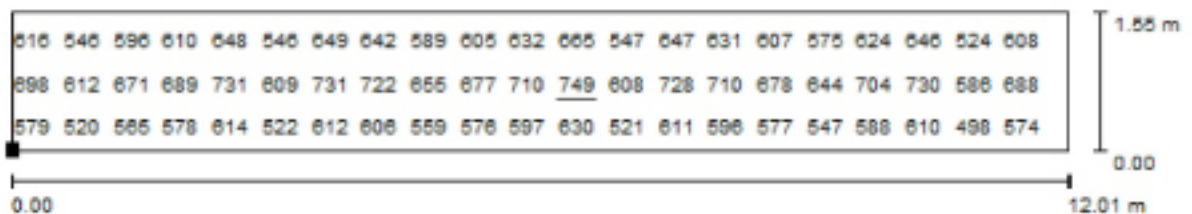


Figura 153
Mapa de valores da área de trabalho central.

Apesar do cumprimento das normas referentes à iluminação de espaços de trabalho, este caso de estudo apresenta algumas deficiências na iluminação. A diminuição da potência total utilizada tem como benefício uma notória redução dos gastos energéticos. No entanto, no que respeita à qualidade de iluminação, este tipo de distribuição poderá criar cansaço visual devido aos contrastes existentes entre a zona de trabalho e a zona circundante. A adaptação constante da visão da luz para a sombra, não apresenta benefícios para o utilizador.

Assim sendo, quando se projecta a iluminação de um escritório com luminárias suspensas, localizadas e direccionadas para a área de trabalho, é importante criar um segundo cenário de iluminação, de forma a diminuir os contrastes exagerados.

ESCRITÓRIO 3

Uma das soluções ao problema encontrado anteriormente, é a criação de um segundo sistema de iluminação, onde, através da iluminação das paredes, estaremos a criar um equilíbrio entre a área de trabalho e a área circundante. Este segundo sistema de iluminação deverá ser realizado com um diferente tipo de mancha de luz e temperatura de cor, de forma a criar situações distintas na abordagem do espaço, retirando a monotonia e ao mesmo tempo diminuindo os contrastes mais acentuados.

Luminárias: Fluorescentes lineares com reflector composta por 1 lâmpada fluorescente lineares de 49W e 4000°K.

Downlight's composto por uma lâmpada fluorescente compacta de 26W e 3000°K.

$E_m = 456 \text{ lx}$



Figura 154
Simulação dos níveis de iluminação no escritório em estudo

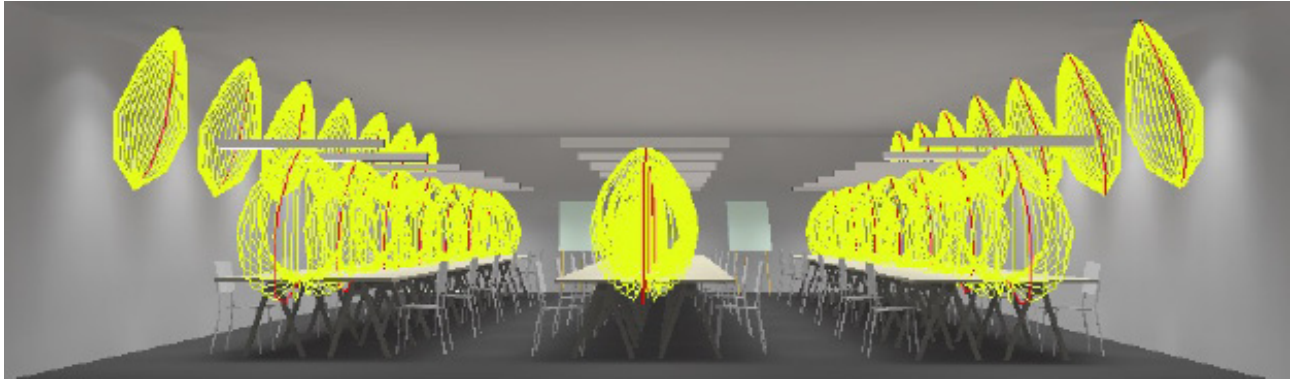


Figura 155
Simulação das fotometrias no escritório em estudo

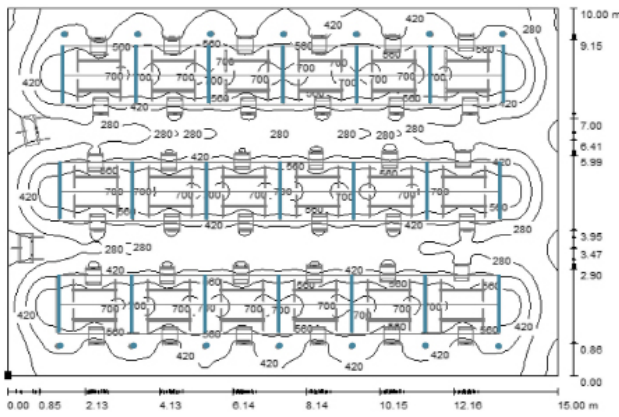


Figura 156
Mapa de linhas isométricas

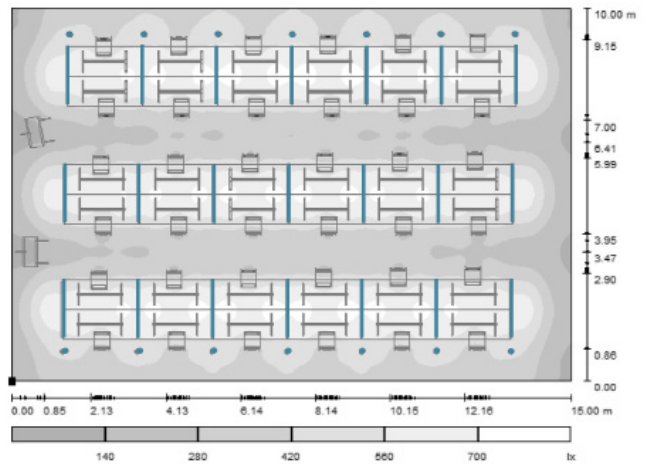


Figura 157
Mapa de escala de cinzentos

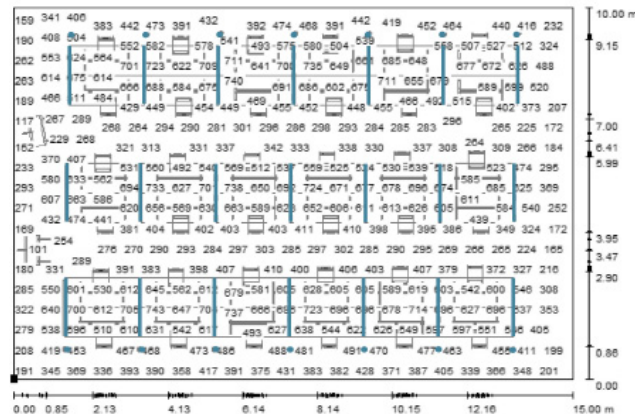


Figura 158
Mapa de valores

Ao realizar uma análise dos mapas, é possível verificar que existe um maior equilíbrio no espaço, ou seja, as zonas de tarefa continuam com os níveis de iluminação necessários, mas, em compensação, a zona envolvente também se encontra iluminada de um modo suave e menos contrastante com a zona de trabalho.

Desta forma, é possível obter um ambiente de trabalho saudável, sem que haja prejuízo para o utilizador.

Segundo Wilson Teixeira [7], doutor em Engenharia e Consultor de Performance Energética em edifícios, “(...) é importante observar que não existe a obrigatoriedade de toda a iluminação necessária ser suprida pela iluminação geral, podendo

ser empregada iluminação suplementar no campo de trabalho. (...). Costumamos ouvir que a norma diz que a iluminação deve ser geral, uniformemente difusa e distribuída e que portanto é preciso colocar 500lux em toda a sala. Em momento algum está explicitado que esta (luz geral) deva ser obrigatoriamente a única fonte de iluminação. (...) A norma prevê que as medições sejam feitas no local onde são realizadas tarefas visuais e que apenas quando não poder ser definido o campo de trabalho exacto, que a aferição seja feita no plano horizontal a 75cm do piso.”

O projecto de iluminação deverá abranger várias situações de utilização, tais como, o trabalho, a limpeza do espaço, as horas de lazer ou pausa do trabalho, tudo de modo a poder flexibilizar ao máximo o conceito de iluminação utilizado. Assim sendo, o projecto de iluminação deverá conter diferentes sistemas de iluminação, criando maior flexibilidade de utilização e controlo do mesmo.

2.3.2 CASO DE ESTUDO - LOJA

A iluminação, numa loja, pode ser um dos pontos decisivos no conforto do cliente e conseqüentemente no sucesso de vendas pois actua e influencia o subconsciente de quem percorre o espaço. É por isso possível encontrar lojas onde o próprio ambiente nos convida a entrar, existindo um envolvimento entre o espaço e o cliente, como também encontramos lojas onde nos sentimos desconfortáveis, o que inconscientemente afasta o desejo de permanecer dentro da mesma. Como tal, é necessário ter em conta alguns conceitos de iluminação que nos levarão ao encontro dos objectivos de vendas das lojas [34].

A iluminação numa loja, por si só, poderá marcar a diferença entre um ambiente agradável associado a um aumento de vendas, e uma loja que apenas apresenta as luzes acesas, pois é tão importante o que se expõe quanto como se ilumina o que está exposto [11].

Antes de se iniciar um projecto de iluminação é necessário conhecer algumas características do espaço. Neste caso de estudo, uma vez tratar-se de um estabelecimento comercial, é necessário ter também em atenção as características dos produtos expostos, tais como os materiais, as cores predominantes, a disposição no espaço, o próprio espaço e os seus acabamentos, cores e materiais, de modo a controlar os brilhos, realçar as cores e adaptar os níveis de iluminação. Para isso, é necessário utilizar valores de IRC elevados, de modo a reproduzir da forma mais aproximada a luz natural, as cores dos objectos expostos, bem como escolher qual a melhor temperatura de cor a utilizar de acordo com as características do espaço.

A temperatura de cor das lâmpadas poderá dar maior ou menor evidência a quaisquer cores existentes na loja, criando alterações à exposição dos produtos.

Ou seja, se tivermos um parede com produtos expostos de cores quentes e se utilizarmos uma lâmpada com temperatura de cor elevada, entre os 4000°k e os 5000°k, o resultado vai apresentar-se sem realce e de cores pouco saturadas. Por outro lado, se utilizarmos uma lâmpada com temperatura de cor mais baixa, ou seja, entre os 2700°K e os 3500°K, as cores dos produtos serão realçadas e tornar-se-ão mais atractivos ao consumidor. No entanto, se a loja estiver decorada com cores quentes e só utilizarmos lâmpadas de temperatura de cor baixa, o espaço irá transmitir uma sensação de calor ao cliente, que poderá não ser favorável à permanência na loja. Ao contrário desta situação, se numa loja com predominância de cores frias, utilizarmos lâmpadas com temperatura de cor elevada, as cores ficarão realçadas, mas criando um ambiente mais frio e de cariz impessoal. A solução desejada, depende do objectivo pretendido. É necessário encontrar o equilíbrio na utilização das diferentes temperaturas de cor construindo, através da iluminação, um ambiente agradável, conotado com a imagem que a loja pretende promover.

Lojas tais como farmácias, mercearias, talhos e supermercados, que tradicionalmente recorrem intensamente à utilização de lâmpadas frias, começam a dar os primeiros passos na questão do envolvimento do cliente através do ambiente e começam a arriscar projectos com temperaturas de cor menos elevadas [10].

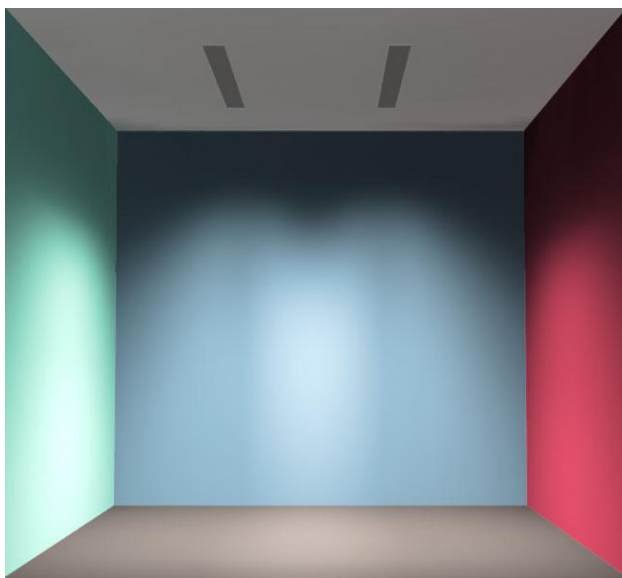


Figura 159
Temperatura de cor de 2700°K

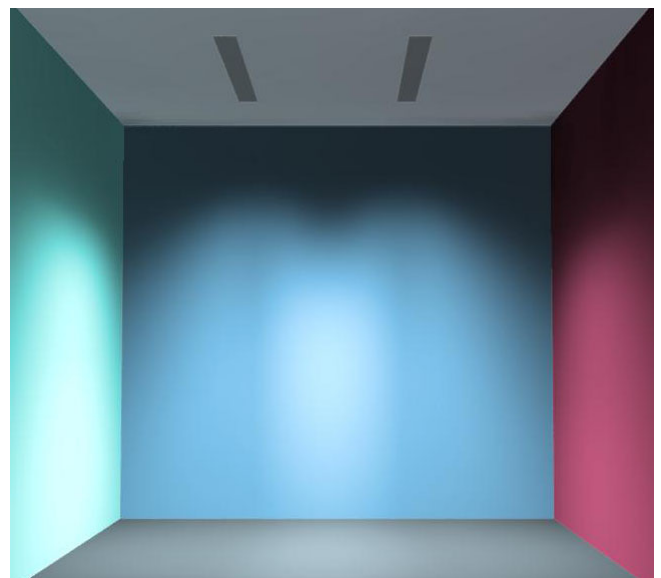


Figura 160
Temperatura de cor de 5000°K

Para projectar a iluminação numa loja, devido à complexidade de artigos expostos e diferentes zonas existentes, é necessário pensar cada área da loja em separado, de modo a criar soluções específicas para cada espaço.

Num contexto generalizado, a iluminação de uma loja deverá ser projectada com vários sistemas de iluminação: geral, pontual e de destaque. O sistema de iluminação geral, deverá fazer um varrimento uniforme do espaço a ser iluminado, de forma a diminuir os contrastes criados pelos restantes sistemas. Posteriormente, deve ser projectada uma estratégia de iluminação mais flexível, através de pontos dispostos de acordo com as áreas de exposição. Entre estes dois sistemas

de iluminação poderá existir uma diferença de temperatura de cor. Este contraste, além de visualmente criar um destaque valorizando o produto, cria também o ambiente agradável, diversificado e menos monótono, necessário ao convite subconsciente do cliente para dentro da loja. A iluminação de destaque poderá ser realizada através de luminárias decorativas, painéis retro-iluminados, ou qualquer outra forma de iluminação que cumprindo o objectivo proposto, ou seja, iluminar, crie um foco de atenção sobre si mesmo ou sobre um produto em destaque.

Claro que, na iluminação de espaços, cada caso é um caso e, como tal, podem surgir diversos conceitos de loja e de projecto de iluminação que apresentam formas bastante diversas de pensar a iluminação para o espaço. Tudo dependerá do objectivo pretendido [11].

No entanto, do ponto de vista de agradar ao cliente, o conceito de iluminação confortável não se resume apenas às características das lâmpadas utilizadas, ao seu IRC e temperatura de cor. A luminária deve também ser pensada de modo a esconder a lâmpada, para não permitir qualquer encadeamento sobre quem utiliza o espaço. Um espaço onde as lâmpadas se apresentam sem qualquer protecção e se encontram direccionadas para o utilizador, torna-se extremamente cansativo e desagradável, o que inconscientemente, poderá levar o cliente a perder o desejo de explorar esse mesmo espaço e de comprar os produtos apresentados. No entanto, existem situações em que o tipo de mancha de luz pretendida é incompatível com eliminação de focos presentes das lâmpadas. Assim sendo, é necessário projectar a iluminação de forma a poder colocar as luminárias de modo a minimizar os ângulos de encadeamento do cliente ao percorrer a loja.

“ Mostre a iluminação. Esconda as lâmpadas.” [34] Eng. Vitor Vajão.

LOJA - TIPO

De modo a exemplificar algumas das estratégias de iluminação utilizadas e de analisar as suas consequências, o caso de estudo apresenta uma loja-tipo, com produtos de vestuário expostos em diversos tipos de expositores.

O caso de estudo da loja-tipo desenvolve-se num espaço rectangular de 6m x 7m, com 3m de pé direito. As características gerais do espaço reflectem os parâmetros normais de reflexão da iluminação. Foi colocado mobiliário de acordo com o cenário de uma loja de vestuário de forma a criar uma maior semelhança com uma realidade. Os diferentes cenários foram desenvolvidos sem qualquer entrada de luz natural, de modo a analisar apenas a luz artificial.

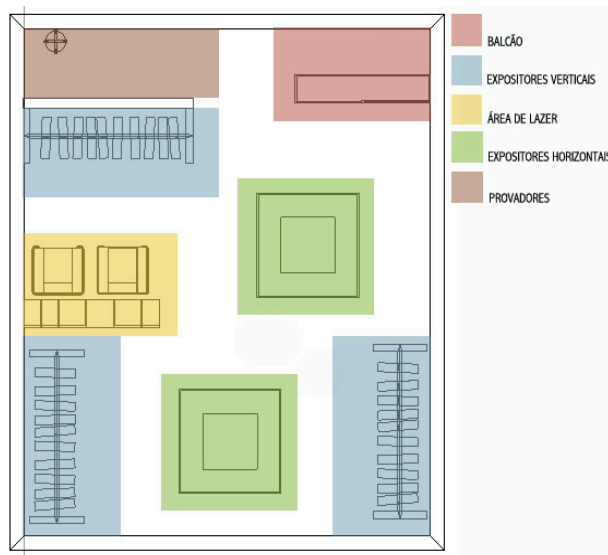


Figura 161
Planta da Loja-Tipo

LOJA 01

O primeiro exemplo de iluminação de loja, reflecte uma das situações que encontramos habitualmente em alguns casos reais: a uniformidade do espaço através da utilização de downlights, i.e. inexistência de qualquer realce dos artigos expostos, uma das principais características presentes neste exemplo.



Figura 162
Imagem virtual da loja-tipo com iluminação homogénea difusa.

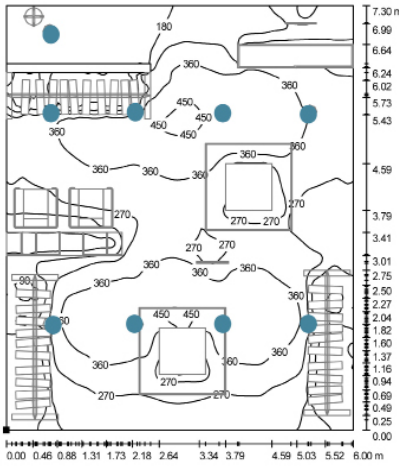


Figura 163
Mapa de linhas isométricas

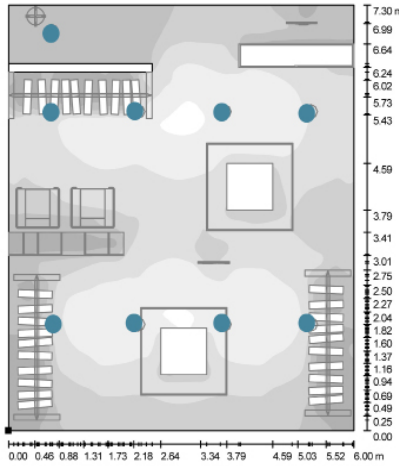


Figura 164
Mapa de escala de cinzentos

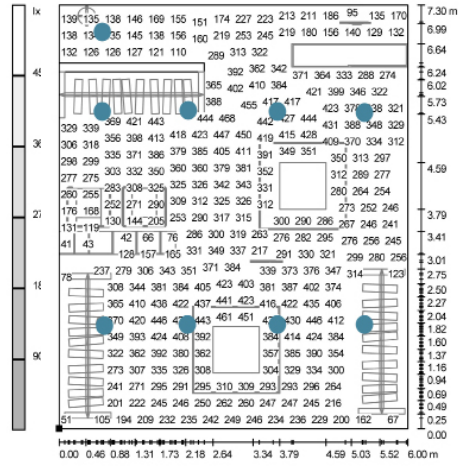


Figura 165
Mapa de valores

Este projecto de iluminação poderá apresentar um orçamento baixo, e por isso, ser muito utilizado em diversas lojas. No entanto, além de criar um ambiente pouco atractivo, não evidencia qualquer produto podendo, desta forma, dispersar a atenção e concentração do cliente ao observar os produtos expostos.

Este tipo de iluminação é muito utilizado em lojas de grande consumo, tais como supermercados, onde o realce dos produtos é forçado através de promoções e cartazes ou bancas de exposição no próprio espaço. Toda a área de exposição apresenta um varrimento homogéneo.

Nas figuras seguintes, podemos ver alguns exemplos de lojas com este tipo de iluminação, alternando o formato da luminária de rectangular, para quadrangular ou circular, mas, mantendo o conceito de uniformidade do espaço.

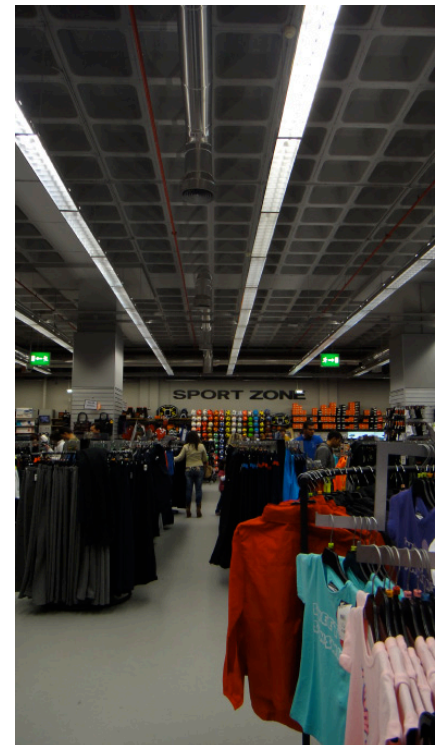


Figura 166
Lojas com iluminação homogénea.

Em oposição ao cenário anterior, o presente caso de estudo apresenta um maior realce aos produtos. Foi dada uma menor evidencia às zonas de circulação da loja, colocando toda a atenção do utilizador nos produtos expostos. Deste modo, o utilizador é direccionado ao que se encontra realçado, focando a sua atenção no produto.



Figura 167
Imagem virtual da loja-tipo com iluminação pontual directa, para destaque dos produtos.

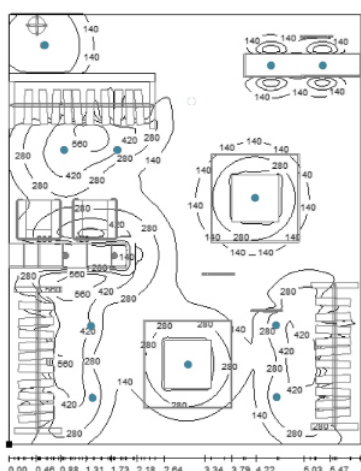


Figura 168
Mapa de linhas isométricas

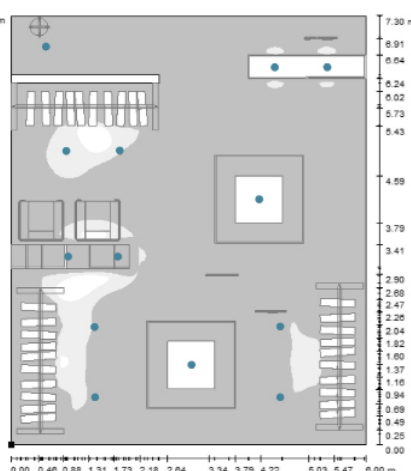


Figura 169
Mapa de escala de cinzentos

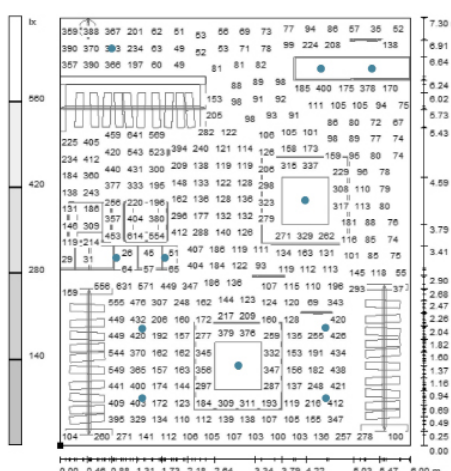


Figura 170
Mapa de valores

Ao direccionarmos a iluminação para o que queremos iluminar, realizamos também um corte energético face ao cenário anterior.

No entanto, é necessário ter em consideração que dependendo da dimensão das áreas a projectar, este tipo de iluminação poderá tornar-se exaustivo. Um projecto que funciona muito bem num espaço com 40m², poderá causar ambientes distintos numa área com 150m². Ou seja, num espaço pequeno, onde a vista alcança toda a área útil, a utilização de um

sistema de iluminação pontual poderá criar uma sensação de conforto, pois, apesar das paredes apresentarem um baixo nível de iluminação, conseguimos identificar os limites do espaço. Pelo contrário, num espaço de 150m², a iluminação pontual poderá causar alguma desorientação, pois não será possível reconhecer os limites do espaço e a sensação de conforto poderá estar comprometida.

Assim sendo, é necessário saber reconhecer as necessidades de iluminação do espaço projectado, de modo a compreender as vantagens e desvantagens da utilização de dois sistemas de iluminação, um geral e outro local, de forma a poder equilibrar a iluminação do espaço.

É ainda necessário ter em atenção que devido à possibilidade de alteração dos produtos expostos numa loja, a iluminação deverá ser o mais flexível possível. A localização das luminárias e a possibilidade de rotação das mesmas, são mais valias importantes no desenvolvimento de um projecto.

Nestes espaços, é necessário projectar com a consciência de que tudo está em constante mutação de modo a atrair o cliente.



Figura 171
Lojas com iluminação direccionada ao produto.

LOJA 03

A entrada de um cliente numa loja é muitas vezes sugerida por um impulso que poderá resultar de um ponto de interesse no interior da loja. Para que esta situação ocorra é necessário criar esse ponto de interesse através do destaque de um produto ou elemento do espaço, o que normalmente ocorre através da iluminação.

Neste exemplo, optou-se por colocar um candeeiro decorativo por cima de cada expositor, de modo a criar pontos de atracção ao cliente, dando um maior destaque aos produtos localizados no expositor.



Figura 172
Imagem virtual da loja-tipo com iluminação pontual directa, para destaque dos produtos.

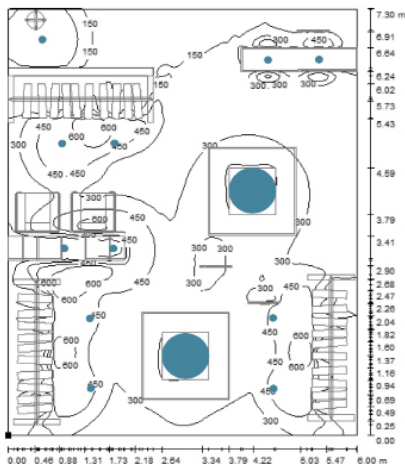


Figura 173
Mapa de linhas isométricas

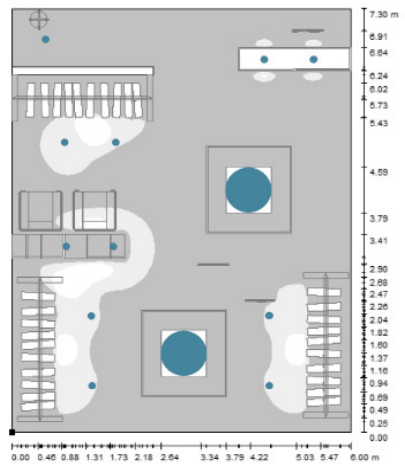


Figura 174
Mapa de escala de cinzentos

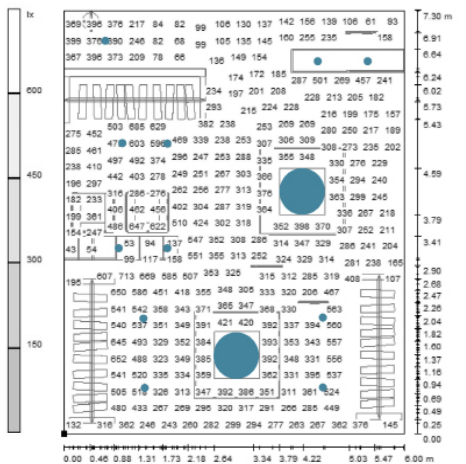


Figura 175
Mapa de valores

No interior da loja, é necessário criar pontos de atracção espalhados ao longo do percurso da mesma, de modo a fazer com que o cliente percorra todo o espaço. Esses pontos de atracção podem ser subtilmente evidenciados pela iluminação, orientando o cliente através do destaque dos produtos. Quanto melhor for definido o percurso, mais fácil será levar o cliente a observar todos os expositores da loja.

Em lojas de maior dimensão, poderá ser necessário criar um sistema de iluminação específico para indicação desse percurso, de forma a não criar confusão entre o espaço de exposição e a zona de circulação [6].

Nas figuras seguintes podem ser observados alguns exemplos de lojas onde esta estratégia de iluminação se encontra presente.



Figura 176
Exemplos de ponto de atração na loja.



Figura 177
Exemplo de loja com dois sistemas de iluminação: pontual (produto) + difusa (circulação)

Além de criar o ambiente necessário e guiar o cliente, a iluminação também molda e cria ilusões espaciais.

Assim sendo, é possível criar a ilusão de diminuição das dimensões do espaço através da iluminação das paredes. Este, sofrerá uma redução visual, pois, ao se encontrarem destacadas, as paredes apresentar-se-ão visualmente mais próximas de quem percorre o espaço.

Numa situação oposta, em que o espaço tem dimensões reduzidas e se pretende criar um efeito de maior dimensão, a iluminação deverá ser realizada de uma forma mais pontual, com maior incidência sobre o próprio produto e sem qualquer incidência nas paredes. Desta forma, ao não se encontrar destacado o limite do espaço, este prolonga-se visualmente, criando uma sensação de maior conforto no cliente.



Figura 178
Iluminação centrada nos produtos. Sensação de continuidade no espaço.



Figura 179
Iluminação das paredes limite. Sensação de diminuição da área do espaço.



Figura 180
Exemplo de loja com efeito de continuidade do espaço.



Figura 181
Exemplo de loja com o efeito de diminuição do espaço.

O mesmo tipo de ilusões visuais podem ser estabelecidas no que respeita às dimensões do pé direito da loja. Assim sendo, se a loja apresenta um pé direito baixo, ao ser criada uma sanca de luz em todo o limite do tecto, irá criar a sensação de flutuação do mesmo ao quebrar o limite entre o tecto e a parede, parecendo existir uma continuidade da parede além do próprio tecto.

Quando o problema é exactamente o oposto, ou seja, um pé direito bastante elevado, uma das soluções será recorrer a luminárias de suspensão que além de criarem pontos de interesse a uma cota menos elevada em comparação ao tecto

e também direccionar a iluminação para a cota inferior, mantendo o tecto na penumbra. Desta forma, o pé direito é visualmente compreendido como a cota das luminárias suspensas.

Desta forma poderemos criar um projecto de iluminação equilibrado com vista à adaptação dos produtos comercializados ao espaço existente e à criação de um ambiente confortável e agradável ao cliente.



Figura 182
Iluminação com sanca: sensação de pé direito mais elevado.

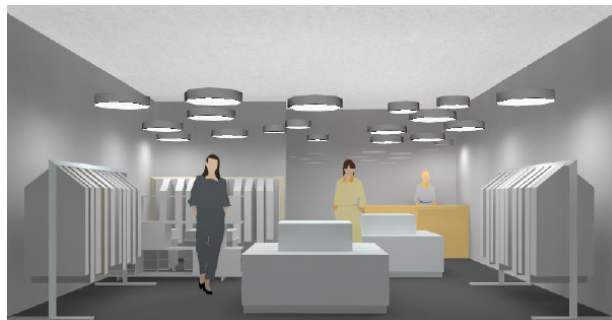


Figura 183
Iluminação com suspensões: sensação de pé direito mais baixo.



Figura 184
Exemplo de loja com iluminação com sanca.



Figura 185
Exemplo de loja com iluminação com suspensões.

Apesar da evolução tecnológica da iluminação artificial, é importante que o projecto arquitectónico apresente o máximo de aproveitamento de luz natural possível, e esteja equilibrado com o projecto de iluminação artificial, de forma a complementarem-se. A presença da luz natural é importante para o bom funcionamento do organismo humano. Assim, é fundamental conhecer as formas de controlo da luz artificial de modo a criar cenários semelhantes aos produzidos pela luz natural no decurso das várias fases do dia e do ano. Quanto melhor a luz artificial for projectada de acordo com as características da luz natural, maiores serão os benefícios para a saúde e produtividade do ser humano.

2.4 PARA UMA METODOLOGIA DO PROJECTO DE ILUMINAÇÃO

Ao desenvolver este processo de pesquisa e dissertação sobre a iluminação foi possível compreender o quão impossível é trabalhar a luz da mesma forma para espaços diferentes. No entanto, ao reconhecer que a iluminação se rege segundo vários princípios, (técnicos e estéticos) que compõem o espaço, compreendemos que, para elaborar um projecto de iluminação poderemos organizar esses mesmos princípios num método que ajudará à concretização dos objectivos pretendidos.

Assim sendo, apresento e discuto uma metodologia de projecto, que irá resumir por etapas, todos os temas abordados sobre o impacto da iluminação na arquitectura, segundo o qual o arquitecto poderá orientar-se ao trabalhar a luz artificial.



Figura 186
Esquema-resumo das várias etapas para concretização do projecto de iluminação

OBJECTIVOS DA ILUMINAÇÃO

Todo o espaço tem uma função e é sobre essa função que o arquitecto deverá trabalhar o espaço. Assim sendo, deveremos nomear todas as funções que serão requisitadas no espaço, sejam estas ligadas ao lazer, ao trabalho, à exposição de objectos, à venda de produtos, entre outros.

Com a definição da função, começamos por numerar as necessidades de iluminação, ou seja, se será um tipo de iluminação mais técnico, ou mais cénico, mais arquitectural ou mais decorativo, começando a excluir situações de iluminação e a pensar o espaço arquitectónico de acordo com a presença da luz, seja natural ou artificial.

ESTUDO DO ESPAÇO

Ao definir os objectivos que pretendemos atribuir a um espaço, deveremos iniciar o estudo do mesmo através de um levantamento das suas características: dimensões, pé direito, acabamentos, cores, texturas, presença de luz natural, disposição, localização geográfica do espaço envolvente, entre outros. Pretende-se assim construir a identidade do espaço.

Este levantamento será essencial para orientar e escolher o tipo de iluminação a colocar no espaço, de forma a concretizar os objectivos propostos.

DEFINIÇÃO DE ÁREAS

Seguidamente ao estudo do espaço, onde são identificadas as características construtivas principais, será necessário conhecer a sua estrutura interior, ou seja, consoante as funções a que se destina o espaço, saber como se encontram posicionados os equipamentos e outros elementos físicos existentes no mesmo, sejam estes mesas e cadeiras de escritórios, ou sofás colocados em zonas de relaxamento e lazer. Interessa-nos definir as áreas onde se desenvolvem os acontecimentos no espaço de forma a projectar a iluminação adequada para cada zona, ou para um todo, caso o espaço assim o permita.

MODELAÇÃO DO ESPAÇO

Após a definição das áreas existentes no espaço, deverão ser consideradas as necessidades de iluminação para cada uma, tendo em conta as características do espaço e os objectivos pretendidos. Assim sendo, poderemos então definir quais as características construtivas que queremos enaltecer, criando a iluminação para este efeito, ou quais os elementos cujo impacto visual pretendemos reduzir. Através desta visualização já se torna possível projectar os efeitos pretendidos no espaço, modelando a sua aparência visual através dos cenários provocados pela iluminação.

MANCHAS DE LUZ

Com a modelação do espaço, já nos é permitido reconhecer que efeitos de luz serão utilizados em cada área. Assim sendo, podemos começar a definir as manchas de luz que pretendemos, com atenção à temperatura de cor, às necessidades de restituição cromática, ou à minimização de encadeamentos.

Será realizado um estudo de ambientes, onde serão definidos os factores de luminâncias, de cromaticidade, de restituição de cor, de tonalidade e de adaptação visual aos contrastes, os níveis de iluminação e a qualidade de iluminação que é pretendida no projecto.

LUMINÁRIAS

Caso tenham sido realizados todos os passos anteriores, a escolha das luminárias será concretizada através das suas características técnicas, visto já terem sido anteriormente definidas as manchas de luz pretendidas. Desta forma, apenas precisamos encontrar as luminárias e seus acessórios complementares, tais como as ópticas, os reflectores e os difusores, que irão concretizar a mancha de luz pretendida com a utilização da lâmpada projectada.

Dentro do grupo de luminárias possíveis para o mesmo efeito, cabe ao arquitecto decidir qual a que apresenta o aspecto estético que melhor se enquadra no conceito definido para a iluminação. Haverá sempre a hipótese de se desenvolverem

situações únicas, sendo a luminária a acompanhar o projecto arquitectónico e não o projecto arquitectónico a acompanhar as luminárias. Parte também do arquitecto, considerar soluções criativas, cumprindo à mesma com toda a projecção realizada para a iluminação.

INTEGRAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NO PROJECTO ARQUITECTÓNICO

Com a definição das manchas de luz e a escolha das luminárias, é necessário integrar a iluminação no projecto de arquitectura. Esta é uma das fases críticas do trabalho do arquitecto pois é preciso compreender as características técnicas da mancha de luz pretendida, técnica ou cénica e quais as lâmpadas que poderão criar essas manchas de modo a adequar as luminárias numa integração perfeita no projecto arquitectónico. Esta fase é da total responsabilidade do arquitecto. Este, deverá criar formas de integração da iluminação no projecto de arquitectura, existindo deste modo um único conceito onde ambos se inserem, deixando a iluminação de se apresentar como um apêndice da arquitectura, antes se assumindo como parte construtiva da mesma.

NORMAS DA ILUMINAÇÃO

Um dos factores que poderá influenciar todo o projecto são as normas europeias da iluminação que definem parâmetros para alguns tipos de espaços existentes para alguns tipos de espaços existentes. Assim sendo, é necessário confirmar que as situações de iluminação protagonizadas se encontram de acordo com as normas estipuladas para a iluminação desses espaços. Caso não se verifique esta situação, será necessário repensar as manchas de luz, no que respeita à sua intensidade ou localização, bem como as luminárias, no que respeita à sua forma ou ao seu acabamento, sejam estes as ópticas, os reflectores ou difusores.

ESTUDO LUMINOTÉCNICO

Todo o projecto de iluminação concretizado para um espaço de trabalho, deverá ser completado e confirmado com um estudo luminotécnico sobre o mesmo. Através de programas de cálculo de luz, tais como o Dialux, é possível projectar num espaço virtual a iluminação pré-concebida. Desta forma e mesmo sabendo que poderão existir algumas diferenças entre o espaço virtual e o espaço real, poderemos concretizar todo o projecto de iluminação no espaço virtual de acordo com todas as características existentes no mesmo. Através dos cálculos, será possível compreender se a iluminação projectada para o espaço, se encontra dentro dos parâmetros definidos pela norma.

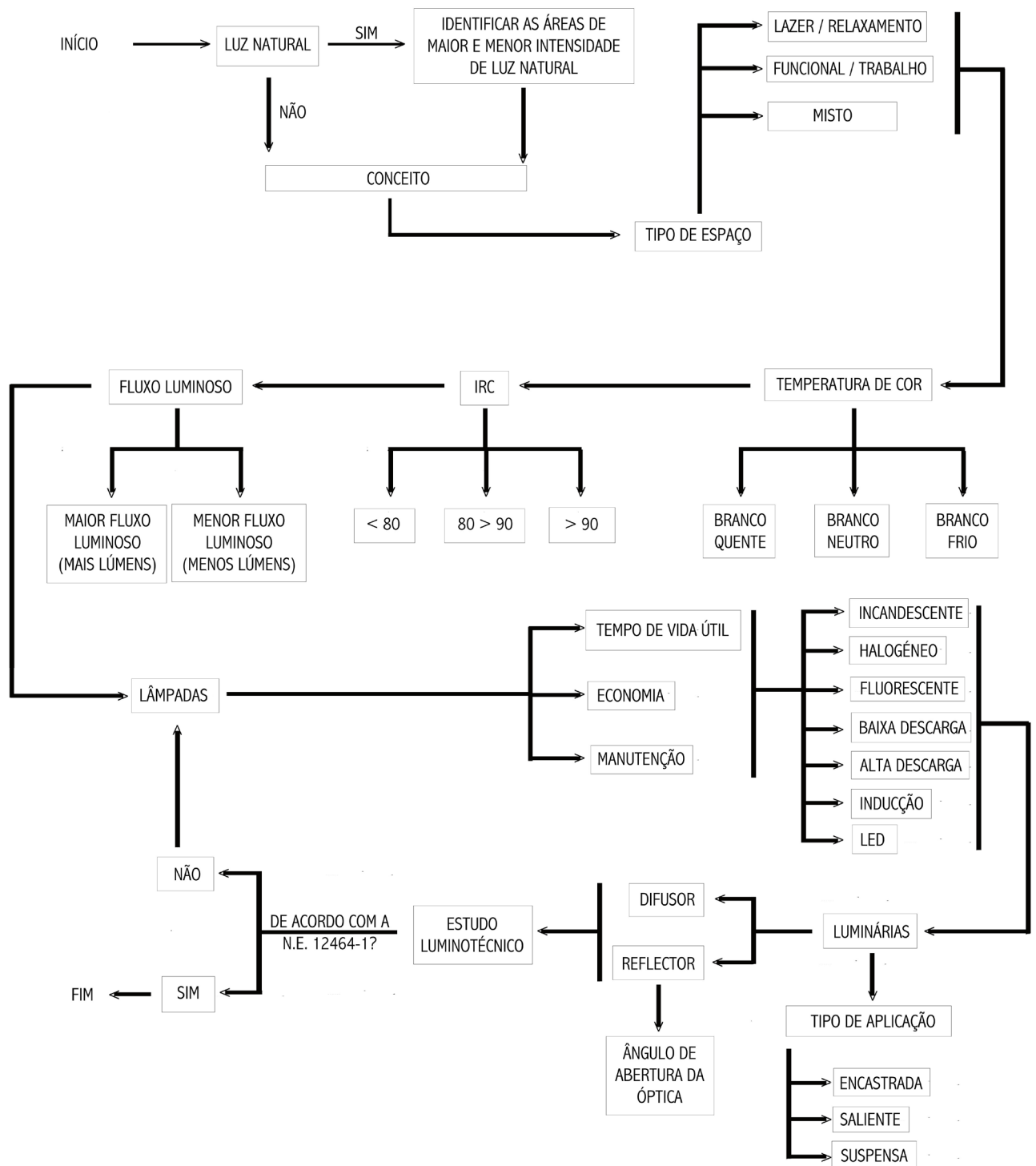
Esta etapa, sendo essencial para os espaços de trabalho, poderá também ser realizada em espaços de lazer de forma a podermos observar os ambientes projectados.

O estudo energético deverá ser sempre realizado no projecto de iluminação, no entanto, apesar de ser concretizado numa fase final do projecto, aquando se encontram estabilizados todos os níveis de iluminação no espaço, deverá estar presente em todas as etapas onde a luz é projectada.

Hoje em dia, estão disponíveis as várias ferramentas de iluminação que viabilizam um projecto de forma sustentável. Para isso é necessário ter muita atenção na escolha das lâmpadas e das luminárias a utilizar, e essa escolha deve ser concretizada com o conhecimento das características técnicas da mesma, ou seja, do consumo energético e do tempo de vida útil da lâmpada, da manutenção das luminárias, da existência de controlos de regulação das luminárias e intensidades de luz, de forma a realizar uma redução nos gastos energéticos directos através do consumo de electricidade da iluminação, ou indirectos pelo consumo dos elementos de ventilação que terão influência nos consumos devido ao aquecimento das lâmpadas num espaço.

Deverá ser então realizado um estudo energético, onde será comparada a energia consumida com o custo das luminárias, criando um plano de viabilização do projecto onde será contabilizado o tempo de retorno do investimento na iluminação, de forma a compreender se será económica e energeticamente viável a solução de iluminação projectada.

De forma a auxiliar o arquitecto no processo de projecto de iluminação segundo a metodologia apresentada, foi elaborado um esquema com início na análise da luz natural existente no espaço, sendo desenvolvido de acordo com as diversas etapas enunciadas na metodologia resumindo os temas enunciados neste trabalho com o objectivo de concretização do projecto de iluminação.



CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objectivo a contribuição para uma metodologia de projecto de iluminação integrada na concepção arquitectónica visando apoiar o arquitecto neste processo. De forma a cumprir com tal objectivo o método de trabalho baseou-se em exemplos reais e em casos de estudo virtuais. Estes casos contribuíram para a análise e avaliação das normas de iluminação existentes, permitiram abordar o conceito de integração da iluminação na concepção arquitectónica, criar diferentes cenários e abordagens na iluminação de acordo com tipologias de espaços correntes, através da modelação espacial com recurso à iluminação artificial.

Actualmente, o projecto de iluminação encontra-se desfasado do conceito arquitectónico, dado que o arquitecto não apresenta bases técnicas e metodológicas suficientes para a exigência de concretização do mesmo. Para tal, necessita de orientação, de bases técnicas e de métodos de trabalho que o apoiem neste processo.

Os resultados obtidos permitiram exemplificar, para situações de projecto correntes, as principais questões sobre iluminação associadas a cada caso particular e como as controlar.

Assim, a contribuição deste trabalho para um método projectual que integre a iluminação na concepção arquitectónica abrange fases essenciais tais como: 1) a concretização dos objectivos da iluminação de acordo com o espaço, 2) a definição das diferentes áreas existentes num espaço e a sua necessidade de modelação, 3) a selecção das manchas de luz que projectam o ambiente desejado, 4) a criação de um sistema de iluminação único para o espaço envolvente obtendo um único conceito para os dois projectos, arquitectónico e luminotécnico, 5) o conhecimento sobre as normas existentes e sua aplicação bem como sobre as ferramentas de trabalho disponíveis, com atenção à problemática da sustentabilidade energética.

Em todas estas fases, o arquitecto tem um papel essencial, pois a iluminação artificial apresenta não só um factor quantitativo, possível de calcular, mas também um factor subjectivo, que provém da experiência e da sensibilidade de quem projecta a iluminação. O papel do arquitecto consiste em, através da experiência e sensibilidade às questões estéticas e conceptuais de referência ao projecto de arquitectura, criar o conceito de iluminação integrado no conceito arquitectónico com base em noções técnicas e possíveis de concretizar pelos profissionais no ramo da iluminação.

Este trabalho contribuiu para um método projectual visando a integração da iluminação no projecto arquitectónico de forma a auxiliar o arquitecto na abordagem à iluminação nos seus projectos, restabelecendo desta forma o seu papel na iluminação.

DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Na concretização deste trabalho, surgiram temas para desenvolvimento de trabalhos futuros, tais como:

- aprofundar a modelação de outras tipologias funcionais, nomeadamente, salas de aula, escritórios, espaços expositivos, entre outros, de acordo com as suas necessidades específicas e características espaciais.
- desenvolver métodos de avaliação da satisfação dos utilizadores relativamente a diversos ambientes de iluminação, recorrendo a células de teste, espaços reais com diferentes possibilidades de cenários de luz, ambientes virtuais imersíveis, entre outros.
- desenvolver algoritmos específicos à integração da iluminação no projecto de arquitectura, criando a possibilidade de concretização de cálculo com fotometrias reais, que se realiza em programas como o Dialux, nos modelos 3D executados actualmente em programas para concepção virtual de projectos de arquitectura (Autocad, Revit, Sketchup, 3D Studio Max, etc).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A iluminação faz-nos entrar num novo contexto da arquitectura, onde nos apercebemos de cada alteração de iluminâncias e notamos cada diferença de temperatura de cor. Ao entrar num espaço, o olhar procura de forma inconsciente a solução criada para cada ambiente lançando um alerta constante a novas tendências ou soluções.

Ao entrar no contexto profissional na área da iluminação deparei-me com várias questões e obstáculos existentes no projecto de iluminação que me levaram a querer contribuir com um método que auxiliasse de uma forma simples a execução do projecto e sua integração na arquitectura. Segundo este objectivo, foi realizado um percurso suportado pela teoria e pela prática, onde se tornou indissociável a apresentação das bases teóricas da iluminação e de exemplos reais e simulações como forma de auxiliar a compreensão do impacto que a iluminação artificial tem no projecto arquitectónico. É desta forma, que esta dissertação ambiciona contribuir criando um manual para arquitectos, onde de uma forma resumida, se poderá encontrar uma orientação para iniciar a exploração deste tema nos projectos de arquitectura.

O tema da iluminação poderá sempre ser discutido e explorado das mais diversas formas devido à sua vertente subjectiva, e devido aos avanços constantes na tecnologia.

No entanto, gostaria de assistir às consequências desta dissertação através da concretização do objectivo fulcral da mesma, i.e., orientar os arquitectos segundo um método visando criar um projecto de iluminação que se apresente sincronizado com o conceito da própria arquitectura.

Assim sendo, os objectivos desta dissertação serão alcançados quando a iluminação artificial for concebida a partir do conceito subjacente ao projecto de arquitectura. Desta forma, o espaço arquitectónico será sentido como uma só peça, um espaço único, uma só obra.

“Penso que seria ideal se a luz fosse, em todo o projecto, tratada como um elemento construtivo (...).

Afinal, a obra final deve ser única. E isso é mais do que integrar a luz ao projecto: é sê-lo.”

Fernanda Carvalho, Arquitecta e Light Designer [12]

Grau de protecção das luminárias contra a penetração de corpos sólidos e líquidos de acordo com a norma europeia EN60529 (DIN 0470). O 1º algarismo diz respeito à resistência à penetração de corpos sólidos e o 2º algarismo à penetração de corpos líquidos:

1º algarismo - Protecção contra penetração de corpos sólidos:

- IP 0X sem protecção
- IP 1X protecção contra penetração de corpos sólidos de diâmetro maior ou igual a 50mm
- IP 2X protecção contra corpos de diâmetro maior ou igual a 12 milímetros.
- IP 3X protecção contra corpos de diâmetro maior ou igual a 2,5 milímetros.
- IP 4X protecção contra corpos de diâmetro maior ou igual a 1,0 milímetros.
- IP 5X protecção contra poeiras prejudiciais.
- IP 6X estanquicidade à penetração de poeiras.

2º algarismo - Protecção contra penetração de corpos líquidos:

- IP X0 sem protecção.
- IP X1 protecção contra queda vertical de gotas de água.
- IP X2 protecção contra queda de gotas de água até máximo de 15°
- IP X3 protecção contra chuva com ângulos até 60°
- IP X4 protecção contra projecções de água.
- IP X5 protecção contra jactos de água.
- IP X6 protecção contra projecções de água do género vaga do mar.
- IP X7 protecção contra imersão temporária.
- IP X8 protecção contra efeitos de imersão prolongada sob pressão

Índice de Resistência Mecânica

- IK 01 protecção contra o impacto de choque igual ou inferior a 0.15 J.
- IK 02 protecção contra o impacto de choque igual ou inferior a 0.20 J.
- IK 03 protecção contra o impacto de choque igual ou inferior a 0.35 J.

- IK 04** protecção contra o impacto de choque igual ou inferior a 0.50 J.
- IK 05** protecção contra o impacto de choque igual ou inferior a 0.70 J.
- IK 06** protecção contra o impacto de choque igual ou inferior a 1.00 J.
- IK 07** protecção contra o impacto de choque igual ou inferior a 2.00 J.
- IK 08** protecção contra o impacto de choque igual ou inferior a 5.00 J.
- IK 09** protecção contra o impacto de choque igual ou inferior a 10.0 J.
- IK 10** protecção contra o impacto de choque igual ou inferior a 20.0 J.

BIBLIOGRAFIA

LIVROS

- [1] Ganslandt, R.; Hofmann, H., 1992 – Handbook of Lighting Design, ERCO Edition.
- [2] Karcher, A.; Krautter, M.; Kuntzsch, D.; Schielke, T.; Steinke, C.; Takagi, M., 2005 - Light Perspective between culture and technology, ERCO Edition.
- [3] Major, M.; Speirs, J.; Tischhauser, A., 2005 - Made of Light, The Art of Light and Architecture, Birkhauser - Publishers for Architecture - Basel . Boston . Berlin
- [4] Brandston, H., 2008 - Learning to see, A Matter of Light. IESNA.
- [5] Rea, M., 2000 - The IESNA Lighting Handbook, IESNA 2010. 9 edition. Illuminating Engineering Society of North America in New York, NY, .

REVISTAS

- [6] Torres, C., 2008. Bares e Restaurantes - Sensações e estímulos provocados pela luz, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao31.html>
- [7] Sá, C., 2008. Iluminação Corporativa - A trajetória e os efeitos da luz nos ambientes de trabalho, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao24.html>
- [8] Godoy, P., 2005. Iluminação de Escritórios: Uma nova abordagem, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao13.html>
- [9] Gonçalves, G., 2005. O Light Designer e as suas diferentes áreas de atuação, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao13.html>
- [10] Chou, I., 2008. Iluminação de espaços comerciais: Luz adequada pode determinar o sucesso de supermercados, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao24.html>
- [11] Maio, M., 2008. Julio Takano: Sobre luz, merchandising e arquitetura, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao24.html>
- [12] Carvalho, F., 2007. A luz como elemento construtivo: Lições da exposição por Clarice Lispector, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao27.html>
- [13] Ritter, J., 2005. O que faz um bom Lighting Designer?, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao14.html>
- [14] Zielonka, E., 2004. Cultura do Projecto Luminotécnico: Ou a falta dela, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao9.html>
- [15] Castellan, E., 2007. Normas de aplicação em iluminação: O quê, por quê e para quê?, *Lume Arquitetura* [online]

- Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao26.html>
- [16] Feldman, D., 2004. Controles de Iluminação: Efeitos e eficiência , *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao9.html>
- [17] Pinto, D., 2004. Luminárias para interiores: e suas fotometrias, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao15.html>
- [18] (Redacção), 2004. Reatores: A importância do equipamento auxiliar, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao7.html>
- [19] Silva, M., 2005. Iluminação Econômica: Conforto e eficiência com lâmpadas compactas, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao12.html>
- [20] Felicissimo, A., 2004. Lâmpada Incandescente: A velha senhora que ainda faz sucesso, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao8.html>
- [21] Ericson, N., 2008. LEDs: Tecnologia do futuro a serviço do presente, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao31.html>
- [22] Pereira, D., Mueller, C., 2007. LEDs: Iluminação e Sustentabilidade: A integração entre luz natural e artificial, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao26.html>
- [23] Fonseca, I., Porto, M., 2005. Cor e Luz na Arquitetura: e suas possíveis influências sobre os usuários, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao14.html>
- [24] Nakayama, M., 2007. Cor e Luz na Arquitetura: e suas possíveis influências sobre os usuários, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao28.html>
- [25] Macian, L., 2005. Produto de grife: Iluminação com glamour, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao12.html>
- [26] Maio, M., 2004. Loja Flor, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao7.html>
- [27] (Redacção), 2004. Loja Bayard: Jogo de luz envolve e conquista o consumidor, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao10.html>
- [28] Cunha, M., 2003. Verdades e Versões: Em iluminação cada caso é um caso, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao4.html>
- [29] Cavallo, C., Maio, M., 2002. Do projecto à execução: A relação entre os light designers e as construtoras, *La Pro* [online] Available at: http://www.lumearquitetura.com.br/edicao_lp_1.html
- [30] Cavallo, C., 2003. Lâmpadas Fluorescentes: Temperatura de Cor e Índice de Reprodução de Cores, *Lume*

Arquitetura [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao1.html>

[31] Cassol, V., 2004. A luz empresarial: A iluminação como ferramenta nas estratégias de venda, *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao9.html>

[32] Cavallo, C., Stuckert, R., 2006. Palácio da Alvorada: Fórmulas sim, receitas jamais. *Lume Arquitetura* [online] Available at: <http://www.lumearquitetura.com.br/edicao19.html>

DOCUMENTAÇÃO LEGAL

[33] Norma Europeia 12464-1, Light and lighting – Lighting of work places Part 1: Indoor work places, Edição 2003

CURSOS/FORMAÇÕES

[34] Vajão, V. ; Brás, A. ; Telhado, P. ; Maneira, L., 2011. Curso de Iluminação - Nível Profissional. Centro Português de Iluminação, unpublished.

PROGRAMAS DE APOIO AO ESTUDO DA ILUMINAÇÃO

[35] DIALUX. Available at: <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download.html>

GLOSSÁRIO

Anodizado

De anodização: processo químico pelo qual o alumínio passa de modo a criar uma camada mais resistente de óxido na sua superfície, protegendo das agressões do ar, impedindo o processo de oxidação.

Brilho

Projecção de luz de intensa luminosidade que provoca situações de cansaço ou incapacidade visual por encadeamento.

Conforto visual

Situação em que a visão não se encontra em esforço face à luz existente no espaço.

Contraste

É a diferença nas propriedades visuais que faz com que um objecto seja distinguível de outros e do plano de fundo.

Difusor

Sistema óptico transparente em acrílico, policarbonato ou poliestireno, que permite difundir a luz e direccionar o fluxo luminoso numa distribuição uniforme, sem encadeamento.

Encadeamento

Perda temporária da visão causada pela projecção de luz de grande intensidade.

Espectro Visível

É a porção do espectro electromagnético cuja radiação é composta por fótons capazes de sensibilizar o olho humano de uma pessoa normal. O seu comprimento de onda situa-se entre os 400nm e os 750nm.

Especular (em reflexão especular)

É o reflexo espelhado da luz em uma superfície, no qual a luz de uma única direcção de entrada é reflectida em uma única direcção de saída.

Estanquicidade

É a definição dada a um produto que está isento de furos, trincas ou porosidades que possam deixar sair ou entrar parte de seu conteúdo.

Fluxo Luminoso

Quantidade de luz total emitida em todas as direcções por uma fonte de luminosa ou fonte de luz. A sua unidade de medida é o lúmen (lm) e é representado pelo símbolo matemático Φ .

Fotometria

Estudo da intensidade luminosa de uma luminária onde é colocada uma lâmpada de potência definida e constante, de modo a ser possível criar um sistema padrão de comparação directa de diferentes luminárias.

Índice de Restituição Cromática (IRC)

Índice de 0 a 100%, que tabela a restituição fidedigna das cores de uma lâmpada. Quanto maior for o valor do índice, melhor será a restituição cromática da lâmpada.

Infra - Vermelhos

É uma radiação não ionizante na porção invisível do espectro electromagnético que está adjacente aos comprimentos de onda longos, ou final vermelho do espectro da luz visível.

Intensidade Luminosa (I)

Representa a totalidade do fluxo luminoso emitido numa só direcção. A sua unidade de medida é a candela (cd).

Lamelas

Placas de alumínio de diferentes acabamentos que se colocam transversalmente ao reflector de modo a reflectir a luz e controlar os níveis de UGR.

Luminância (L)

É uma medida da densidade da intensidade de uma luz reflectida numa dada direcção. Refere-se ao brilho de uma superfície iluminada ou luminosa, observada pela vista. A sua unidade de medida é a candela / m² (cd/m²).

Luminária

É o aparelho que faz a ligação entre a lâmpada e o meio onde se encontra inserido. Serve não só para criar essa conexão entre a lâmpada e o espaço, como também exerce um papel de protecção da lâmpada maximizando o seu rendimento através de características específicas de cada tipo de luminária existente.

Luminotecnia

É a ciência que estuda e a correcta utilização da iluminação artificial em ambientes internos e externos.

Luz artificial

É a luz que não é gerada pelo Sol

Luz difusa

É a luz que se difunde de forma homogénea no espaço.

Luz directa

É a luz que se apresenta segundo uma direcção. Quando se encontra posicionada no tecto sem rotação é denominada de directa, quando têm qualquer rotação poderá ser denominada de dirigida, pois dirige-se a algo.

Luz rasante

É a luz que se projecta sobre uma linha tangente ao plano a iluminar.

Nível de Iluminação / Iluminância (E)

Indica o total de Fluxo Luminoso que incide numa dada superfície, que tem como unidade de medida o lux.

Opalino

De aspecto leitoso.

Payback

É o tempo decorrido entre o investimento inicial, neste caso relativo à aquisição das luminárias e lâmpadas no projecto

de iluminação, e o momento no qual o lucro líquido se iguala ao valor desse investimento.

Prismático

Um difusor prismático permite difundir com um maior ângulo de abertura, ou seja, devido à sua constituição geométrica a luz é também difundida em direcção perpendicular à da emissão.

Reflector

Sistema óptico de alumínio que recebe acabamento de anodização e selagem ou pintura em epóxi. Funciona como um espelho, reflectindo e direccionando a luz para um foco específico.

Relógio Biológico

É a denominação dada a toda e qualquer estrutura naturalmente presente nos seres vivos (ou dentro de um grupo de seres vivos) que de alguma forma permita uma previsão exacta ou quase exacta de quando algum evento vai ocorrer.

Rendimento

É a relação entre o fluxo luminoso (lúmen) e a energia consumida (Watt). Assim sendo, quanto menor for o rendimento, maior é o consumo em proporção ao fluxo luminoso emitido.

Saturação

É um parâmetro que especifica a qualidade de um matiz de cor pelo grau de mesclagem do matiz com a cor branca. Quanto maior for o grau de saturação de uma cor, mais viva será a apresentação da mesma.

Temperatura de Cor

É a denominação dada à aparência da cor da luz que é emitida por uma fonte. A temperatura de cor tem como unidade estabelecida os graus Kelvin (K). Quanto mais elevada for a temperatura de cor de uma lâmpada, mais azulada será. As tonalidades de cor referentes á temperatura de cor de uma lâmpada vão desde os amarelos até aos azuis.

Tonalidade

É a escala das cores representadas pelos comprimentos de onda desde o seu ponto maior de intensidade luminosa ao menor ponto luminoso.

Transformador

É um dispositivo destinado a transmitir energia eléctrica ou potência eléctrica de um circuito a outro, transformando tensões e correntes, modificando os valores das impedâncias eléctricas de um circuito eléctrico.

Ultra - Violetas

É a radiação electromagnética ou os raios ultravioleta com um comprimento de onda menor que a da luz visível e maior que a dos raios X, de 380 nm a 1 nm.

UGR

É o sistema que tabela os índices de encadeamento das luminárias. Os índices de UGR estão compreendidos entre 10 e 30, sendo que quanto maior for o índice, maior é o encadeamento provocado pela luminária.