

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE BELAS ARTES



PRÁTICAS DE ILUMINAÇÃO ATRAVÉS DE MÉTODOS NATURAIS E ARTIFICIAIS
APLICADOS AO DESIGN DE INTERIORES -
UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL

IDA CAMILA DANTAS GRANJA Nº 5474

MESTRADO EM DESIGN DE EQUIPAMENTO –
ESPECIALIZAÇÃO EM DESIGN URBANO E DE INTERIORES

2011/2012

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE BELAS ARTES



PRÁTICAS DE ILUMINAÇÃO ATRAVÉS DE MÉTODOS NATURAIS E ARTIFICIAIS
APLICADOS AO DESIGN DE INTERIORES -
UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL

IDA CAMILA DANTAS GRANJA Nº 5474

DISSERTAÇÃO ORIENTADA PELO PROF. DOUTOR RAUL CUNCA
E CO-ORIENTADA PELO PROF. DOUTOR CRISTÓVÃO PEREIRA VALENTE

MESTRADO EM DESIGN DE EQUIPAMENTO –
ESPECIALIZAÇÃO EM DESIGN URBANO E DE INTERIORES

2011/2012

“A luz natural é uma dádiva da natureza. À medida que o homem civilizado aprende a utilizar fontes artificiais de luz que o libertam de uma dependência total da luz natural, vai igualmente aprendendo a apreciar o valor desta luz e a tomar consciência das suas vantagens peculiares”.

HOPKINSON; PETHERBRIDGE; LONGMORE, Iluminação Natural, 1975

Dedico este trabalho ao meu marido, André Luiz, que em todos os momentos esteve ao meu lado, sempre me encorajando a seguir em frente e nunca desistir. Também o dedico aos meus pais, Dorgeval e Conceição, aos meus pais de coração, Elio e Alice, e aos meus irmãos Igor, Janaína e Rubens, que, com amor, incentivo e motivação, acompanharam o meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente quero agradecer ao meu orientador o Professor Doutor Raul Cunha e ao co-orientador o Professor Doutor Cristóvão Valente Pereira, pela disponibilidade e empenho que demonstraram em me orientar, contribuindo para concretização desse trabalho.

Sou grata a minha família, que apesar da distância, sempre esteve presente em pensamentos e orações, pois, sem o apoio, carinho e dedicação daqueles que amo, eu nunca estaria aqui.

Em especial, quero agradecer ao meu marido pelo companheirismo, afecto, paciência e pela grande ajuda na revisão do trabalho escrito.

Também não posso deixar de agradecer as minhas meninas, Erica Gil e Joana Nunes, pela amizade e disponibilidade constante para me ajudar no que fosse necessário.

Ainda sou grata a família Gil e a família Alcobia, pessoas especiais que sempre me auxiliaram.

Meus sinceros agradecimentos a todos que me apoiaram e fizeram parte dessa etapa de minha vida.

Muito obrigado!

Ao longo dos anos, a iluminação tem passado por grandes transformações e, como o tema da sustentabilidade ganhou força e destaque, as empresas e designers dessa área também precisaram se adequar ao avanço tecnológico incentivado pela crescente responsabilidade com o meio ambiente. Nesse contexto, com base no uso consciente da luz, o foco passa a ser a iluminação eficiente e económica, seja ela natural ou artificial e, se possível, com a integração de ambas.

Deste modo, esta pesquisa aborda as práticas da iluminação natural e artificial aplicadas ao design de interiores com uma abordagem sustentável, apresentando possibilidades de iluminação e demonstrando através de cálculos, simulações e análises dos espaços interiores, a quantidade de luz necessária para obter conforto visual e, ao mesmo tempo, algumas das ferramentas luminotécnicas para atingir a eficiência energética. Para alcançar tal intento, o trabalho foi dividido em partes distintas: sustentabilidade e design, conceitos luminotécnicos, iluminação artificial, iluminação natural e, por fim, a apresentação de uma metodologia com a integração da luz natural e artificial, para o desenvolvimento de dois projectos luminotécnicos – um escritório e uma residência.

PALAVRAS-CHAVE: Design de Interiores, Ecodesign, Iluminação Natural, Iluminação Artificial, Projecto Luminotécnico.

ABSTRACT

Over the years, the lighting has gone through great changes and, as the theme of sustainability gained strength and prominence, the companies and designers of that area also had to adapt to technological advance encouraged by the growing responsibility with the environment. In this context, based on the conscious use of light, the focus becomes the efficient and economic illumination, whether natural or artificial, and where possible, with the integration of both.

Thus, this research deals with the practices of natural and artificial lighting applied to interior design with a sustainable approach, presenting various possibilities of lighting and proving through calculations, simulations and analyzes of the interior spaces, the amount of light required to obtain the visual comfort and, at the same time, some lighting tools to achieve the energy efficiency. To accomplish this aim, the work was divided into distinct parts: sustainability and ecodesign, illumination concepts, artificial lighting, natural lighting, and finally, the presentation of a methodology which integrate the natural and artificial lighting, to the development of two illumination projects – an office and a residence.

KEY-WORDS: Interior Design, Ecodesign, Natural Lighting, Artificial Lighting, Illumination Project.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE GERAL.....	v
ÍNDICE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABELAS.....	xxv
INTRODUÇÃO.....	27
DEFINIÇÃO DO TEMA.....	27
OBJECTIVOS.....	28
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	29
METODOLOGIA.....	30
CAPÍTULO I – SUSTENTABILIDADE E DESIGN.....	31
1.1 O SURGIMENTO DO CONCEITO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	31
1.2 O DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO SUSTENTÁVEL.....	35
1.3 CONCEITOS E DEFINIÇÕES DO ECODSIGN.....	38
1.4 ESTRATÉGIAS DO ECODSIGN.....	39
1.5 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)	42
1.6 DIRECTIVAS DE ECODSIGN PARA ILUMINAÇÃO.....	46

CAPÍTULO II – CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS	49
2.1 RADIAÇÃO SOLAR E A LUZ.....	49
2.2 FLUXO LUMINOSO (ϕ).....	50
2.3 INTENSIDADE LUMINOSA (I)	50
2.4 CURVA DE DISTRIBUIÇÃO LUMINOSA (CDL)	50
2.5 LUMINÂNCIA (L)	51
2.6 ILUMINÂNCIA (E)	52
2.7 EFICIÊNCIA LUMINOSA (η)	53
2.8 VISÃO E ILUMINAÇÃO.....	54
2.9 LUZ E COR.....	55
2.9.1 TEMPERATURA DE COR.....	56
2.9.2 ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE CORES.....	57
2.9.3 CORES NOS AMBIENTES.....	57
CAPÍTULO III – ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	59
3.1 TIPOS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	59
3.1.1 ILUMINAÇÃO PRINCIPAL.....	59
3.1.2 ILUMINAÇÃO SECUNDÁRIA.....	61
3.2 FONTES ARTIFICIAIS DE LUZ.....	63
3.3 TIPOS DE LÂMPADAS.....	63
3.3.1 LÂMPADA DE FILAMENTO.....	63
3.3.2 LÂMPADA DE HALOGÊNIO.....	64
3.3.3 LÂMPADA DE DESCARGA DE BAIXA PRESSÃO.....	65
3.3.4 LÂMPADA DE DESCARGA DE ALTA PRESSÃO.....	67
3.3.5 LEDs.....	70
3.3.6 LÂMPADAS ECONOMIZADORAS.....	73
3.4 LUMINÁRIAS.....	75
3.5 EQUIPAMENTOS AUXILIARES.....	76

3.6 SISTEMAS PARA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	78
3.7 CÁLCULO DA ILUMINAÇÃO GERAL.....	80
3.8 DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS.....	81
3.9 AVALIAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO.....	82
CAPÍTULO IV – ILUMINAÇÃO NATURAL	83
4.1 BREVE RETROSPECTIVA HISTÓRICA.....	83
4.2 A LUZ NATURAL.....	88
4.3 FONTES DE LUZ NATURAL.....	89
4.3.1 LUZ DO SOL.....	89
4.3.2 LUZ DO CÉU.....	89
4.4 REFLEXÕES DA LUZ NATURAL.....	90
4.5 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL.....	92
4.6 SISTEMAS AVANÇADOS DE ILUMINAÇÃO NATURAL.....	96
4.7 FACTORES QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS DA ILUMINAÇÃO NATURAL.....	98
4.8 FACTOR DE LUZ NATURAL.....	101
4.9 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA LUZ NATURAL.....	101
CAPÍTULO V – PROJECTO LUMINOTÉCNICO SUSTENTÁVEL.....	105
5.1 INTEGRAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL.....	105
5.1.1 EXEMPLOS DE INTEGRAÇÃO DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL.....	107
5.2 METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE PROJECTO LUMINOTÉCNICO.....	113
5.3 PROJECTO LUMINOTÉCNICO – ESCRITÓRIO.....	120
5.3.1 ABORDAGEM DO PROBLEMA / ANÁLISE DAS CONDICIONANTES – LEVANTAMENTO DE DADOS.....	122
5.3.2 ESBOÇO DO PROJECTO E DESENVOLVIMENTO DE OPÇÕES – ESCOLHA E DISTRIBUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	123
5.3.3 DEFINIÇÃO DOS PROBLEMAS E OBJECTIVOS – INTEGRAÇÃO DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL.....	131

5.3.4 AVALIAÇÃO E DECISÃO – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA LUZ.....	133
5.3.5 DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO.....	134
5.4 PROJECTO LUMINOTÉCNICO – RESIDÊNCIA.....	145
5.4.1 ABORDAGEM DO PROBLEMA / ANÁLISE DAS CONDICIONANTES – LEVANTAMENTO DE DADOS.....	146
5.4.2 ESBOÇO DO PROJECTO E DESENVOLVIMENTO DE OPÇÕES – ESCOLHA E DISTRIBUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	147
5.4.3 DEFINIÇÃO DOS PROBLEMAS E OBJECTIVOS – INTEGRAÇÃO DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL	154
5.4.4 AVALIAÇÃO E DECISÃO – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA LUZ.....	155
5.3.5 DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO.....	155
CONCLUSÃO.....	159
BIBLIOGRAFIA.....	165
CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS	175
ANEXOS	
ANEXO I – SISTEMAS PARA LUZ NATURAL.....	179
ANEXO II – DESENHO TÉCNICO – SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DO ESCRITÓRIO.....	185
ANEXO III – CENÁRIOS DE LUZ DO DIA DO ESCRITÓRIO – SIMULAÇÕES DA LUZ NATURAL – QUANTIDADE DE LUX.....	191
1. SALA DOS FUNCIONÁRIOS (OPEN SPACE).....	193
1.1 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU CLARO.....	193
1.2 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO.....	194

1.3 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU ENCOBERTO.....	195
1.4 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU CLARO.....	196
1.5 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO.....	197
1.6 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU ENCOBERTO.....	198
2. SALA DO DIRECTOR.....	199
2.1 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU CLARO.....	199
2.2 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO.....	200
2.3 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU ENCOBERTO.....	201
2.4 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU CLARO.....	202
2.5 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO.....	203
2.6 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU ENCOBERTO.....	204
3. SALA DE REUNIÕES.....	205
3.1 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU CLARO.....	205
3.2 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO.....	206
3.3 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU ENCOBERTO.....	207
3.4 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU CLARO.....	208
3.5 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO.....	209
3.6 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU ENCOBERTO.....	210
ANEXO IV – DESENHO TÉCNICO – SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DA RESIDÊNCIA.....	213

ANEXO V – CENÁRIOS DE LUZ DO DIA DA RESIDÊNCIA – SIMULAÇÕES DA LUZ NATURAL – QUANTIDADE DE LUX.....	215
1. QUARTO.....	217
1.1 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU CLARO.....	217
1.2 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO.....	218
1.3 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU ENCOBERTO.....	219
1.4 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU CLARO.....	220
1.5 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO.....	221
1.6 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU ENCOBERTO.....	222
2. SALA DE ESTAR, SALA DE JANTAR E COZINHA.....	223
2.1 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU CLARO.....	223
2.2 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO.....	224
2.3 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU ENCOBERTO.....	225
2.4 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU CLARO.....	226
2.5 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO.....	227
2.6 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU ENCOBERTO.....	228

ÍNDICE FIGURAS

Fig. 01 Metodologia da Investigação.....	30
Fig. 02 Processo de Desenvolvimento do Produto.....	36
Fig. 03 Estratégias para o Ecodesign – Lista de Verificação e Actividades.....	40
Fig. 04 Espectro Electromagnético.....	49
Fig. 05 Curva de Distribuição Luminosa.....	51
Fig. 06 Luminância	52
Fig. 07 Iluminância	52
Fig. 08 Eficiência Luminosa das Lâmpadas Eléctricas.....	54
Fig. 09 Temperatura de Cor – K (Kelvin).....	56
Fig. 10 Iluminação Geral.....	60
Fig. 11 Iluminação Localizada.....	60
Fig. 12 Iluminação de Tarefa.....	61
Fig. 13 Iluminação de Destaque.....	62
Fig. 14 Iluminação de Efeito.....	62
Fig. 15 Iluminação Decorativa.....	62
Fig. 16 Lâmpada Incandescente.....	64
Fig. 17 Lâmpada de Halogéneo.....	65
Fig. 18 Lâmpada Fluorescente.....	67
Fig. 19 Lâmpada a Vapor de Mercúrio.....	67
Fig. 20 Lâmpada de Luz Mista.....	68

Fig. 21 Lâmpada de Vapor de Sódio.....	69
Fig. 22 Lâmpada de Multivapores Metálicos.....	69
Fig. 23 LEDs.....	71
Fig. 24 Disposição Típica de Montagem para Luminárias de Iluminação Interior.....	81
Fig. 25 Egípto Antigo, Templo de Ammon, Karnak – Egípto, 1530a.c.....	83
Fig. 26 Grécia Antiga, Teatro de Dionísio, Atenas – Grécia, 410-330a.c.....	83
Fig. 27 Roma Antiga, Panteão, Roma – Itália, 120-124.....	84
Fig. 28 Arquitectura Bizantina, Basílica de Santo Apolinário, Ravena – Itália, 534-539.....	84
Fig. 29 Arquitectura Gótica, Catedral de São Vito, Praga – República Checa, 1340.....	84
Fig. 30 Arquitectura Renascentista, Basílica de São Pedro, Roma – Itália, 1506-1626.....	84
Fig. 31 Arquitectura Barroca, Trinity College, Cambridge – Inglaterra, 1676-1684.....	84
Fig. 32 Arquitectura Neoclássica, Petit Trianon, Versalhes – França, 1763.....	84
Fig. 33 Bauhaus, Walter Gropius, Dessau – Alemanha, 1919-1933.....	85
Fig. 34 Villa Savoye, Le Corbusier, Poissy – França, 1928.....	85
Fig. 35 Biblioteca de Viipuri, Alvar Aalto, Vyborg – Rússia, 1933-1935.....	86
Fig. 36 Fallingwater, Frank Loyd Wright, Pensylvania – EUA, 1937.....	86
Fig. 37 Crown Hall, Mies van der Rohe, Chicago – EUA, 1950-1956.....	86
Fig. 38 Catedral De Brasília, Oscar Niemeyer, Brasília – Brasil, 1958.....	86
Fig. 39 Igreja da Luz, Tadao Ando, Ibaraki – Japão, 1989.....	87
Fig. 40 Centro Galego de Arte Contemporânea, Álvaro Siza, Santiago de Compostela – Espanha, 1993.....	87
Fig. 41 Museu Kunsthaus Bregenz, Peter Zumthor, Bregenz - Áustria, 1997.....	87
Fig. 42 Museu de Arte Nelson Atkins, Steven Holl, Kansas City - EUA, 2001.....	87
Fig. 43 Prada, Herzog & de Meuron, Tokio - Japão, 2003.....	87

Fig. 44 Casa da Música, Rem Koolhaas, Porto – Portugal, 2005.....	87
Fig. 45 Componente do Céu.....	91
Fig. 46 Componente Reflectida Externa.....	91
Fig. 47 Componente Reflectida Interna.....	91
Fig. 48 Fachada Frontal do Nasher Sculpture Center em Dallas – EUA.....	108
Fig. 49 Pavilhão de exposição para telas e esculturas com sistema de iluminação natural, Nasher Sculpture Center em Dallas – EUA.....	108
Fig. 50 Cobertura curva de vidro suspensa por cabos de aço inoxidável e trama metálica de alumínio, Nasher Sculpture Center em Dallas – EUA.....	108
Fig. 51 Salas de Escritórios - Sede da Empresa Philips no Brasil, Cidade de Barueri – São Paulo.....	109
Fig. 52 Cafeteria – Sede da Empresa Philips no Brasil, Cidade de Barueri – São Paulo.....	109
Fig. 53 Fachada do Edifício – Grupo Editorial Il Sole 24 Ore – Milão – Itália.....	110
Fig. 54 Cobertura em Vidro Transparente Grupo Editorial Il Sole 24 Ore – Milão – Itália.....	110
Fig. 55 Sala de Investimento Banco Pactual – São Paulo – Brasil.....	111
Fig. 56 Sistema de Iluminação Artificial – Sala de Investimentos Banco Pactual – São Paulo – Brasil.....	111
Fig. 57 Salão de Atendimento Geral com Luminárias de Vapor Metálico e Sistema de Rebatimento, Banco Raiffeisen Landesbank – Innsbruck – Áustria.....	112
Fig. 58 Fachada com Sistema Prismático, Banco Raiffeisen Landesbank – Innsbruck – Áustria.....	112
Fig. 59 Metodologia para Elaboração de Projecto Luminotécnico com Abordagem Sustentável.....	114
Fig. 60 Componentes para Sistema Integrado.....	118
Fig. 61 Esquema para escolha do Sistema de Controlo da Luz Artificial.....	119
Fig. 62 Sala dos Funcionários (Opens Space).....	121
Fig. 63 Sala do Director.....	121

Fig. 64 Sala de Reuniões.....	121
Fig. 65 Luminária de Encastrar TBS460 - Gama SmartForm - Marca Philips.....	124
Fig. 66 Lâmpada Master TL5 de 28W – Marca Philips.....	124
Fig. 67 Quantidade de Lux Calculada em Função dos Equipamentos – Sala dos Funcionários (Open Space).....	124
Fig. 68 Luminária de Encastrar TBS411 - Gama SmartForm - Marca Philips.....	125
Fig. 69 Lâmpada Master TL5 de 32W – Marca Philips.....	125
Fig. 70 Quantidade de Lux Calculada em Função dos Equipamentos – Sala do Director.....	125
Fig. 71 Luminária Suspensa BPS800 – Gama DayWave – Marca Philips.....	126
Fig. 72 Luminária Encastrada BBG441 – Gama Spot Led – Marca Philips.....	127
Fig. 73 Quantidade de Lux Calculada em Função dos Equipamentos – Sala de Reuniões.....	127
Fig. 74 Sistema de Controlo da Iluminação Artificial – <i>LuxSense</i> – Philips.....	128
Fig. 75 Instalação do Sistema de Controlo da Iluminação Artificial – <i>LuxSense</i> – Philips.....	128
Fig. 76 Calibragem do Sistema de Controlo da Iluminação Artificial – <i>LuxSense</i> – Philips.....	128
Fig. 77 Estore Reflectante de Duplo Ângulo de Inclinação de Lamelas.....	129
Fig. 78 Posicionamento dos Sistemas de Iluminação Artificial e Natural - Sala dos Funcionários (Open Space).....	130
Fig. 79 Posicionamento dos Sistemas de Iluminação Artificial e Natural - Sala do Director.....	130
Fig. 80 Posicionamento dos Sistemas de Iluminação Artificial e Natural - Sala de Reuniões.....	131
Fig. 81 Quarto.....	145
Fig. 82 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha.....	145
Fig. 83 Luminária de Suspensão Circular - Linha Ecomoods - Marca Philips.....	148
Fig. 84 Lâmpada Master TL5 Circular de 40W – Marca Philips.....	148

Fig. 85 Luminária de Encastrar BBG 463 – Gama Zadora LED – Marca Philips.....	149
Fig. 86 Lâmpada Master LEDspot de 7 W – Marca Philips.....	149
Fig. 87 Quantidade de Lux Calculada em Função dos Equipamentos – Quarto.....	149
Fig. 88 Luminária de Suspensão Linear – Linha <i>Ecomoods</i> – Marca Philips.....	150
Fig. 89 Lâmpada Master TL5 de 21W – Marca Philips.....	150
Fig. 90 Luminária em Régua BCX414 – Gama <i>eW Profile Powercore</i> – Marca Philips.....	151
Fig. 91 Quantidade de Lux Calculada em Função dos Equipamentos – Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha.....	151
Fig. 92 Persiana RETROLux.....	152
Fig. 93 Posicionamento dos Sistemas de Iluminação Artificial e Natural – Quarto.....	153
Fig. 94 Posicionamento dos Sistemas de Iluminação Artificial e Natural - Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha.....	153

FIGURAS ANEXO

Fig. 01 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	193
Fig. 02 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	193
Fig. 03 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	193
Fig. 04 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	193
Fig. 05 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	194

Fig. 06 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	194
Fig. 07 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	194
Fig. 08 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	194
Fig. 09 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	195
Fig. 10 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	195
Fig. 11 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	195
Fig. 12 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	195
Fig. 13 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 9h Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	196
Fig. 14 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 12h Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	196
Fig. 15 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 15h Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	196
Fig. 16 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 18 h Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	196
Fig. 17 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	197
Fig. 18 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	197

Fig. 19 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	197
Fig. 20 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	197
Fig. 21 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	198
Fig. 22 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	198
Fig. 23 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	198
Fig. 24 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	198
Fig. 25 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	199
Fig. 26 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	199
Fig. 27 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	199
Fig. 28 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	199
Fig. 29 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	200
Fig. 30 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	200
Fig. 31 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	200
Fig. 32 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	200
Fig. 33 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	201

Fig. 34 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	201
Fig. 35 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	201
Fig. 36 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	201
Fig. 37 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	202
Fig. 38 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	202
Fig. 39 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	202
Fig. 40 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	202
Fig. 41 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	203
Fig. 42 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	203
Fig. 43 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	203
Fig. 44 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	203
Fig. 45 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	204
Fig. 46 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	204
Fig. 47 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	204
Fig. 48 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	204

Fig. 49 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	205
Fig. 50 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	205
Fig. 51 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	205
Fig. 52 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	205
Fig. 53 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	206
Fig. 54 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	206
Fig. 55 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	206
Fig. 56 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	206
Fig. 57 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	207
Fig. 58 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	207
Fig. 59 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	207
Fig. 60 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	207
Fig. 61 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	208
Fig. 62 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	208
Fig. 63 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	208

Fig. 64 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	208
Fig. 65 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	209
Fig. 66 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	209
Fig. 67 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	209
Fig. 68 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	209
Fig. 69 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	210
Fig. 70 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	210
Fig. 71 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	210
Fig. 72 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	210
Fig. 73 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	217
Fig. 74 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	217
Fig. 75 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	217
Fig. 76 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 16h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	217
Fig. 77 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	218
Fig. 78 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	218

Fig. 79 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	218
Fig. 80 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	218
Fig. 81 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	219
Fig. 82 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	219
Fig. 83 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	219
Fig. 84 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	219
Fig. 85 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	220
Fig. 86 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	220
Fig. 87 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	220
Fig. 88 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	220
Fig. 89 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	221
Fig. 90 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	221
Fig. 91 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	221
Fig. 92 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	221
Fig. 93 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	222

Fig. 94 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	222
Fig. 95 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	222
Fig. 96 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	222
Fig. 97 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	223
Fig. 98 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	223
Fig. 99 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	223
Fig. 100 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	223
Fig. 101 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	224
Fig. 102 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	224
Fig. 103 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	224
Fig. 104 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	224
Fig. 105 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	225
Fig. 106 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	225

Fig. 107 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	225
Fig. 108 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	225
Fig. 109 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	226
Fig. 110 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	226
Fig. 111 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	226
Fig. 112 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	226
Fig. 113 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.	227
Fig. 114 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	227
Fig. 115 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	227
Fig. 116 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	227
Fig. 117 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	228
Fig. 118 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	228
Fig. 119 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	228
Fig. 120 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia.....	228

ÍNDICE DE TABELAS

Tab. 01 Fórmula da Luminância.....	51
Tab. 02 Fórmula da Luminância Simplificada.....	52
Tab. 03 Fórmula da Iluminância.....	52
Tab. 04 Níveis de Iluminância para Espaços Interiores.....	53
Tab. 05 Fórmula da Eficiência Luminosa.....	54
Tab. 06 Índice de Reprodução de cores.....	57
Tab. 07 Principais Informações e Utilização das Lâmpadas.....	72
Tab. 08 Sistemas para Luz Artificial.....	79
Tab. 09 Fórmula para o Cálculo da Iluminação Geral.....	80
Tab. 10 Componentes da Iluminação Natural.....	92
Tab. 11 Elementos de Controlo da Iluminação Natural e Componentes de Passagem.....	94
Tab. 12 Sistemas para Luz Natural.....	97
Tab. 13 Fórmula Factor de Luz do Dia.....	101
Tab. 14 Integração da Luz Natural e Artificial – Escritório.....	132
Tab.15 Avaliação do Consumo Energético do Escritório – Cenário 1 e Cenário 2.....	138
Tab.16 Avaliação do Consumo Energético do Escritório – Cenário 3 e Cenário 4.....	144
Tab. 17 Integração da Luz Natural e Artificial – Residência.....	154

TABELAS ANEXO

Tab. 01 Classificação dos Sistemas para Luz Natural com Protecção Solar 1/3.....	181
Tab. 02 Classificação dos Sistemas para Luz Natural com Protecção Solar – 2/3.....	182
Tab. 03 Classificação dos Sistemas para Luz Natural sem Protecção Solar – 3/3.....	183

DEFINIÇÃO DO TEMA

A partir de discursões entre as organizações internacionais, foram criados modelos e directrizes para promover um equilíbrio entre o crescimento económico estável, a equidade social e a protecção ambiental. Esses três pilares da sustentabilidade visam uma harmonia coerente e viável para a sociedade a longo prazo.

Actualmente, sabe-se que a relação entre os princípios da sustentabilidade no design está a se tornar uma das principais condicionantes para o desenvolvimento de produtos. O ecodesign e a avaliação do ciclo de vida vêm conquistando maior expressão no processo produtivo, sendo introduzidos cada vez mais nas estratégias empresariais que visam a competitividade sustentada.

Nesta pesquisa, tem-se como propósito abordar a temática relacionada com as práticas de iluminação através de métodos naturais e artificiais aplicados ao design de interiores com uma abordagem sustentável. Requisitos básicos da iluminação como o nível de iluminância, a temperatura de cor e o índice de reprodução das cores das lâmpadas, o tipo de luz e sua distribuição conforme cada actividade, são aspectos que os projectistas devem considerar para criar uma boa iluminação e proporcionar melhor qualidade de vida nos diversos espaços em que habitamos.

A integração da luz natural com a iluminação artificial pode garantir e proporcionar qualidade e conforto para o ambiente interior, além de garantir a eficiência energética, desta maneira, valorizando o projecto de iluminação. Assim, os conhecimentos das novas tecnologias de iluminação promovem soluções mais económicas e sustentáveis para o meio ambiente.

De acordo com o tema proposto nesse trabalho, primeiramente foi realizada a exposição de aspectos técnicos sobre os conceitos luminotécnicos e, posteriormente, foi definida uma metodologia para um projecto de iluminação de interiores, com a integração da luz natural e artificial, tendo em mente que este pode ser adaptado conforme as necessidades específicas de cada projecto, seja uma residência, um escritório, uma escola, um salão, entre outros espaços. Para melhor compreensão dos aspectos teóricos apresentados, bem como para perceber a aplicabilidade dos mesmos, também foram realizados dois projectos luminotécnicos de interiores: um escritório e uma residência situados na cidade de Lisboa.

OBJECTIVOS

• Objectivo Geral

Essa investigação tem como objectivo geral abordar as práticas e tecnologias de iluminação através dos métodos naturais e artificiais, esta pesquisa constituiu-se num “manual teórico”, ao expor uma metodologia com os princípios básicos para a construção de projectos de iluminação de interiores, e, mais importante, a aplicação destes com uma abordagem sustentável. Para melhor compreensão, as informações recolhidas e produzidas foram dispostas em dois seguimentos: teórica e prática. Assim, foram abordados os conceitos sobre a iluminação natural e artificial e, em seguida, foi desenvolvido dois projectos luminotécnicos com sistemas integrados de luz artificial e natural, visando atingir a sustentabilidade no espaço interior através da eficiência energética.

• Objectivos Específicos

Descrever o conceito de desenvolvimento sustentável; Descrever o conceito de ecodesign e suas estratégias; Apresentar os métodos de iluminação artificial e as suas características; Apresentar os métodos de iluminação natural e as suas características; Seleccionar as melhores ferramentas existentes para a utilização da iluminação natural e artificial; Desenvolver uma metodologia para projectos de iluminação de interiores com a integração da luz natural e luz artificial; Realizar dois projectos de iluminação utilizando a metodologia proposta.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O primeiro capítulo aborda o tema da sustentabilidade, onde é apresentado a definição do conceito desenvolvimento sustentável. Em seguida, destaca-se a temática do desenvolvimento de produtos sustentáveis a partir dos princípios de ecodesign, esboçando um caminho que leva a criação de projectos baseados no conceito de ciclo de vida do produto.

No segundo capítulo, para uma melhor compreensão dos aspectos relativos à iluminação, foram apresentados os principais conceitos luminotécnicos. Desta maneira, foram abordados os conceitos de radiação solar, fluxo luminoso, intensidade luminosa, curva de distribuição luminosa, iluminância, luminância, contraste, visão e iluminação, luz e cores.

Já no terceiro capítulo, destacou-se o tema da iluminação artificial. Na primeira parte foram apresentados os tipos de iluminação, entre eles: o principal – iluminação geral, localizado e de tarefa, e, secundário – iluminação de destaque, efeito e decorativa. De seguida, foram expostos as fontes artificiais de luz. Para um projecto de iluminação é extremamente necessário conhecer os vários produtos existentes, desde os tipos de lâmpadas e de luminárias até os equipamentos auxiliares. Ainda neste capítulo, foi apresentado o cálculo para a iluminação geral e, também, uma forma simplificada para a distribuição das lâmpadas e luminárias.

O capítulo seguinte aborda o tema da iluminação natural, na qual é apresentada uma breve retrospectiva histórica de sua aplicação em vários projectos arquitectónicos, desde a antiguidade até o século XXI. Seguidamente, foram citadas as características das fontes de luz natural e, depois, foram relacionados os diversos tipos de sistemas e componentes para o controlo desta luz. O capítulo também inclui os aspectos quantitativos e qualitativos da iluminação natural para a realização de um projecto. Para concluir o capítulo, foram expostos os vários métodos utilizados pelos projectistas para avaliar o desempenho da luz natural.

No quinto e último capítulo, abordou-se a integração entre a iluminação artificial e a iluminação natural, bem como foram apresentados exemplos de projectos luminotécnicos que possuem essa integração. Na sequência, foi desenvolvida uma metodologia com as etapas necessárias para elaboração de um projecto de iluminação com uma abordagem sustentável. Por fim, utilizando a metodologia proposta, foram elaborados e descritos dois projectos luminotécnicos de um escritório e de uma residência.

METODOLOGIA

Para a concretização deste trabalho de investigação, foi necessário proceder à fundamentação teórica através da recolha bibliográfica, na qual procurou-se aprofundar o conhecimento sobre as práticas de iluminação natural e artificial, bem como sobre a sua aplicação ao design de interiores com uma abordagem sustentável.

A recolha das informações bibliográficas foram efectuadas a partir de livros, catálogos, revistas, teses, dissertações, monografias e dados da internet. Assim, este trabalho será o resultado da pesquisa, análise e tratamento das informações recolhidas, tratando-se, então, da dissertação para a conclusão do Curso de Mestrado em Design de Equipamento – na Especialidade de Design Urbano e de Interiores.

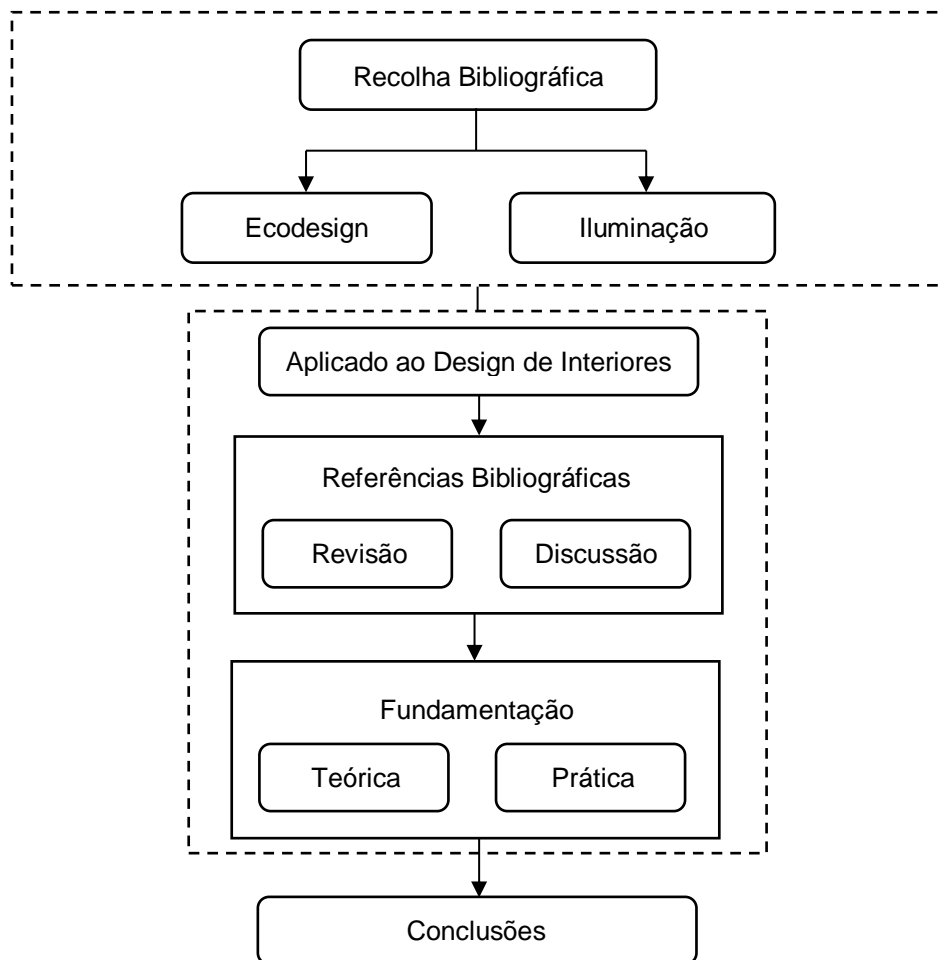


Fig. 01 Metodologia da investigação

CAPÍTULO I

SUSTENTABILIDADE E DESIGN

1.1 O SURGIMENTO DO CONCEITO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O aparecimento e a popularização do conceito de desenvolvimento sustentável ocorreu na segunda metade do século XX, em grande parte devido a um processo de conscientização da progressiva degradação do meio ambiente, dada as políticas de crescimento sem as devidas medidas de conservação da natureza. Desde então, principiaram os alertas para a conscientização de todos, chamando a atenção ao fato de que a exploração acentuada de recursos naturais não renováveis poderiam levar ao esgotamento dos mesmos e, conseqüentemente, ao colapso do meio ambiente e da cadeia produtiva. Tendo em mente as preocupações ambientais e económicas, foram coordenadas reuniões e debates entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento, sobre a relação entre o ambiente e o desenvolvimento económico.

A Comissão Brundtland¹, presidida pela primeira ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland, publicou o relatório *Nosso Futuro Comum (Our Common Future)* em 1987. «O Relatório Brundtland constitui um documento fundamental enquanto princípio orientador das futuras estratégias de crescimento económico e desenvolvimento humano.»² Este relatório descreve o estado do planeta e expõe a relação essencial entre o futuro das comunidades humanas e o meio ambiente.

¹ A Comissão Brundtland abriu um novo horizonte ao discurso ambiental, até então esquecido. Essa proposta, que rompeu com os antigos modelos económicos, foi a primeira a integrar o meio ambiente com o futuro económico, social e cultural das sociedades humanas. A Comissão Brundtland apresentou um novo paradigma fundado em uma relação de cooperação e de preservação da natureza que integra a humanidade. KAZAZIAN, Thierry - **Haverá a Idade das Coisas Leves: Design e Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo : Ed. Senac São Paulo, 2005. ISBN 979-85-7650-170-1. p. 26.

² SANTOS, Maria João Nicolau – **Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Empresarial**. Oeiras : Celta Editora, 2005. ISBN 972-774-223-8. p. 8.

É através da publicação do Relatório Brundtland que o conceito Desenvolvimento Sustentável passa a ser aceite em todo o mundo, servindo de guia à Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, Brasil em 1992. A Comissão Mundial para o Ambiente e o Desenvolvimento definiu o desenvolvimento sustentável da seguinte forma: «Um processo de mudança pelo qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, as mudanças técnicas e institucionais se harmonizam e reforçam o potencial actual e futuro de satisfação das necessidades dos homens.»³ A Cimeira do Rio, ou Cimeira da Terra, como passou a ser chamada, foi de grande importância para solidificar os três pilares do conceito de desenvolvimento sustentável – o social, o ambiental e o económico –, além de estimular a consciencialização internacional da urgência do estabelecimento de uma política de desenvolvimento sustentável a ser implementada a nível global.

As discussões sobre desenvolvimento sustentável foram iniciadas a partir de um longo processo de reflexão em torno das negociações internacionais conduzidas pela Organização das Nações Unidas (ONU). Foi através das diversas conferências e congressos internacionais para o estímulo da discussão sobre esse tema, que foi possível chegar à definição do conceito de desenvolvimento sustentável.

Este conceito foi enfatizado no Relatório de Brundtland, sendo difundido nas seguintes palavras: «Desenvolvimento Sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidades das gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades.»⁴ Ou seja, o objectivo é atingir um equilíbrio entre o crescimento produtivo, económico e os recursos naturais disponíveis, para que, assim, ocorra um desenvolvimento humano sem prejudicar as gerações futuras. Este relatório fortaleceu a ideia de que é necessário um maior esforço de todos para que seja alcançado o desenvolvimento sustentável ou “sustentabilidade ambiental”⁵.

Percebe-se, então, que a proposta de desenvolvimento sustentável procura soluções para garantir o sustento das gerações futuras e a preservação e a manutenção do meio ambiente

³ Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento. Montreal: Editions du Fleuve, 1988, (relatório Brundtland), traduzido do inglês “Our Common Future (1987). Apud BÜRGENMEIER, Beat - **Economia do Desenvolvimento sustentável**. Lisboa : Instituto Piaget, 2009. ISBN 978-989-659-004-8. p. 45.

⁴ CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – **Nosso Futuro Comum: Relatório Brundtland**. Rio de Janeiro : Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991. p. 46.

⁵ A expressão Sustentabilidade Ambiental refere-se às condições sistémicas a partir das quais as actividades humanas, em escala mundial ou em escala local, não perturbem os ciclos naturais além dos limites de resiliência dos ecossistemas nos quais são baseados e, ao mesmo tempo, não empobrecem o capital natural que será herdado pelas gerações futuras. MANZINI, Ezio - **Design para a Inovação Social e Sustentabilidade: Comunidades Criativas, Organizações Colaborativas e Novas Redes Projetuais**. Rio de Janeiro : E-papers, 2008. ISBN 979-85-7650-170-1. p. 22.

no longo prazo, preocupando-se, também, com o crescimento económico e a equidade social, com os problemas sociais, sanitários e éticos para que seja possível atingir um alto nível de qualidade de vida das pessoas. Desenvolver-se de forma sustentável corresponde a atingir o ponto de equilíbrio entre os três componentes: o meio ambiente – através da prudência ecológica; a nível social – através da justiça social; e económico – através da eficiência económica. «O desenvolvimento supõe uma transformação progressiva da economia e da sociedade. [...] Satisfazer as necessidades e as aspirações humanas é o principal objetivo do desenvolvimento.»⁶

Portanto, nota-se que o desenvolvimento sustentável apresenta três dimensões: **Económica** – regularização dos fluxos de investimentos, compatibilidade entre padrões de produção e consumo, acesso à ciência e tecnologia; **Ambiental** – a utilização dos recursos naturais deve minimizar os danos aos sistemas de sustentação da vida, redução dos resíduos tóxicos e da poluição, reciclagem de materiais e energia, conservação, tecnologias limpas e de maior eficiência e regras para uma adequada protecção ambiental; **Social** – visa a melhoria da qualidade de vida da população, equidade na distribuição de renda e diminuição das diferenças sociais. Assim, o modelo de desenvolvimento sustentável deve estimular e salvaguardar a convivência harmoniosa e o equilíbrio entre estas três dimensões, supondo uma transformação progressiva da economia e da sociedade, para que a última atinja o que foi definido como um dos seus direitos fundamentais: «Todos os seres humanos têm o direito fundamental a um meio ambiente adequado a sua saúde e bem-estar.»⁷

Para atingir esta proposta, é necessário considerar e refletir sobre qual é o papel do meio ambiente na economia, definindo estratégias para o desenvolvimento sustentável. Afinal, economia e ecologia estão integradas nas actividades do mundo real. Para tanto, será preciso mudar atitudes e objectivos para chegar as novas disposições institucionais em todos os níveis. Fica evidenciada, portanto, a importância da relação entre meio ambiente e o crescimento económico para o desenvolvimento sustentável.

Para ser coerente com os seus princípios de “Sustentabilidade Ambiental”, o desenvolvimento sustentável deve seguir alguns requisitos gerais para ser atingido, tais como: basear-se fundamentalmente em recursos renováveis (garantindo ao mesmo tempo a renovação); otimizar o emprego dos recursos não renováveis; não acumular lixo que o ecossistema não seja capaz de renaturalizar (isto é, fazer retornar às substâncias minerais

⁶ CMMAD. Op. cit. 1991. p. 46.

⁷ Ibid., p. 388.

originais e, não menos importante, às suas concentrações originais); agir de modo que cada indivíduo e cada comunidade das sociedades “ricas” permaneçam nos limites de seu espaço ambiental, enquanto cada indivíduo e comunidade das sociedades “pobres” possam efectivamente gozar do espaço ambiental ao qual potencialmente têm direito.⁸

Ao longo dos tempos, os povos foram para além das suas próprias fronteiras para conseguir matérias-primas essenciais, exóticas ou valiosas. Hoje, devido à maior expansão do comércio e dos movimentos de capital⁹, esse processo se ampliou e passou a ter vastas implicações ecológicas. Com isso, atingir a sustentabilidade requer grandes mudanças. Actualmente, a preservação do planeta tornou-se um movimento que visa diminuir os efeitos causados pela actividade humana no meio ambiente. Pois, juntamente com o desenvolvimento humano e, conseqüentemente, à actividade industrial, surgiu a questão da poluição ambiental.

Enquanto o desenvolvimento económico refere-se somente à geração de riqueza, a protecção ambiental diz respeito aos impactos no sistema natural e social, sendo que o último, na perspectiva da inclusão social, aborda os problemas relacionados com a má distribuição de rendimento, saúde e oportunidades.¹⁰ Desta maneira, o desenvolvimento sustentável exige mudanças de valores e atitudes para com o meio ambiente e o desenvolvimento, na verdade, para com a sociedade. Em 1991, a exigência era que os governos criassem medidas para colaborar, orientar e motivar a formação de novos valores que salientassem a responsabilidade individual e coletiva com o meio ambiente e a harmonia deste com a humanidade.¹¹ Hoje, alguns governos fazem a sua parte adequando-se a este processo, outros ainda estão longe de o fazer.

Desta forma, conclui-se que o desenvolvimento sustentável depende do equilíbrio entre o desenvolvimento económico, a protecção ambiental e a inclusão social, sendo importante

⁸ MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo - **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Os Requisitos dos Produtos Industriais**. São Paulo : Editora da Universidade de São Paulo, 2005. ISBN 85-314-0731-1. p. 28.

⁹ O capital de uma economia é composto pelo conjunto dos factores de produção e sua capacidade para produzir novos bens e serviços. Entretanto, o sistema económico ao criar transacções de mercado, podem provocar impactos na sociedade e no meio ambiente. Actualmente ocorrem mudanças para o progresso da economia industrial, para a melhoria da eficiência ecológica dos produtos, a preocupação com a eco-eficiência e para gerar uma menor carga da poluição ambiental. Esses factores tornam-se cada vez mais necessários para a competitividade e boa imagem das empresas. ROSA, Maria Teresa Pires – **Conceptualização do Desenvolvimento Sustentável: A sua Operacionalização no Âmbito da Governação Local Através dos Planos Municipais do Ambiente**. Dissertação de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais – Programa de Pós-Graduação do Departamento de Ciências e Engenharia de Ambiente, Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa : 2002. p. 54.

¹⁰ PEREIRA, João Vítor Inácio – **Sustentabilidade: Diferentes Perspectivas um Objectivo Comum**. Disponível em <http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/egg/v14n1/v14n1a08.pdf>. Acesso em 03 de Março de 2011. p. 11.

¹¹ CMMAD. Op. cit. 1991. p. 122.

modificar os actuais padrões ocidentais de consumo e de produção tecnológica, principalmente do ponto de vista comportamental, para ser possível alcançar a sustentabilidade em algumas destas dimensões. Assim, para mudar a qualidade do crescimento na esfera social, é necessário que a sustentabilidade, a equidade, a justiça social e a segurança estejam firmemente assumidas como os maiores objectivos sociais. A educação, a comunicação e a cooperação internacional podem contribuir para ajudar a alcançar estes objectivos. Logo, para alcançar o progresso sustentável, será necessário a erradicação da pobreza e da degradação ambiental, uma maior equidade na distribuição de rendimentos e o desenvolvimento de recursos humanos. Nota-se, portanto, que ainda são grandes os desafios para o desenvolvimento sustentável em todo o mundo.

1.2 O DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO SUSTENTÁVEL

A criação de novos produtos requer quantidades cada vez maiores de materiais e maquinários. Para isso, a indústria extrai matérias-primas naturais e introduz no meio ambiente produtos e, também, poluição. Os produtos fabricados exercem um impacto na base de recursos naturais disponíveis ao longo de todo o ciclo, desde a exploração de matérias-primas, sua transformação em produtos, consumo de energia, formação de resíduos, até o uso e eliminação dos produtos pelos consumidores.¹²

O produto concebido por uma empresa que preocupa-se com a sustentabilidade deve assegurar a traçabilidade¹³ durante seu ciclo de vida. Para isso, a empresa deve utilizar critérios ambientais através dos quais poderá quantificar e analisar o impacto poluidor, em maior ou menor grau, na água, no uso de energia, na quantidade e toxicidade dos dejectos, poluição do ar, etc.

Segundo Constança Peneda e Rui Frazão,

«O desenvolvimento dos produtos progride segundo uma espiral de actividades – design, fabrico, decisões de marketing – baseada no trabalho inter e multidisciplinar em todas as fases do processo. [...] Com a implementação deste tipo de abordagem

¹² Ibid., pp. 232-233.

¹³ O conceito traçabilidade é usualmente utilizado para indicar o rastreamento do percurso dos produtos, desde a origem até o descarte e/ou seu reprocessamento. KAZAZIAN. Op. cit. 2005. p. 55.

permite que as empresas reduzam a duração do ciclo do produto, originando produtos com mais qualidade e melhor performance.»¹⁴

O processo de desenvolvimento do produto pode ser estruturado conforme apresentado na Fig. 02. Este processo se inicia com a formulação de uma política na qual a empresa organiza os seus objectivos e as suas estratégias, onde são realizadas as análises dos problemas existentes. De acordo com a política formulada, a empresa inicia a fase de planeamento, a fim de estabelecer o tipo de produto e as oportunidades de mercado. Na fase do design, é executado o controlo e a melhoria da qualidade numa perspectiva económica e ambiental. Por fim, na fase de realização, destacam-se: produção, embalagem, distribuição, comercialização e utilização do produto.

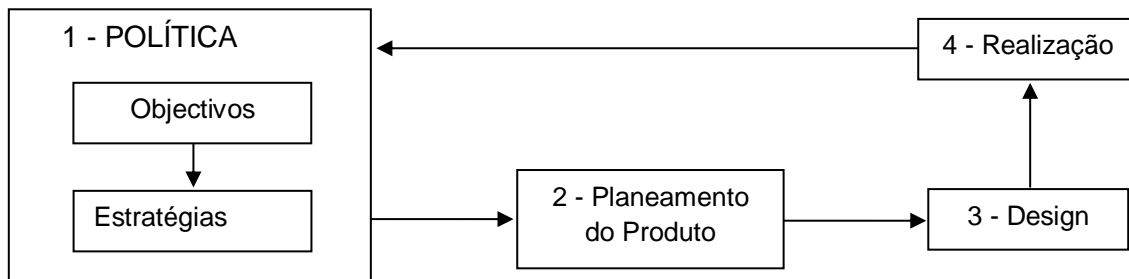


Fig. 02 Processo de Desenvolvimento do Produto

Segundo Victor Papanek, há pelo menos seis ciclos distintos que definem a criação e produção de um produto, como: a escolha dos materiais; os processos de fabrico; embalagem; acabamento; transporte; lixo.¹⁵ Como se nota, o produto criado passa por fases que podem gerar danos ao meio ambiente. Assim, os requisitos ambientais devem ser levados em consideração desde a primeira fase do desenvolvimento de um produto, pois é muito mais eficaz agir preventivamente do que procurar soluções de recuperação para os danos já causados.

Ezio Manzini e Carlos Vezzoli definem o papel do design industrial para o desenvolvimento de produtos sustentáveis como: «Uma actividade que liga o tecnicamente possível com o ecologicamente necessário, propondo novas estratégias que sejam aceitáveis culturalmente e socialmente».¹⁶ Tais acções podem ser estruturadas de distintas maneiras, como: ○

¹⁴ PENEDA, Constança; FRAZÃO, Rui - **Ecodesign no Desenvolvimento de Produtos**. Lisboa : INETI – Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, ITA – Institutos de Tecnologias Ambientais, 1995. ISBN 972-676-157-3. p. 13.

¹⁵ PAPANEK. Op. cit. 1995. pp. 31-34.

¹⁶ MANZINI; VEZZOLI. Op. cit. 2005. p. 20.

redesign de produtos já existentes – que leva em conta o ciclo de vida de um produto, melhorando a sua eficiência em termos de consumo de matéria e de energia, além de facilitar a reciclagem de seus materiais e a reutilização dos seus componentes; **O projecto de novos produtos ou serviços que substituam os actuais** – considerando a necessidade de uma boa apresentação de serviços e de uso dos produtos que sejam ecologicamente mais favoráveis em relação aos demais, exigindo que as novas propostas obtenham o reconhecimento dos consumidores; **O projecto de novos produtos-serviços intrinsecamente sustentáveis** – que considera um novo mix de produtos e serviços oferecidos de maneira mais sustentável e que seja socialmente apreciável de modo a superar a inércia cultural e comportamental dos consumidores; **A proposta de novos cenários que correspondam ao estilo de vida sustentável** – na qual os projectistas devem desenvolver produtos e serviços que promovam novos critérios de qualidade, procurando integrá-los às inovações socioculturais e que, ao mesmo tempo, sejam sustentáveis, socialmente aceitáveis e culturalmente atraentes.

Para alcançar a sustentabilidade no longo prazo, o desenvolvimento industrial terá que realizar mudanças exigentes em termos de qualidade, em particular nos países industrializados. Em geral, deve-se encorajar as indústrias e actividades industriais a se tornarem mais eficientes em termos de uso de recursos, mas, também, a gerarem menos poluição e resíduos; a aumentarem o uso de recursos renováveis e diminuïrem o uso de recursos não-renováveis; e, por fim, a minimizarem os impactos negativos irreversíveis sobre a saúde do homem e do meio ambiente. O planeamento industrial e os processos decisórios do governo e da indústria têm de levar em conta as questões relativas aos recursos e ao meio ambiente. Isso permitirá reduzir a quantidade de energia e o uso dos recursos requeridos pelo crescimento futuro, o estímulo à sua recuperação e reciclagem e, ainda, a diminuição dos dejectos.¹⁷

A empresa, ao desenvolver produtos sustentáveis, deve ter uma contínua preocupação em se aperfeiçoar na escolha responsável de materiais (utilizando uma quantidade mínima de recursos ambientais), de tecnologias de produção e pensando em suas funcionalidades. Para além da vertente ambiental, o design sustentável deve aprofundar suas propostas nas diferentes soluções técnicas, económicas e socialmente aceitáveis, considerando as condicionantes que determinam o ciclo de vida dos produtos e serviços. Desta forma, não basta vender um produto com a palavra Eco, mas, sim, deve-se oferecer para seus consumidores e para a sociedade em geral, soluções para garantir ou melhorar o bem-estar, consumindo menos recursos e regenerando a qualidade do seu contexto sócio ambiental.

¹⁷ CMMAD. Op. cit. 1991. pp. 238-244.

1.3 CONCEITOS E DEFINIÇÕES DO ECODESIGN

O Design se preocupa com o desenvolvimento de produtos, utensílios, máquinas, artefactos e outros dispositivos que, por sua vez, exercem uma influência profunda e directa sobre o meio ambiente. A resposta do Design deve ser positiva e unificadora, sendo a ponte de ligação entre as necessidades humanas, a cultura e a ecologia.¹⁸ Entretanto, os limites ambientais comprovam que a cada dia que passa, fica mais difícil conceber qualquer actividade de design sem confrontar o meio ambiente. Por conta disso, devem ser idealizados produtos que provoquem um baixo impacto ambiental ao serem produzidos, distribuídos, utilizados e eliminados/descartados.

Segundo Manzini e Vezzoli,

«Muitas vezes o encontro entre a atividade de projetar e o ambiente foi definido com o termo ecodesign [...] se entende genericamente uma aptidão projetual que tende a conceber artefactos levando em consideração os aspectos relativos ao seu impacto no ambiente.»¹⁹

Peneda e Frazão definem o ecodesign como sendo o desenvolvimento de produtos que tenham eficiência, qualidade, fiabilidade, funcionalidade, estética, imagem, ergonomia, custo e que sejam “ambientalmente conscientes”, diferenciando-se dos procedimentos comuns do design industrial, porque os atributos ambientais são considerados como objectivos e oportunidades.²⁰

Para estes autores, o ecodesign visa a concepção ecológica dos produtos, além de incentivar a criatividade e inovação, procurando prevenir ou reduzir os impactos negativos ao longo do ciclo de vida, bem como satisfazer as necessidades dos consumidores por produtos ambientalmente mais adequados. Isto é realizado através de um processo de desenvolvimento do produto que envolve os designers, os fabricantes e os fornecedores, todos tendo de considerar as relações sociais e culturais presentes no mercado de destino, assumindo, assim, o conceito de desenvolvimento sustentável.

Segundo Thierry Kazazian, referindo-se a opinião expressa por Papanek, o ecodesign é um processo que consiste em reduzir os impactos de um produto ao mesmo tempo em que conserva a sua qualidade de uso, funcionalidade, desempenho e durabilidade, para melhorar a qualidade de vida dos utilizadores de hoje e de amanhã. Segundo essa

¹⁸ PAPANEK. Op. cit. 1995. p. 31.

¹⁹ MANZINI; VEZZOLI. Op. cit. 2005. pp. 17-18.

²⁰ PENEDA; FRAZÃO. Op. cit. 1995. p. 15.

abordagem, o meio ambiente é tão importante quanto a viabilidade técnica, o controle dos custos e a procura do mercado.

Também há a perspectiva de Joseph Fiksel, referenciada no trabalho de Alcir Vilela e Jacques Demajorovic,²¹ que define o ecodesign como sendo uma consideração sistemática do desempenho de um projecto de produto com relação aos objectivos de saúde ambiental, segurança e sustentabilidade, tendo em conta, também, o ciclo de vida completo dos produtos, desde a fabricação, passando pelo uso do cliente, até chegar a disposição final, assim, tornando-os ecoeficientes.

Todos os conceitos e definições sobre o ecodesign acima apresentadas têm em comum o facto de abordarem o impacto ambiental durante o ciclo de vida do produto. Assim sendo, o ecodesign não significa apenas a criação de produtos, mas, também, trabalhar com critérios ambientais e, simultaneamente, com as exigências de qualidade para o desenvolvimento dos produtos. Ou seja, o ecodesign procura o aperfeiçoamento dos projectos, produtos e serviços, sempre levando em conta as considerações ambientais. O seu grande objectivo é reduzir os impactos ambientais causados ao longo do ciclo de vida do produto, desde a aquisição de matéria-prima, produção dos componentes, distribuição, venda, utilização até o descarte do mesmo.

1.4 ESTRATÉGIAS DO ECODESIGN

Sabe-se que por meio de uma avaliação qualitativa podem ser desenvolvidas estratégias para melhorar o desempenho ambiental de um produto. Uma abordagem importante do ecodesign corresponde à opção por diferentes estratégias que melhor possam ser aplicadas ao produto, tais como: design para o re-fabrico e reciclagem; design para a compostagem e incineração; design para a optimização do tempo de vida; substituição e reformulação; design para a optimização do processo; desmaterialização; design para a redução de energia. A seguir as estratégias estão melhor definidas.²²

A Fig. 03 apresenta uma lista de verificação e actividades que favorecem e, também, que devem ser evitadas no ecodesign. Em cada caso será necessária uma avaliação realista

²¹ VILELA, Alcir; DEMAJOROVIC, Jacques - **Modelos e ferramentas de gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. São Paulo : Editora Senac, 2006. ISBN 85.7359-497.7. p. 288.

²² PENEDA; FRAZÃO. Op. cit. 1995. pp. 37-46.

das necessidades e a procura ou combinação de medidas que melhor se apliquem a cada caso específico.

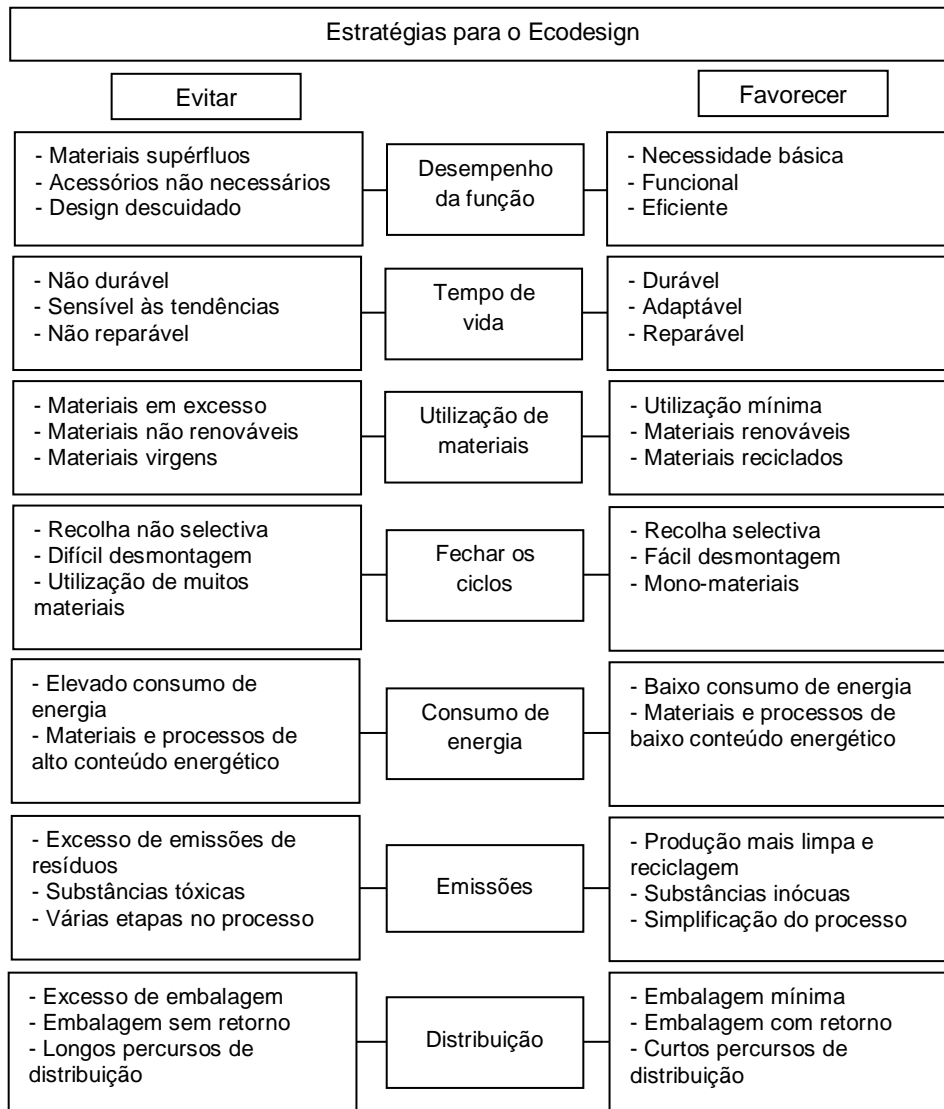


Fig. 03 Estratégias para o Ecodesign – Lista de Verificação e Actividades

• Design para o Re-fabrico e Reciclagem

As empresas que fabricam os componentes dos produtos para que sejam facilmente desmontados, adaptando-os melhor ao re-fabrico e reciclagem, porque podem ser várias vezes reciclados e utilizados em produtos diferentes antes da sua deposição final.

• **Design para a Compostagem e Incineração**

Os produtos podem ser concebidos para facilitar a compostagem ou serem totalmente biodegradáveis. Por exemplo, polímeros e filmes à base de amido podem substituir plásticos em várias aplicações.

• **Design para a Optimização do Tempo de Vida:**

Aumentar a durabilidade do produto através da identificação de seus pontos fracos, eliminando-os, o que pode reduzir directamente os seus impactos ambientais. Outro factor importante é permitir que o produto seja actualizado com novos componentes, o que permite uma poupança de recursos e uma menor produção de resíduos.

• **Substituição e Reformulação**

A substituição pode acontecer em relação ao produto completo ou às suas peças e materiais. Já a reformulação pode ser uma alternativa menos radical que a substituição. Ao invés da substituição total de um material por outro, o produto pode ser reformulado alternando apenas certas percentagens dos componentes para alcançar o resultado desejado.

• **Design para a Optimização do Processo**

Para se obter a optimização do processo de produção, o ideal é a utilização dos melhores equipamentos e tecnologias disponíveis. Devem ser tomadas acções para que ocorra uma maior conscientização ambiental em todos os sectores da empresa, para, deste modo, alcançar a eficácia dos equipamentos e procedimentos.

• **Desmaterialização**

Implica em uma mudança no papel do produto e na própria ideia, isto é, a venda do conceito de utilização do produto e não do próprio produto, o que pode ser aplicado a vários produtos, tais como: computadores, fotocopiadoras, aviões, equipamentos médicos, etc.. Esses equipamentos estão a ser alugados ao contrário de serem vendidos aos consumidores. O produto funciona como provedora de serviços, entretanto, a sua

aplicabilidade é ainda limitada e funciona melhor a nível colectivo do que a nível do consumidor individual.

• Design para a Redução de Energia

Existem produtos que utilizam grande quantidade de energia para o seu funcionamento, por exemplo: automóveis, electrodomésticos, lâmpadas etc.. Desta forma, os impactos ambientais associados a esse consumo podem ser maiores do que os impactos que resultam da sua produção e deposição final. Sendo assim, é importante projectar de maneira a reduzir o consumo durante a sua utilização, ou projectá-los para que utilizem fontes energéticas renováveis.

1.5 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)

O ciclo de vida do produto diz respeito às trocas entre o conjunto dos processos que o acompanham e o ambiente, desde a extracção dos recursos necessários para a produção dos materiais que o compõe, até o último tratamento desses mesmos materiais após o uso e descarte do produto.

Para uma compreensão mais pormenorizada dos efeitos ambientais dos produtos, pode ser aplicada a avaliação do ciclo de vida do produto. Esta metodologia compreende em definir metas para a produção e os limites do sistema, que identifica e avalia os impactos ambientais e gera soluções para reduzi-los.²³

A avaliação do ciclo de vida é uma ferramenta que permite avaliar o impacto ambiental, associado a um produto ou actividade durante seu ciclo de vida. Essa ferramenta também permite identificar quais estágios do ciclo de vida têm contribuição mais significativa para o impacto ambiental do processo, ou produto, estudado. Empregando a ACV é possível avaliar a implementação de melhorias ou alternativas para produtos, processos ou serviços.

²³ PENEDA; FRAZÃO. Op. cit. 1995. pp. 66-67.

Declarações ambientais sobre o produto podem se basear em estudos de ACV, bem como a integração de aspectos ambientais no projecto e desenvolvimento de produtos.²⁴

O ciclo de vida de um produto pode ser definido através das seguintes fases: pré-produção, produção, distribuição, uso e descarte.

• Pré-produção

A pré-produção é a fase em que são adquiridos os materiais, isto é, as matérias-primas utilizadas para a produção dos produtos. A escolha dos materiais pelo designer ou fabricante é de crucial importância para a confecção de um produto, o que se deve ao facto de ser necessário saber a procedência da matéria-prima, se ela é de origem renovável ou não renovável. Nesta fase, os passos fundamentais são: a aquisição dos recursos, o transporte dos recursos do lugar de aquisição para o lugar de produção e, a seguir, a transformação dos recursos em materiais. Os materiais são produzidos a partir dos recursos primários/virgens ou de recursos secundários/reciclados.²⁵ As matérias-primas renováveis são produzidas pela natureza e transformadas pelo homem, o seu tempo de renovação é inferior ou igual ao de uma vida humana. Trata-se de materiais de origem animal ou vegetal, como a lã, o algodão e a madeira.²⁶ Uma boa gestão de sua exploração assegura sua regeneração. Já as matérias-primas não renováveis encontram-se em quantidade limitada na Terra, por exemplo, o ferro, o carvão, o petróleo, etc..

A duração de sua reconstituição é muito superior à da vida humana. Utilizadas de forma intensiva, sem que uma gestão a médio ou longo prazo tenha sido implementada, as reservas se esgotam rapidamente.

²⁴ COLTRO, Leda – **Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão**. Campinas : CETEA/ITAL, 2007. ISBN 978-85-7029-083-0. p. 7.

²⁵ MANZINI; VEZZOLI. Op. cit. 2005. p. 93.

²⁶ Para regularizar o uso da madeira com o intuito de torná-la renovável, em 1993, foi criado o selo Forest Stewardship Council (FSC) por iniciativa de grandes ONGS internacionais de protecção ao meio ambiente. Esta iniciativa promove uma gestão florestal “ecologicamente apropriada, socialmente benéfica e economicamente viável” e concede a certificação “FSC”. As madeiras com esse selo vêm de florestas exploradas com respeito a preservação dos recursos florestais e a redução dos impactos de sua exploração no meio ambiente e o respeito aos direitos dos povos indígenas. KAZAZIAN. Op. cit. 2005. p. 42.

• Produção

É na fase de produção que se concretiza o produto, sendo nessa fase criadas estratégias para otimizar o processo produtivo e reduzir os impactos ambientais.²⁷ De forma geral, podemos estabelecer três momentos fundamentais na produção dos produtos: a transformação dos materiais, a montagem e o acabamento. A matéria-prima é transportada do local de pré-produção à fábrica e, no devido tempo, transportados para serem transformados em componentes. Após essa fase, os componentes serão montados com o objectivo de se obter o produto final. A maior parte dos produtos manufacturados requer uma grande variedade de materiais para serem produzidos, sejam directos ou indirectos. Os materiais directos são aqueles que, uma vez beneficiados, encontram-se no produto; enquanto os materiais indirectos estão incorporados nas instalações fabris e nos equipamentos para a sua produção.²⁸

• Distribuição

Para a fase de distribuição é fundamental caracterizar três momentos: a embalagem, o transporte e a armazenagem. O produto quando está acabado vai ser embalado, assim, garantindo a sua qualidade durante as várias fases de transporte e armazenagem. As embalagens podem trazer uma vantagem ambiental, pois, ao prevenir os danos no transporte, aumentam a vida média de um determinado lote de produtos. Também devem ser tomadas medidas para reduzir o peso da embalagem o que diminui a energia requerida para o transporte. Outra medida que pode ser tomada para diminuir o impacto ambiental é utilizar embalagens reutilizáveis ou recicláveis.²⁹ O transporte pode ser feito por vários meios – comboio, caminhão, navio, avião, etc. –, levando o produto para um local intermédio ou directamente para aquele em que vai ser utilizado ou adquirido pelo cliente final. Em princípio, faz parte desta fase não somente o consumo de energia para o transporte, mas, também, o uso dos recursos para a produção dos próprios meios de transporte utilizados, não esquecendo as estruturas para o seu armazenamento.³⁰

²⁷ ÁGUAS, Sofia Isabel Ressano Garcia Vasques Seabra – **Design de Candeeiros de Iluminação Pública para a Sustentabilidade do Espaço Público**. Tese de Doutoramento – Espaço Público e Regeneração Urbana: Arte, Teoria e Conservação do Património. Barcelona : Faculdade de Belas Artes da Universidade de Barcelona, 2009. p. 330.

²⁸ MANZINI; VEZZOLI. Op. cit. 2005. pp. 94-95.

²⁹ ÁGUAS. Op. cit. 2009. p. 331.

³⁰ MANZINI; VEZZOLI. Op. cit. 2005. p. 95.

• Uso

A fase de utilização do produto pode gerar impactos ambientais, entretanto, se na fase de produção forem inseridas estratégias para a optimização do uso do produto, como a eficiência energética, a fácil manutenção e reparação, etc., os impactos ambientais negativos podem ser consideravelmente reduzidos.³¹ Desta forma, o objecto consumirá uma mínima quantidade de energia durante a sua utilização. O uso de um produto absorve recursos materiais e energéticos para o seu funcionamento e produz, conseqüentemente, resíduos e refugos. Além disso, durante a vida útil do produto, são necessários serviços, como, por exemplo, reparos de possíveis danos ou mesmo a substituição de partes ultrapassadas; manutenção do produto que, por sua vez, resulta num melhor funcionamento e maior durabilidade.³² Contudo, é essencial diferenciar a duração de vida de um produto da sua duração de uso. A primeira é a capacidade de enfrentar o tempo, por isso, muito mais longa, enquanto a segunda é a capacidade de responder às necessidades e aos desejos do usuário. Portanto, a multiplicação dos objectos “inovadores” no nosso meio de consumo reduz, cada vez mais, a duração de uso de cada produto, que logo se torna “ultrapassado”.³³

• Descarte

Na etapa de descarte do produto existem várias opções para a sua eliminação, dentre as quais, a reutilização e a reciclagem, ambas com a finalidade de minimizar os impactos ambientais no fim de vida do produto. Optando pela reutilização, pode-se recuperar a funcionalidade do produto ou de qualquer componente, seja para a função anterior ou para uma nova função. O que é destinado à reutilização deve ser separado, recolhido e transportado. Em alguns casos, o produto pode ser refabricado ou reprocessado, isto é, submetê-lo a uma série de processos que permitem que seja reutilizado mantendo o aspecto de novo. No caso da reciclagem, são recuperadas as condições do material empregado ou o conteúdo energético do produto. Quando reciclado, o material reduz a necessidade de utilização da matéria virgem, bem como, poupa energia dos recursos associados à extracção, transformação, produção e transporte. Por fim, o que não é mais utilizado acaba por ser despejado em lixos urbanos, ou mesmo no meio ambiente. No caso dos despejos em centros legais de processamento de lixo, os produtos eliminados devem

³¹ ÁGUAS. Op. cit. 2009. p. 332.

³² MANZINI; VEZZOLI. Op. cit. 2005. pp. 95-96.

³³ Em menos de um século o número de objectos que nos cerca duplicou. Uma família de quatro pessoas que antigamente possuía entre 150 e 200 objectos, hoje possui entre 2 mil e 3 mil. Para ilustrar isso, a renda de um europeu médio dá acesso à mesma profusão de equipamentos que a renda de um milionário dos anos 1930. KAZAZIAN. Op. cit. 2005. p. 45.

ser devidamente recolhidos e transportados, e aqueles que contêm substâncias tóxicas devem ser tratados.³⁴

Integrar a ideia de ciclo na fabricação de produtos implica que, aos poucos, todos os produtos manufacturados adquiram uma nova função essencial: a de serem valorizáveis. A valorização designa toda a etapa de tratamento que dá lugar tanto à reutilização do produto ou de alguns dos seus componentes, como à recuperação de energia pela incineração de materiais ou via reciclagem. Idealmente, todos os elementos de um produto deveriam poder circular indefinidamente, ou, pelo menos, durante um período tão longo quanto possível nos sucessivos ciclos de utilização.

Como foi visto, o ciclo de vida nos leva a considerar o conjunto das fases que caracterizam um produto, desde a pré-produção até a sua eliminação. Por tudo o que já foi abordado sobre o desenvolvimento de produtos ambientalmente conscientes, deve-se ter em conta que, actualmente, devido aos limites ambientais, não é possível conceber qualquer actividade de design sem confrontar o conceito “sustentável”. Nesta perspectiva, os requisitos ambientais devem ser levados em consideração desde a primeira fase de desenvolvimento de um produto, sendo muito mais oportuno e eficaz agir preventivamente no início do projecto, do que procurar soluções de recuperação para os danos já causados.

1.6 DIRECTIVAS DE ECODSIGN PARA ILUMINAÇÃO

Hoje em dia, vários sectores industriais atravessam por um período de mudanças norteadas por novas legislações, que, supostamente, têm como objectivo aumentar a eficiência energética dos produtos e diminuir os impactos ambientais. Um desses sectores é o de iluminação, que actualmente procura desenvolver lâmpadas e equipamentos que contribuem para uma maior eficiência energética. As empresas de iluminação estão inserindo medidas de responsabilidade social e ambiental no desenvolvimento de produtos ecologicamente correctos, ou seja, que tenham menores quantidades de produtos químicos ou tóxicos em sua composição. Deste modo, estão disponíveis para consumo uma enorme gama de lâmpadas com etiquetas para distinguir as que são mais eficientes, do ponto de vista energético, das que são menos eficientes.

³⁴ MANZINI; VEZZOLI. Op. cit. 2005. pp. 96-97.

Em 2005 foi implementado a directiva EuP (Eco-Design Requirements for Energy-using Products, 2005/32/EC). Essa directiva define os requisitos de design que os produtos eléctricos e electrónicos têm de cumprir em relação ao impacto ambiental. O principal objectivo é minimizar os efeitos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida do produto, desde o seu desenvolvimento, produção, funcionamento e, por fim, até a sua reciclagem.

Em 2009, foi concebida a directiva ErP (Energy-related Products 2009/125/EC),³⁵ com o objectivo de modificar e eliminar as lâmpadas para iluminação doméstica que não cumpriam com os critérios de eficiência energética, bem como limitar e restringir equipamentos como, por exemplo, os balastros de baixa eficiência. Esta resultou na proibição da venda de todas as potências das lâmpadas incandescentes foscas e das lâmpadas claras com potências $\geq 100W$. Em 2010, foram afectadas as potências $\geq 75W$ e, em 2011, a potência de 60W também saíria do mercado.

Em paralelo, existem outras directivas como a WEEE (Waste from Electrical and Electronic Equipment), que trata da responsabilidade por parte dos fabricantes em realizar a colecta para reciclagem de todos os tipos de lâmpadas (excepto para lâmpadas incandescentes e halógenas), e suas respectivas luminárias e balastros. A WEEE tem como objectivo evitar que produtos electrónicos terminem em depósitos de lixo ou incineradores. Com a reciclagem, o ciclo de vida do produto está completo, promovendo a maior conscientização ambiental de todas as partes envolvidas.

Há, ainda, a directiva EEL (Energy Efficiency Label), que foi criada para auxiliar o consumidor na escolha de produtos com melhor eficiência energética, e a directiva RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances), que proíbe a utilização de substâncias perigosas – cádmio (Cd), mercúrio (Hg), cromo hexavalente (Cr(VI)), bifenilos polibromados (PBBs), éteres difenil-polibromados (PBDEs) e chumbo (Pb) – em equipamentos eléctricos e electrónicos. O conjunto dessas directivas demonstra que a indústria da iluminação mudou seu padrão de produção, tendo como intuito melhorar o desempenho energético de seus produtos ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Desta forma, concluímos que o tema da sustentabilidade entra no debate e na prática das empresas por conta das políticas ambientais, permeando, também, as empresas de produtos e serviços de iluminação. Todas as empresas podem encontrar na sustentabilidade

³⁵ A Directiva ErP (Energy related Products - Directiva 2009/125/EC) prevê que mais de um terço da electricidade utilizada no mundo para gerar luz, pode ser economizada através da utilização de uma iluminação mais eficiente, atingindo-se uma economia de mais de 900 TWh de electricidade por ano, a que corresponde uma redução das emissões mundiais de CO₂ em mais de 450 milhões de toneladas, ou seja, uma redução de 20% até 2020. Disponível em <http://www.voltimum.pt/news/803/cm/directivas-europeias-e-o-sector-da-iluminacao.html>. Acesso em 25 de Outubro de 2011.

um factor de inovação que as ajudem a reposicionar suas estratégias, associando nelas o respeito pelo meio ambiente.

Ao levar em consideração todos os requisitos aqui apresentados, pode-se pensar como o sistema de produção e de consumo das sociedades industriais contemporâneas ainda se encontram constante crescimento para conseguir atingir um completo equilíbrio ambiental e o desenvolvimento sustentável desejável para uma sociedade ambientalmente consciente. Actualmente, os ambientes e equipamentos que são criados e produzidos pelos designers dentro da vertente sustentável também provocam intervenções sobre o meio ambiente, porém, com as novas adaptações devido às necessidades de uso, produção e consumo, pode-se preservar ainda mais os recursos naturais para as gerações futuras, sendo essa uma das premissas do desenvolvimento sustentável.

O produto ao ser concebido, deve levar em conta todas as fases o conceito de ciclo de vida. Deste modo, todas as actividades necessárias para produzir, distribuir, utilizar e eliminar são consideradas em unísono, procurando, assim, minimizar todos os efeitos negativos possíveis. Entretanto, para o produto ou projecto ser considerado ecoeficiente, não é suficiente que ele satisfaça apenas os requisitos ambientais, ou seja, deve também satisfazer todas as necessidades do mercado, como os requisitos tecnológicos, económicos, legislativos, culturais e estéticos.

Fundamentalmente, o produto totalmente ecológico não existe, pois qualquer acção terá impacto ambiental. Portanto, pode-se afirmar que o desenvolvimento sustentável e o ecodesign são abordagens de melhora contínua. É neste sentido que o ecodesign não pode deixar de ser um desafio que as empresas, mais cedo ou mais tarde, terão de assumir e, para o qual, deverão se preparar. Assim, a crescente preocupação com a qualidade do meio ambiente, seja pelas empresas, seja pela conscientização da população, ou mesmo por força da legislação, faz com que surjam novas técnicas que auxiliam as empresas a participarem na construção de um modelo de produção ambientalmente sustentável e economicamente viável.

CAPÍTULO II

CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS

2.1 RADIAÇÃO SOLAR E A LUZ

Uma fonte de radiação emite ondas electromagnéticas com diferentes comprimentos. A radiação solar tem três espectros principais: o infravermelho, que é responsável pela sensação de calor; o espectro visível, ou seja, a luz; e o ultravioleta. Mauri Luiz da Silva define a luz como sendo uma onda electromagnética – percebida pelo nosso cérebro – com capacidade de reflectir em determinadas superfícies, sendo, então, visível ao olho humano.³⁶ Portanto, define-se a luz como a radiação electromagnética capaz de produzir uma sensação visual compreendida entre 380 e 780 nm (Fig. 04). A sensibilidade visual para a luz varia não só de acordo com o comprimento de onda da radiação, mas também devido à luminosidade.

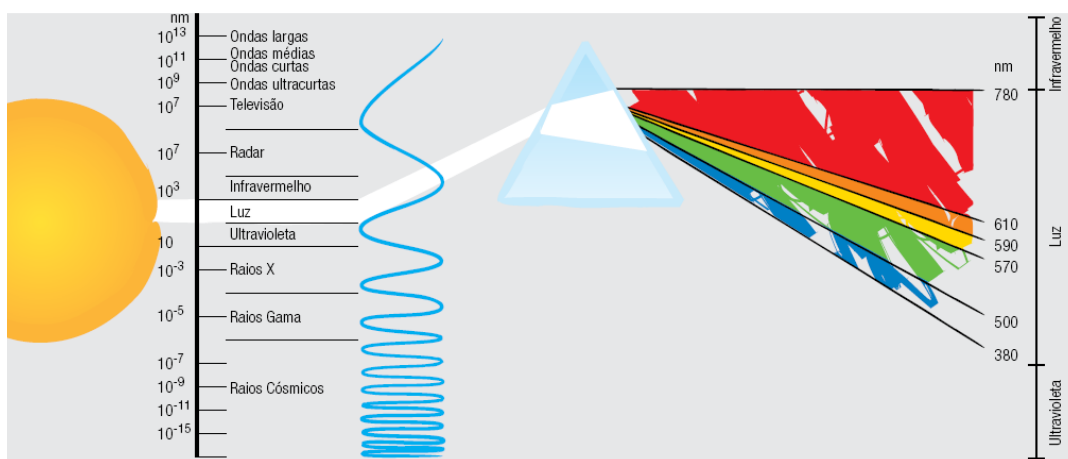


Fig. 04 Espectro Electromagnético

³⁶ SILVA, Mauri Luiz da – **Luz, Lâmpadas & Iluminação**. Rio de Janeiro : Editora Ciência Moderna, 2008. ISBN 8573933097. p. 20.

2.2 FLUXO LUMINOSO (Φ)

Pode-se definir o fluxo luminoso como sendo a quantidade de energia radiante emitida por unidade de tempo, a qual produz estímulos visuais dentro dos limites do espectro visível (\approx 400 a 800 nm), sendo avaliada de acordo com a sensação luminosa produzida. A unidade de medida que representa o fluxo luminoso é o lúmen (lm).³⁷

2.3 INTENSIDADE LUMINOSA (I)

A intensidade luminosa corresponde a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa numa determinada direcção. Essa direcção é representada por um vector, cujos comprimentos indicam as intensidades luminosas. A unidade que mede a intensidade luminosa é a candela (cd).³⁸

2.4 CURVA DE DISTRIBUIÇÃO LUMINOSA (CDL)

A curva de distribuição luminosa (Fig. 05) representa a variação da intensidade luminosa de uma fonte de luz num determinado plano para todas as direcções. Para a uniformização dos valores das curvas, essas são geralmente referidas a 1000 lm. Nesse caso, é necessário multiplicar-se o valor encontrado na CDL pelo Fluxo Luminoso da lâmpada e dividir o resultado por 1000 lm.³⁹

³⁷ GUERRINI, Délio Pereira – **Iluminação – Teoria e Projeto**. São Paulo : Editora Erica, 2007. ISBN 978-85-365-0180-2. p.25.

³⁸ Catálogo da Philips Portuguesa S.A. – **As Bases da Luz e da Iluminação**. Lisboa : 2007. p. 28.

³⁹ OSRAM – **Iluminação Conceitos e Projetos**. p. 25. Disponível em http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0262/Af_Apostila_Conceitos_e_Projetos.pdf. Acesso em 06 de Novembro de 2010 às 15h02min.

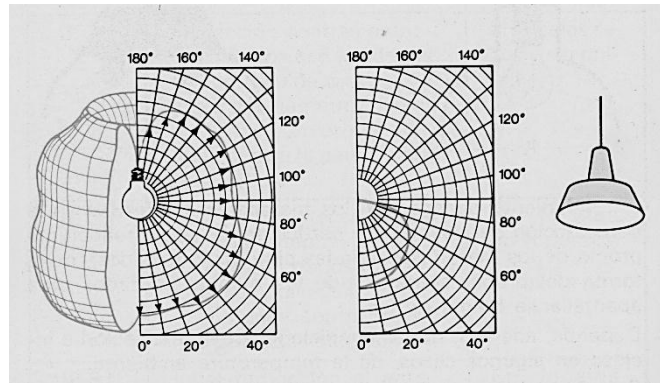


Fig. 05 Curva de Distribuição Luminosa

2.5 LUMINÂNCIA (L)

A luminância é definida como a quantidade de luz reflectida por uma determinada superfície (Fig. 06). Logo, esta depende tanto do nível da fonte luminosa quanto das características de reflexão da própria superfície. A unidade da luminância é a candela por metro quadrado (cd/m²).⁴⁰ A luminância pode ser determinada pela seguinte fórmula (Tab. 01).

Fórmula	Onde
$L = \frac{I}{A \times \cos \alpha}$	L = Luminância em cd/m ² = Intensidade Luminosa em cd A = Área projectada e m ² α = Ângulo considerado em graus

Tab. 01 Fórmula da Luminância

Como é difícil medir a intensidade luminosa que provém através da reflexão, pode-se recorrer a seguinte fórmula (Tab. 02).

⁴⁰ OSRAM. Op. cit. p. 26.

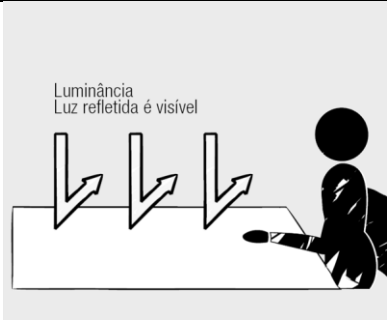
Fórmula	Onde	Luminância
$L = \frac{\rho \times E}{\pi}$	<p>L = Luminância em cd/m²</p> <p>ρ = Coeficiente de reflexão</p> <p>E = Iluminância sobre a superfície</p>	 <p>Luminância Luz refletida é visível</p>

Fig. 06 Luminância

Tab. 02 Fórmula da Luminância Simplificada

2.6 ILUMINÂNCIA (E)

A iluminância, que também é conhecida como o nível de iluminação, pode ser explicada como a medida da quantidade de luz, ou fluxo luminoso lúmens (lm), que incide sobre uma superfície por unidade de área (m²) e chega a um determinado ponto.⁴¹ Ela é definida pela fórmula apresentada na Tab. 03. A iluminância pode ser medida, mas não pode ser vista (Fig. 07). Esta depende da intensidade luminosa que é percebida através das diferenças na reflexão da luz incidente. Sua unidade é o lux, ou lm/m².

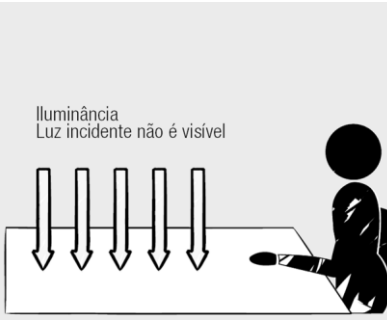
Fórmula	Onde	Iluminância
$E = \frac{\varphi}{A} = \frac{(lm)}{(m^2)} = lux$	<p>E = Iluminância (lux)</p> <p>φ = Fluxo Luminoso (lúmens)</p> <p>A = Área (m²)</p>	 <p>Iluminância Luz incidente não é visível</p>

Fig. 07 Iluminância

Tab. 03 Fórmula da Iluminância

⁴¹ OSRAM. Op. cit. p. 26.

A Tab. 04 apresenta os níveis de iluminância para os espaços interiores. Entende-se por iluminância a quantidade de luz incidente numa área expressa em lux (lx). Esta indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância dessa fonte. Quanto mais elevada a exigência visual da actividade, maior deverá ser o valor da iluminância média sobre o plano de trabalho.⁴²

Descrição de Actividades	Em (lx)
Circulação/ corredores/ escadas Garagem Residências (cômodos gerais) Restaurantes	150
Depósito Indústria (geral)	200
Sala de aula (escolas e faculdades)	300
Sala de leitura Escritórios Lojas (áreas de vendas) Laboratórios Indústrias áreas de montagem (actividades de precisão média)	500
Sala de desenho (arquitectura/ engenharia) Lojas (vitrines) Indústria áreas de inspecção (controlo de qualidade)	1000
Indústria (actividade de alta precisão)	2000

Tab. 04 Níveis de Iluminância para Espaços Interiores

2.7 EFICIÊNCIA LUMINOSA (η)

A eficiência luminosa de uma lâmpada é a relação entre o fluxo luminoso total emitido pela fonte e a potência por ela absorvida. As lâmpadas se diferenciam entre si não só pelos diferentes fluxos luminosos que irradiam, mas também pelas diferentes potências que

⁴² OSRAM – **Iluminação Conceitos e Projetos**. pp. 23-24.

consomem. Para poder compará-las, é necessário saber quantos lúmens são gerados por watt consumido.⁴³ Na Tab. 05, podemos visualizar a fórmula para calcular a eficiência luminosa das lâmpadas e, na Fig. 08, são apresentados os vários tipos de lâmpadas em ordem crescente e a sua eficiência luminosa dos lumens por watts.

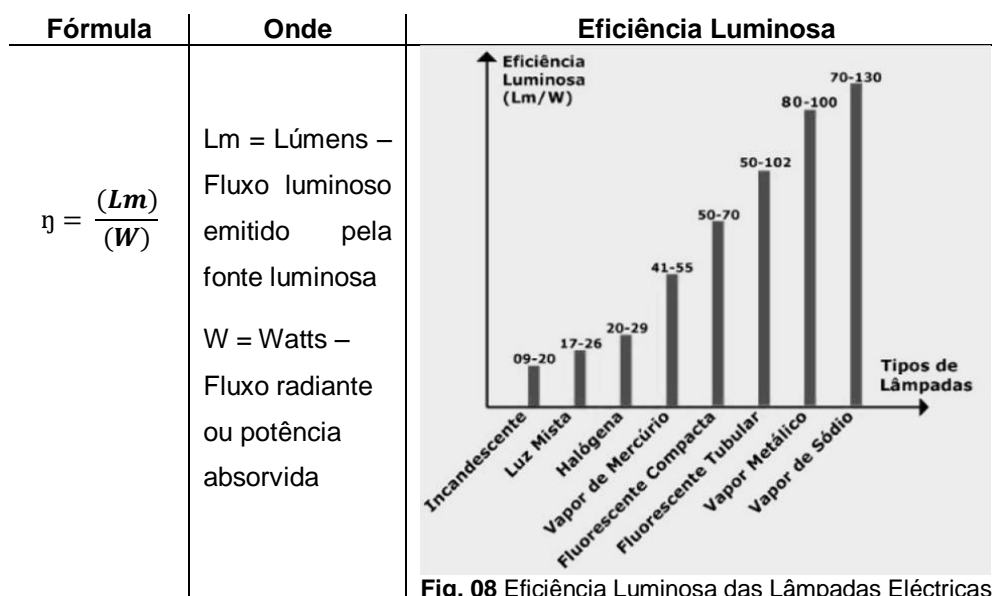


Fig. 08 Eficiência Luminosa das Lâmpadas Eléctricas

Tab. 05 Fórmula da Eficiência Luminosa

2.8 VISÃO E ILUMINAÇÃO

Através do estudo da iluminação, podemos desenvolver métodos para facilitar ou melhorar as condições da acuidade visual. A visão é, geralmente, medida em termos de capacidade para discriminar pormenores e para reconhecer os contrastes de luz, cor e sombra, isto é, para distinguir diferenças de brilho. Embora o brilho intenso seja um dos factores que mais aperfeiçoe a visão, um brilho excessivo pode tornar-se indesejável e ser igualmente a causa da diminuição tanto da acuidade visual, como da sensibilidade ao contraste. Encandeamento é o termo utilizado para expressar um brilho intenso indesejável.

⁴³ MOREIRA, Vinicius de Araujo – **Iluminação Eléctrica**. São Paulo : Editora Edgar Blucher Ltda, 1999. ISBN 978-85-212-0175-5. p.17.

Entende-se por conforto visual, quando, num ambiente, o ocupante pode desenvolver as suas actividades com menor esforço e máxima precisão, o que reduz os riscos de acidentes e prejuízos a saúde. Segundo Délio Pereira Guerrini, «Estudos mostraram que uma iluminação adequada, além de melhorar o conforto visual, reduz a tensão nervosa e os casos de fadiga crónica que levaram pacientes à insónia ou outros efeitos perturbadores do sistema nervoso».⁴⁴

Pesquisas apresentadas por Hopkinson, demonstram que um factor importante no conforto visual é a necessidade de graduar a luminância das imediações, de tal modo que as cercanias mais próximas fiquem ligeiramente menos brilhantes. O critério mais significativo é o que considera que a luminância da tarefa visual deve ser acentuada de modo a torna-se o mais natural, enquanto que, simultaneamente, deve graduar-se o contraste entre a tarefa e as suas imediações, de modo que os olhos não tomem consciência de qualquer diferença intensa de brilho no campo visual.⁴⁵

A iluminação depende do tamanho do objecto a visualizar em função do nível de contraste e do tempo de observação. A quantidade de iluminação não deve ser o único factor a considerar, porque a qualidade também é muito importante, pois implica na ausência de encandeamento, na direcção e distribuição da luz. Neste contexto, apresentar um bom nível de luz para a tarefa que se deseja realizar é condição necessária para uma boa visão, que resulta da combinação de uma iluminação adequada para as funções desempenhadas no ambiente.

2.9 LUZ E COR

Há uma tendência em pensarmos que os objectos já possuem cores definidas. Na verdade, a aparência de um objecto é resultado da iluminação incidente sobre ele. O conceito de cor está intimamente ligado à composição espectral da luz que ilumina o objecto. Define-se a cor de um objecto como a propriedade que ele possui de absorver uma parte dos comprimentos da onda de luz incidente com a reflexão de outra parte dos demais comprimentos de onda.

⁴⁴ GUERRINI. Op. cit. 2007. p.16.

⁴⁵ HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J – **Iluminação Natural**. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1975. pp. 20-21.

A luz é parte de um fenómeno ondulatório chamado radiação, cujo espectro é formado por ondas electromagnéticas que se diferem entre si pela frequência em que se propagam. De todo o espectro, o ser humano só é capaz de identificar uma estreita faixa chamada luz visível. Cada uma das faixas corresponde a uma impressão de cor – vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul e violeta –, e cada cor corresponde a um determinado comprimento de ondas. As cores mais quentes, do amarelo ao vermelho, têm menor comprimento de onda, enquanto as mais frias, do verde ao violeta, apresentam maior comprimento de onda.

A teoria de Young-Helmholtz explica o funcionamento do olho humano perante as cores. De acordo com essa teoria, o olho seria formado, especificamente na retina, por três grupos de células nervosas excitáveis pelas frequências das cores verde, azul e vermelha (sistema RGB, R-Red, G-Green, B-Blue). É a excitação do olho às diferentes intensidades dessas três cores fundamentais que produz a sensação das outras cores, por composição.⁴⁶

2.9.1 TEMPERATURA DE COR

A temperatura da cor define a qualidade da cor e o conteúdo de uma fonte de luz emitida pela lâmpada (Fig. 09). Desta maneira, quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade da luz,⁴⁷ sendo este o tipo de iluminação mais utilizada em escritórios, cozinhas e outros locais em que se deseja estimular. Por outro lado, quanto mais baixa a temperatura da cor, mais amarela e vermelha a luz será. Este tipo de iluminação é frequentemente utilizada em salas de estar, quartos ou locais onde se deseja tornar um ambiente mais aconchegante. A unidade de medida da temperatura da luz é o Kelvin.

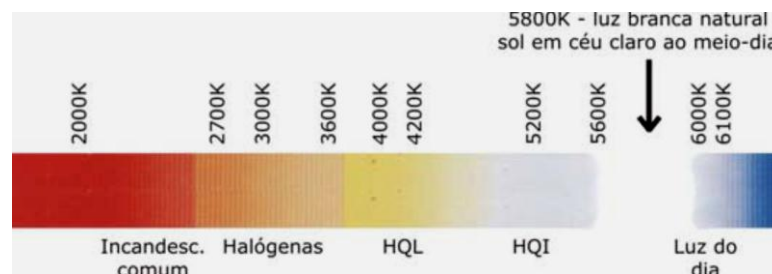


Fig. 09 Temperatura de Cor – K (Kelvin)

⁴⁶ GUERRINI. Op. cit. 200. p.19.

⁴⁷ MOREIRA. Op. cit. 1999. p.21.

2.9.2 ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE CORES

O índice de reprodução de cores (IRC) é utilizado para mensurar a cor real de um objecto, ou superfície, em relação a uma fonte de luz natural.⁴⁸ A luz artificial possibilita ao olho humano perceber as cores correctamente, ou o mais próximo possível da luz natural. Lâmpadas com IRC igual a 100 estarão mais próximo da luz natural, ou seja, reproduzirão as cores com total fidelidade e precisão. Quanto mais baixo o índice, mais deficiente é a reprodução das cores. Os índices variam conforme a natureza da luz, sendo indicados de acordo com o uso de cada ambiente. Na Tab. 06 pode-se visualizar os níveis do IRC e as suas aplicações.

Qualidade		Índice de Reprodução Cores	Aplicação
Nível 1	Excelente	90 a 100	Testes de cor e floriculturas
	Muito Bom	80 a 89	Escritórios, residências e lojas
Nível 2	Bom	70 a 79	Áreas de circulação e escadas
	Razoável	60 a 69	Oficinas e ginásios de desporto
Nível 3	Regular	40 a 59	Depósitos, postos de gasolina e pátios de montagem industrial
Nível 4	Insuficiente	20 a 39	Vias de tráfego, canteiros de obras e estacionamento.

Tab. 06 Índice de Reprodução de cores

2.9.3 CORES NOS AMBIENTES

O uso correcto das cores nos ambientes interiores pode proporcionar aos usuários uma atmosfera mais agradável, segura e com menos propensão de danos a saúde.

⁴⁸ MOREIRA. Op. cit. 1999. p.22.

Fernando Pereira e Marcos Barros de Souza afirmam que,

«Além dos aspectos psicológicos e decorativos que as cores possuem, o que realmente interessa para iluminação do ambiente de trabalho são as propriedades de reflexão da luz. A utilização de cores com altos índices de reflexão poderá melhorar significativamente o rendimento do sistema de iluminação, podendo aumentar o nível de iluminamento geral do ambiente sem que seja necessário aumentar o fluxo luminoso das fontes de luz.»⁴⁹

Portanto, devemos ter em mente a relação entre a cor e a iluminação nas edificações, como, por exemplo, as características reflectoras das superfícies coloridas.

A luz reflectida no interior define a reflectância média num espaço, o que é necessário para atingir o índice de reprodução de cores pretendida para a luminância da tarefa visual das zonas imediatas e próximas.⁵⁰ Ao planejar as cores de um espaço, deve-se analisar separadamente o tecto, as paredes e o chão, dando um tratamento diferenciado para cada um deles. A cor do tecto deve ser mais clara, pois, assim, a luz difusa que é reflectida pelo tecto proporcionará uma melhor uniformidade dos níveis de iluminação do ambiente. Enquanto para o piso, recomenda-se que tenha uma cor mais escura que as que foram utilizadas nas paredes e no tecto. Desta maneira, para determinar um espaço com um nível cromático adequado, deve-se analisar diversos factores, como as actividades que serão exercidas no local, as dimensões do espaço, o tipo de iluminação a ser utilizada e o perfil do usuário.

⁴⁹ PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkey Pereira; SOUZA, Marcos Barros de Souza – **Conforto Ambiental e Iluminação**. Florianópolis : Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. p. 37.

⁵⁰ HOPKINSON; PETHERBRIDGE; LONGMORE. Op. cit. 1975. p.551.

3.1 TIPOS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Ao iniciar um projecto luminotécnico, é necessário analisar e definir que tipo de iluminação artificial é mais adequado para o espaço interior a partir de três princípios básicos: como a luz deverá ser distribuída pelo ambiente; como a luminária irá distribuir a luz; qual é a ambientação que queremos dar, com a luz, ao espaço.

Os tipos de iluminação artificial podem ser classificados em principal – sendo este o que resolve as necessidades funcionais – e o secundário – o que proporciona destaque ao espaço de uma forma livre e criativa. Sendo que, qualquer que seja o sistema adoptado, ele deverá sempre ser escolhido de uma forma intimamente ligada à função a ser exercida no local.

3.1.1 ILUMINAÇÃO PRINCIPAL

A iluminação principal pode ser classificada em iluminação geral, localizada e de tarefa.⁵¹

Com a iluminação geral podemos obter uma iluminação mais uniforme, devido à distribuição das luminárias de uma forma horizontal pelo tecto (Fig. 10). A principal vantagem é a flexibilidade na criação da disposição interna do ambiente. Habitualmente, a iluminação

⁵¹ OSRAM. Op. cit. pp. 11-14.

geral é empregada em grandes escritórios, oficinas, salas de aula, fábricas, supermercados, lojas, etc.

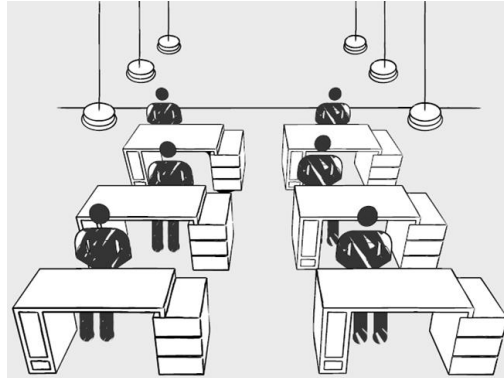


Fig. 10 Iluminação Geral

Na iluminação localizada, as luminárias devem ser concentradas em pontos estratégicos para suprir a necessidade de uma iluminação mais focada (Fig.11). Para alcançar um nível de iluminância desejado, as luminárias devem ser posicionadas suficientemente altas para cobrir as superfícies adjacentes. Ao utilizar esse sistema, deve-se assegurar que a iluminação geral seja suficiente para não criar contrastes sobre o plano de trabalho. Vantagens deste sistema: maior economia de energia; fácil posicionamento das luminárias para evitar encandeamento; além, é claro, de considerar as necessidades individuais. Porém, nos casos de mudanças das posições de trabalho, as luminárias devem ser reposicionadas. Esse sistema pode ser utilizado em áreas de trabalho, como, por exemplo, fábricas, cozinhas, espaços de desenho, escritórios, etc.

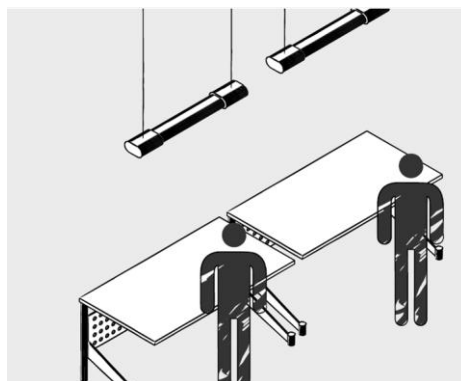


Fig. 11 Iluminação Localizada

Finalmente, para a iluminação de tarefa, as luminárias são dispostas de forma a ficar perto da tarefa visual e do plano de trabalho, iluminando apenas um espaço muito pequeno (Fig.12). Como esse sistema ilumina uma pequena superfície, deve ser complementado por outro tipo de iluminação. Aplica-se em zonas de leitura e de trabalhos minuciosos, dentro os quais, por exemplo, a área de design de jóias. A iluminação de tarefa permite um maior controlo dos efeitos luminotécnicos.

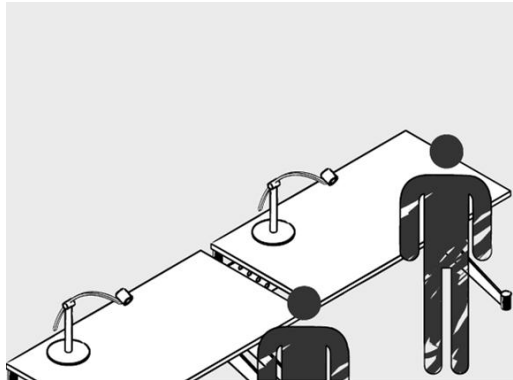


Fig. 12 Iluminação de Tarefa

3.1.2 ILUMINAÇÃO SECUNDÁRIA

Com a iluminação secundária o projectista pode dar mais ênfase e personalidade ao espaço, criando uma ambientação com uma abordagem mais criativa. Os sistemas secundários podem ser classificados em iluminação de destaque, efeito e decorativa.⁵²

A iluminação de destaque é utilizada para dar ênfase em determinados aspectos do espaço interior, chamando a atenção do olhar para um objecto ou uma superfície (Fig.13). Normalmente esse efeito é obtido com o uso de spots, criando uma diferença em relação à luz geral do ambiente. Este efeito pode ser obtido, também, posicionando a luz com proximidade à superfície a ser iluminada. Exemplo: paredes, esculturas e quadros.

⁵² OSRAM. Op. cit. pp. 14-15.



Fig. 13 Iluminação de Destaque

Enquanto na iluminação de destaque se procura, como é óbvio, destacar algo. Na iluminação de efeito o interesse é a própria luz, sendo criados jogos de fachos de luz nas paredes e contrastes de luz e sombra (Fig.14).



Fig. 14 Iluminação de Efeito

Para a iluminação decorativa, não é apenas o efeito da luz que importa, mas o objecto que produz a luz, como, por exemplo, a utilização de lustres que criam uma área de interesse no ambiente, destacando os objectos que emitem a luz mais do que a iluminação do próprio espaço (Fig. 15).



Fig. 15 Iluminação Decorativa

3.2 FONTES ARTIFICIAIS DE LUZ

Para realizar um projecto de iluminação, é indispensável conhecer os produtos que produzem a luz e os seus efeitos. A luz é gerada por uma fonte que será dirigida por um equipamento chamado de luminária ou projector. Para a geração dessa luz, é necessário haver energia e os seus equipamentos auxiliares, sem os quais muitas das fontes de luz não funcionam.

Devido à sua importância, dar-se-á uma noção sobre os itens que compõem a iluminação artificial: as lâmpadas, as luminárias e os equipamentos auxiliares. Claro que não teríamos como escrever sobre todos os tipos de lâmpadas hoje produzidas, entretanto, serão citados os principais tipos que são utilizados pelos profissionais de iluminação.

3.3 TIPOS DE LÂMPADAS

3.3.1 LÂMPADA DE FILAMENTO

Mais conhecida como lâmpada incandescente, produz luz através da passagem de corrente eléctrica por um filamento que é uma resistência eléctrica (Fig. 16). A sua vida média é de 1.000 horas com eficiência média de 20lm/w. As suas bases mais conhecidas são E-27, para uso doméstico, e E-40, de potências maiores e que são utilizadas pelas indústrias. Pode-se distinguir as lâmpadas incandescentes entre comum clara ou clássica, de formato cogumelo ou leitosa, bolinhas para lustre, vela e reflectoras. Este tipo de lâmpada proporciona um fluxo luminoso que se iguala a luz do sol. A temperatura de cor é de 2.700 K, com índice de reprodução de cores de 100%. Entretanto, produz no máximo 10% de luz da energia consumida e os outros 90% são transformados em energia térmica.⁵³ Sendo assim, é uma fonte de luz que desperdiça uma grande quantidade de energia, motivo pelo qual se deve evitar o seu uso quando o objectivo é criar um espaço com iluminação sustentável.

⁵³ SILVA, Mauri Luiz da – **Iluminação: Simplificando o Projeto**. Rio de Janeiro : Editora Ciência Moderna, 2009. ISBN 9788573937916. p. 22.



Fig. 16 Lâmpada Incandescente

3.3.2 LÂMPADA DE HALOGÉNEO

É uma evolução das lâmpadas incandescentes comuns. Pelo facto de seu funcionamento ter a mesma base, a passagem de luz se dá através da passagem de corrente eléctrica por um filamento. Por outro lado, enquanto as incandescentes têm sua ampola de vidro comum, as halogéneas têm sua ampola de quartzo e adição de halogéneo (Fig. 17).

Segundo Silva, o funcionamento dessa lâmpada ocorre da seguinte forma: «Os átomos de halogéneo se combinam com as partículas que se desprendem do filamento pelo aquecimento, reconduzindo-as ao núcleo, que é o próprio filamento, mantendo-o com a mesma espessura durante toda a vida da lâmpada».⁵⁴ Como o filamento se conserva com a mesma espessura durante toda a sua utilização, este tipo de lâmpada tem uma maior durabilidade, entre 2.000 e 5.000 horas. O resultado é uma luz mais branca, brilhante e uniforme ao longo de sua vida útil.

Devido às suas características luminotécnicas, ela propicia ambientes confortáveis e é, ao mesmo tempo, mais económica que as lâmpadas incandescentes. O seu índice de reprodução de cores é de 100% com temperatura de cor da ordem de 3.000 K e eficiência luminosa de 20 lm/W. Estas lâmpadas possuem reflector com espelho dicróico que desvia até 60% do calor produzido para a parte de trás da lâmpada e, ao reter o calor para dentro do sistema, aquece menos o ambiente, com isso, poupa até 30% de energia. A sua ampola em quartzo absorve a radiação ultravioleta, o que é de extrema importância, pois protege os objectos iluminados ao diminuir os riscos de desbotamento das cores, factor importante para museus ou exposições.

⁵⁴ SILVA. Op. cit. 2007. p. 23.

Por serem compactas, as lâmpadas de halogéneo podem ser utilizadas nas mais diversas luminárias, oferecendo liberdade para a criação de vários ambientes. Além disso, estas lâmpadas estão inseridas no novo conceito de iluminação sustentável, devido à poupança de energia eléctrica.



Fig. 17 Lâmpada de Halogéneo

3.3.3 LÂMPADA DE DESCARGA DE BAIXA PRESSÃO

Estas lâmpadas produzem luz pela excitação de gases no seu interior. Todas necessitam de balastos para o funcionamento correcto e, por vezes, ainda podem ser necessários outros dispositivos auxiliares, como mecanismos de partida.⁵⁵

As lâmpadas de baixa pressão têm seu tubo em vidro comum, pois a pressão interna é semelhante à pressão externa, característica da qual veio seu nome. Elas podem ser classificadas em fluorescentes comuns tubulares de 20/40W, fluorescentes T-8 de 16/18/31/36W – que são mais modernas –, fluorescentes T-5 de 14/28/54/80W – que são mais eficientes –, fluorescentes T-2 – que são utilizadas para espaços pequenos –, fluorescentes compactas convencionais de 9 até 120W, fluorescentes compactas electrónicas de 5 até 25W e, por fim, fluorescentes circulares (Fig. 18).

• Lâmpadas Fluorescentes

O princípio de funcionamento das lâmpadas fluorescentes ocorre através da passagem de energia eléctrica pelo balastro, enviando para o interior da lâmpada uma tensão acima do normal, permitindo que o sistema dê partida, o que é facilitado pelos filamentos recobertos

⁵⁵ GUERRINI. Op. cit. 2007. p. 44.

por uma pasta emissiva que ficam nas extremidades. No instante da partida do sistema, os filamentos começam a lançar elétrons de um lado para o outro que, por sua vez, se chocam com uma gota de mercúrio contida no tubo da lâmpada. Este processo, combinado com a mudança de órbitas, vaporiza o mercúrio, gerando uma radiação ultravioleta que atinge o pó fluorescente, ou fósforo, na superfície do tubo, convertendo-se em radiação visível. O balastro serve para dar partida à lâmpada e, também, como um limitador de corrente, protegendo o circuito.⁵⁶

O modelo mais comum das lâmpadas fluorescentes são as de 20 e 40W, que reproduzem deficientemente as cores. O seu índice de reprodução de cores chega por volta dos 70%, deixando as pessoas com um aspecto pálido. Entretanto, há no mercado novos sistemas de iluminação fluorescente, mais compactos e eficientes, com um índice de reprodução de cores de 85%, que torna o ambiente mais agradável e harmónico, além de aumentar a vida útil da lâmpada para até 18.000 horas.

• **Lâmpadas Fluorescentes Compactas**

As lâmpadas fluorescentes compactas têm a mesma tecnologia das fluorescentes comuns. Vieram para sintetizar o conceito de miniaturização da fonte de luz nas fluorescentes, existindo vários tipos para diversos usos. São fabricadas com pinos de ligação que permitem a sua operação com balastros magnéticos ou com base E-27, que são chamadas de compactas electrónicas, diferindo das fluorescentes comuns por incorporar em sua base um balastro electrónico. Podem ter temperatura de cor e tamanhos semelhantes às incandescentes, mas a sua grande vantagem é a redução do consumo de energia em até 80% e a sua maior durabilidade, até 15 vezes mais que a comum.

A lâmpada fluorescente compacta é uma fonte de luz económica por ser uma lâmpada de descarga. Com o tempo, pode-se pesquisar e desenvolver modelos mais modernos, com maior economia de energia e, principalmente, atingindo uma emissão de luz com melhor reprodução de cores. Como são lâmpadas com baixo aquecimento, reduzem a carga térmica dos ambientes nas grandes instalações, acarretando menor sobrecarga dos sistemas de ar condicionado.

⁵⁶ SILVA. Op. cit. 2008. pp. 28-29.



Fig. 18 Lâmpada Fluorescente

3.3.4 LÂMPADA DE DESCARGA DE ALTA PRESSÃO

As lâmpadas de descarga de alta pressão têm seu princípio de funcionamento semelhante ao da fluorescente. Podem ser classificadas em lâmpadas a vapor de mercúrio, lâmpadas de luz mista, lâmpadas de vapor de sódio e, ainda, a gama de lâmpadas de multivapores metálicos com tudo de quartzo, tubo cerâmico tubular e tubo cerâmico esférico.

• Lâmpadas a Vapor de Mercúrio

Têm o seu funcionamento através de eléctrodos nas extremidades de um tubo de descarga de quartzo (Fig. 19). Destes eléctrodos, após a partida da lâmpada, saem eléctrons que se chocam com os átomos de mercúrio situados dentro do tubo de descarga provocando a vaporização do mercúrio, assim, emite raios ultravioletas que atravessam a ampola e gera a luz visível. No revestimento da ampola é aplicado vanadato de ítrio – com o aumento do vermelho – para corrigir a cor azulada da luz emitida juntamente com o ultravioleta.⁵⁷ São muito utilizadas para iluminação pública, auditórios, indústrias, ginásios de desportos, aeroportos, garagens, etc. A sua temperatura de cor varia de 4.100 até 3.550 K, com eficiência de 40 a 60lm/W e vida média de 12.000 horas.



Fig. 19 Lâmpada a Vapor de Mercúrio

⁵⁷ SILVA. Op. cit. 2008. p. 30.

• Lâmpadas de Luz Mista

São uma combinação de lâmpada incandescente com a lâmpada a vapor de mercúrio (Fig. 20). O funcionamento é baseado no filamento incandescente e na descarga dentro do tubo pelo argônio, que provoca o aquecimento com vaporização do mercúrio e a ionização da ampola, completando-se a descarga.⁵⁸ Não é necessário um balastro para o seu funcionamento. Este tipo de lâmpada somente pode ser ligada a rede de 220V, pois para a tensão de 127V não existem lâmpadas mistas. Esta substituiu grande parte das lâmpadas incandescentes na iluminação pública devido à facilidade de instalação – pelo facto das duas terem a mesma base E-27 ou E-40 – e porque com ela ganha-se em luminosidade e economia de energia. Entretanto, foi apenas uma solução intermediária, pois há muitas restrições no seu funcionamento, como, por exemplo, é uma lâmpada que apaga com qualquer tensão, levando cerca de 5 minutos para reacender.



Fig. 20 Lâmpada de Luz Mista

• Lâmpadas de Vapor de Sódio

Trabalham em alta tensão, sendo necessário para o seu funcionamento a utilização de um balastro e um ignitor (Fig. 21). São esses componentes que elevam a tensão e proporcionam a partida da lâmpada. Para produzir luz, a corrente é lançada num tubo de descarga que se inicia pelo argônio até a vaporização do sódio. O tubo de descarga é feito em cerâmica, pois o sódio é altamente corrosivo, diferente das lâmpadas a vapor de mercúrio que têm o seu tubo de descarga em quartzo.⁵⁹ Sua luz é extremamente forte e de cor amarela, com um baixo índice de reprodução de cores, entre 20% e 39%, distorcendo completamente as cores. Em contrapartida, a seu favor está a sua emissão de um fluxo luminoso de alta intensidade e a excelente economia de energia. Pode ser utilizada em

⁵⁸ GUERRINI. Op. cit. 2007. p.46.

⁵⁹ SILVA. Op. cit. 2008. p. 33.

espaços onde não haja a necessidade de reprodução de cores, como em locais públicos, indústrias, aeroportos, siderurgia, fundições, etc.



Fig. 21 Lâmpada de Vapor de Sódio

• Lâmpadas de Multivapores Metálicos

São lâmpadas que utilizam balastros e ignitores para dar partida na lâmpada. O interior do tubo de descarga, que é de quartzo, é preenchido com uma variedade de metais nobres, dentre eles o mercúrio, que alteram o espectro das irradiações (Fig. 22). Com isso, é possível obter um rendimento luminoso maior e uma luz de boa qualidade, devido à melhor reprodução de cores.⁶⁰ Com o avanço da tecnologia de iluminação, ocorreu um desenvolvimento no tubo de descarga, sendo o quartzo substituído pela cerâmica, aumentando a eficiência das lâmpadas por melhorar o seu índice de reprodução de cores, além de prolongar a sua vida útil. Sua luz valoriza espaços, tendo grande durabilidade e carga térmica baixa. São lâmpadas ideais para iluminação de grandes áreas, com alta qualidade de luz e níveis de iluminância elevados.



Fig. 22 Lâmpada de Multivapores Metálicos

⁶⁰ SILVA. Op. cit. 2008. p. 35.

3.3.5 LEDs

O nome LED é uma sigla da expressão inglesa que significa Light Emitting Diod, que em português traduzimos como díodo emissor de luz. Os díodos emissores de luz (LEDs) são componentes semicondutores que convertem corrente eléctrica em luz (Fig. 23).

Os díodos são formados por meio da junção de dois cristais semicondutores com materiais distintos, fazendo com que um deles contenha electrões em excesso (semicondutor do tipo N) e, o outro, lacunas em excesso (semicondutor do tipo P). Em condições normais, os electrões livres do semicondutor do tipo N preenchem as lacunas do material do tipo P, criando uma banda de isolamento entre os dois materiais, denominada banda proibida. Conectando-se o eléctrodo do cristal tipo N ao terminal negativo de uma bateria e o eléctrodo do cristal tipo P ao terminal positivo da mesma, a banda proibida se desfaz, surgindo uma corrente eléctrica que flui através da junção, com os electrões movendo-se num sentido e as lacunas em sentido contrário. Os electrões livres possuem níveis de energia mais elevados que os das lacunas e, por isso, a combinação de um electrão com uma lacuna resulta na liberação de uma quantidade de energia. A energia assim liberada é emitida como radiação luminosa na forma de uma pequena partícula sem massa, denominada fóton. O comprimento de onda da radiação que caracteriza a cor da luz emitida, dá-se em função do nível de energia dos electrões do material considerado.⁶¹

Antigamente, os LEDs tinham pequena intensidade luminosa, sendo utilizados apenas como sinalizadores de equipamentos electrónicos, como calculadoras, computadores, relógios, televisores, etc., já que o seu fluxo luminoso era insuficiente para iluminação geral. Entretanto, através do desenvolvimento de novas tecnologias, actualmente os LEDs ganharam importância no mercado, sendo possível a sua utilização em sistemas para controlo de tráfego (semáforos), painéis luminosos de anúncios e mensagens, sistemas luminosos para a indústria automobilística, para a iluminação pública e de interiores.

Com o aumento do fluxo luminoso e a descoberta da emissão de luz branca mais potente e eficiente, além dos sofisticados sistemas de controlo da intensidade e da cor da luz, tornou-se possível a aplicação dos LEDs nos espaços interiores, assim, sendo possível a substituição de muitas lâmpadas tradicionais. Silva afirma que «A grande vantagem dessas minúsculas fontes de luz é sua grande economia de energia, pois consome em média um

⁶¹ PIMENTA, José Luiz – **LED: Uma Fonte de Luz Promissora**. In: Revista Lume Arquitetura, edição número 23, Dezembro de 2006/Janeiro de 2007.

watt e podem durar até mais de 50 mil horas. É a mais económica fonte de luz artificial da actualidade.»⁶²

As vantagens e benefícios dos LEDs são amplos, pois é uma fonte de luz extremamente económica, reduzindo os gastos com energia eléctrica. Graças a sua variedade de cor, os LEDs também proporcionam novas possibilidades ao design. Além disso, a sua longa durabilidade permite a sua instalação em locais de difícil acesso e, ainda, têm alta resistência a choques e vibrações. Ademais, não produzem radiação ultravioleta e infravermelha, tendo uma pequena dissipação de calor. Como os LEDs trabalham em baixa tensão e baixa corrente nominal, são mais seguros que qualquer outra fonte de luz artificial até hoje conhecida.



Fig. 23 LEDs

As lâmpadas se diferenciam entre si não só pelos diferentes fluxos luminosos que irradiam, mas, também, pelas diferentes potências que consomem. Para poder compará-las, é necessário saber quantos lúmens são gerados por watt consumido. A esta característica dá-se o nome de eficiência energética ou rendimento luminoso.

A seguir é apresentada uma tabela comparativa das características dos diversos tipos de lâmpadas que foram descritas acima. Constam, na Tab. 07, as seguintes informações: a sua potência em watts, o fluxo luminoso em lumens, à eficiência luminosa média Lumens/Watts, a vida média em horas, a temperatura de cor em Kelvin, a percentagem do índice de reprodução de cores e as suas utilizações.

⁶² SILVA. Op. cit. 2007. pp. 26-27.

Tipo de lâmpada	Potencia Watts	Fluxo Luminoso Lm	Eficiência Luminosa Média (Lm/W)	Vida Média Horas	Temperatura de Cor K	IRC %	Utilização
Incandescentes Tensão 220 V	40	430	10,7	2.000 4.000	2.700	100	Iluminação para interiores em geral
	60	730	12,1				
	100	1.380	13,8				
	150	2.220	14,80				
	200	3.140	15,7				
Fluorescentes	16	1.020	63,75	8.000	4.000-5.250	55 85	Iluminação para interiores em geral
	20	1.060	53				
	30	2.000	66,6				
	32	2.700	84,3				
	40	2.700	67,5				
Vapor de Mercúrio	80	3.600	45	9.000 28.000	4.000-3.000	80 85	Iluminação externa, garagens, ginásio de desporto, indústrias
	125	6.000	48				
	250	12.600	50,4				
	400	22.000	55				
	700	38.500	55				
Sódio em Alta Pressão	70	5.800	82,8	24.000	2.000	20 39	Iluminação pública, aeroportos, construções civis
	150	13.500	90				
	250	25.000	100				
	400	47.000	117,5				
	1.000	130.000	130				
Mistas	160	3.000	18,7	6.000	3.000-4.100	20 35	Iluminação pública
	250	5.500	22				
	500	13.500	27				
Multivapores Metálicos	400	31.500	78,7	9.000 15.000	3.000-6.000	90	Iluminação externa, edifícios comerciais e industriais
	1.000	81.000	81				
	2.000	183.000	91,5				

Tab. 07 Principais Informações e Utilização das Lâmpadas

3.3.6 LÂMPADAS ECONOMIZADORAS

Segundo pesquisas da Empresa Philips, a iluminação consome 19% de toda a electricidade no mundo e, aproximadamente, 2/3 de todas as lâmpadas e luminárias se baseiam em tecnologias antigas e de alto consumo de energia.⁶³ A partir da troca de lâmpadas e luminárias com baixa eficiência energética por novos equipamentos economizadores, podemos atingir uma economia significativa na conta de energia eléctrica, além de reduzir as emissões de CO₂, melhorando a qualidade do meio ambiente.

Actualmente, alguns fabricantes de lâmpadas já esboçam uma preocupação com o meio ambiente na fabricação de seus produtos, que, em sua maioria, dispõem de novas tecnologias e são equipamentos mais eficientes e de maior duração. Por exemplo, a OSRAM disponibiliza uma gama de lâmpadas da família LUMILUX com vantagens ao nível da restituição de cor melhorada, vida útil muito longa, elevado rendimento luminoso, diâmetro reduzido da lâmpada e o mínimo conteúdo de mercúrio, o que as torna mais ecológicas.⁶⁴

A Empresa Philips definiu seis pontos chaves para a melhor performance ambiental de seus produtos. 1) Eficiência energética para redução da emissão de CO₂ das centrais eléctricas; 2) Tempo de vida prolongado que reduz o desperdício; 3) Redução ou eliminação de substâncias perigosas; 4) Packaging simples, leve e reciclável para facilitar o transporte e reciclagem; 5) Possibilidade de reciclagem de componentes para produtos semelhantes; 6) Miniaturização para minimizar o peso do produto e poupar nos materiais.⁶⁵

Ao adquirir uma lâmpada, devemos sempre ter em conta aspectos como a classe de eficiência energética (classe A ou B), luminosidade, potência e tempo de duração (vida média em horas). A utilização de lâmpadas tecnologicamente mais eficientes diminui os gastos com energia eléctrica. A substituição das lâmpadas incandescentes pelas lâmpadas economizadoras (fluorescentes compactas) se torna mais fácil, graças à adaptação ao casquilho do sistema das incandescentes.

Podemos encontrar no mercado dois tipos de lâmpadas que podem ser escolhidos como substitutos das incandescentes: as halogéneas e as fluorescentes compactas – que são conhecidas por economizadoras de energia. As lâmpadas halogéneas economizadoras de

⁶³ Disponível em http://www.lighting.philips.com.br/lightcommunity/trends/green/green_and_lighting.wpd. Acesso em 09 de Dezembro de 2011.

⁶⁴ Disponível em <http://www.osram.com.br>. Acesso em 09 de Dezembro de 2011.

⁶⁵ Catálogo da Philips Portuguesa S.A. – **As Bases da Luz e da Iluminação**. Lisboa : 2007. p. 48.

energia poupam até 30% de energia, enquanto as lâmpadas fluorescentes compactas poupam até 80%. Já os LEDs, cuja tecnologia está em constante melhoria em termos de luminosidade, já podem substituir uma incandescente de 40W com uma economia de energia de até 80% e uma vida média de 25.000 horas.⁶⁶

As lâmpadas de halogéneo são utilizadas em inúmeros espaços comerciais, hotéis, residências, entre outros. As lâmpadas dicróicas que fazem parte dessa gama são aplicadas normalmente em tectos falsos para uma iluminação de destaque. Para o seu funcionamento é necessário a montagem de um transformador para o correcto funcionamento da lâmpada. Actualmente, pode-se encontrar no mercado lâmpadas dicróicas com tecnologia mais eficiente que permite uma poupança de energia significativa, podendo passar, por exemplo, de uma lâmpada com 20w para 14w e aumentar o tempo de vida de 2.000 horas para 5.000 horas, o que também diminui o número de manutenções.

As lâmpadas fluorescentes podem ser compactas ou tubulares, e são as fontes de luz mais aplicadas em escritórios, residências, indústrias, hospitais, escolas, entre outros. A instalação das fluorescentes tubulares deve ser em conjunto com o balastro electrónico, o que aumenta a longevidade da lâmpada e reduz, ou elimina, o efeito estroboscópico, pois funcionam em frequências superiores a 20kHz, sendo que, no balastro convencional/ferromagnético, normalmente funcionam num valor acima dos 50Hz. Ainda pode-se obter ganhos com a redução do consumo através da regulação do fluxo luminoso de um balastro, transformador ou fontes de alimentação a partir de variadores de potência de 1v até 10v, e DALI.

De tal modo, com os novos avanços tecnológicos, os LEDs estão a fornecer luz de alta qualidade e de longa duração, além da sua fácil instalação. Os altos valores para sua aquisição é de rápida amortização devido, principalmente, à grande economia de energia.

Segundo José Luiz Pimenta,

«Apesar de ainda elevados, os preços dos LEDs vêm se reduzindo a cada dia. Este fato, aliado ao desenvolvimento crescente da tecnologia, faz dos LEDs uma fonte de luz promissora, dotada de eficiência, flexibilidade e versatilidade, como alternativa às lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes e de descarga em alta intensidade.»⁶⁷

⁶⁶ Disponível em <http://www.voltimum.pt/news/598/cm/tudo-muda-no-mercado-da-iluminacao.html>. Acesso em 09 de Dezembro de 2011.

⁶⁷ PIMENTA. Op. cit. Dezembro de 2006/Janeiro de 2007.

Para se alcançar uma iluminação eficiente, não devemos apenas substituir as lâmpadas, mas, também, precisamos racionalizar e ter em conta o local e o que queremos iluminar, para que o resultado final seja o mais eficaz possível. Desta forma, podemos alcançar a satisfação dos utilizadores do espaço, tendo sempre como objectivo uma iluminação mais sustentável através da redução do consumo de energia e prolongamento da vida útil dos equipamentos instalados.

3.4 LUMINÁRIAS

As luminárias recebem a fonte de luz (lâmpadas) e direccionam o seu fluxo luminoso para o local desejado, controlando de maneira adequada sua distribuição, ou seja, são dispositivos para o controlo e distribuição da luz emitida. Os efeitos da luz emitida pelas luminárias são classificados como: difusa geral – distribui a luz de forma homogénea em todas as direcções; directa-indirecta – dirige a luz em fecho para cima e para baixo; semidirecta – emite de 10% a 40% da luz para cima e o restante, para baixo; semi-indirecta – distribui de 60% a 90% da luz para cima e o restante para baixo; indirecta – joga praticamente toda a luz para o tecto; e directa – o fecho de luz é dirigido totalmente para baixo.⁶⁸ As luminárias podem ser classificadas como: reflectoras, refractores e difusores.

• Reflectoras

Os reflectores são utilizados para redireccionar o fluxo luminoso emitido pela lâmpada por reflexão. São fabricados em vidro, plástico e alumínio. O vidro é pouco utilizado devido à sua fragilidade, sendo o alumínio a melhor opção por causa da sua alta reflectância. Sua forma varia conforme o tamanho e o tipo da lâmpada, os mais utilizados são os circulares e os de formas quadrada ou rectangular.

• Refractoras

O refractor é responsável por modificar a distribuição da luz no momento em que ela passa pelos limites dos materiais, vidro ou acrílico, que são moldados de forma que a luz seja

⁶⁸ GURGEL, Miriam – **Projetando Espaços: Guia de Arquitetura de Interiores para as Áreas Residenciais**. São Paulo : Ed. Senac São Paulo, 2004. ISBN 85-7359-320-2. p. 233.

redireccionada. Esses dispositivos podem vedar a luminária protegendo a parte interna contra poeira, chuva, poluição e impactos. Também pode ser utilizada uma lente transparente para barrar a radiação ultravioleta.

• Difusores

Os difusores são elementos que controlam o fluxo luminoso redireccionando os feixes de luz em várias direcções. São confeccionados em materiais opacos ou translúcidos, que são aplicados com a finalidade de reduzir ou eliminar a visão directa da lâmpada. Diminuindo a sua luminosidade, reduz as possibilidades de encandeamento.

As luminárias podem modificar, controlar, distribuir e filtrar o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, desviando-o para certas direcções, ou reduzindo a quantidade de luz para evitar o encandeamento. A qualidade e quantidade da emissão da luz da luminária provém dos materiais utilizados na sua estrutura, de sua forma, da reflectância das suas superfícies, dos mecanismos usados para proteger as lâmpadas e do seu estado de conservação. Quando se trata da distribuição da luz a partir da luminária, devemos considerar como ela controla o brilho e a proporção dos lúmens da lâmpada que chegam ao plano de trabalho.

Ao inserir no espaço interior uma luminária adequada, podemos otimizar o desempenho do sistema de iluminação artificial. Sua eficiência é dada pelos factores fotométricos, mecânicos e eléctricos. O desempenho fotométrico descreve a eficácia da luz gerada pela lâmpada que é distribuída na área desejada. O factor mecânico está relacionado com a conservação da luminária para diminuir os riscos de aquecimento pela presença de pó ou água. Já o desempenho eléctrico depende de como a luminária gera a luz através dos equipamentos auxiliares, como os transformadores, os capacitores e os balastos.

3.5 EQUIPAMENTOS AUXILIARES

Todos os produtos que auxiliam no funcionamento das lâmpadas eléctricas podem ser considerados como equipamentos auxiliares na iluminação. Assim, de seguida, são apresentados os principais tipos de equipamento auxiliares.

• Transformadores

São componentes auxiliares com a finalidade de converter uma tensão eléctrica em locais onde trabalham com 127 ou 220v. Usamos os transformadores para acender lâmpadas de baixa tensão, como as dicróicas que trabalham em 12v. Com um transformador podemos alimentar várias lâmpadas, desde que o valor de sua potência máxima não seja ultrapassado pela somatória das potências individuais de cada lâmpada. Os transformadores são classificados como: transformador comum – utilizados normalmente nas halogéneas, eles transformam a tensão eléctrica para 12 ou 24v e liga/desliga as lâmpadas; transformador dimerizável – além de ligar/desligar a lâmpada e mudar a sua tensão, possibilita alterar a quantidade de luz emitida através de um dimmer.⁶⁹

• Capacitores

São equipamentos eléctricos que aumentam a potência da instalação eléctrica. Num sistema de baixo factor de potência, 0,5 por exemplo, o contador de energia regista apenas a energia activa ou indutiva, que neste caso corresponde a 50%, enquanto a energia reactiva ou capacitiva, os outros 50%, passam sem registo. Ou seja, 50% da energia consumida não está a ser registada no relógio ou contador. Por isso a necessidade de instalação do capacitor, para que possamos elevar o factor de potência e eliminar o desvio.⁷⁰ Para pequenas instalações, por exemplo, residenciais, são utilizados produtos de baixa potência, entretanto, quando se trata de médias e grandes instalações, não é recomendado, devido aos problemas causados ao sistema de abastecimento de energia, sendo necessário capacitores para a correcção da potência entre 0,92 e 1,0.

• Balastos

Os balastos são utilizados para fazer funcionar as lâmpadas de descarga a corrente eléctrica. Esse equipamento, além de dar a partida da lâmpada, também serve como limitador de corrente. A corrente eléctrica passa pelo balastro que transfere a energia para os eléctrodos, onde começa o processo de descarga eléctrica, que se segue com a vaporização do mercúrio ou do sódio, produzindo o fluxo luminoso. Os principais tipos de balastos são os magnéticos e os electrónicos.⁷¹ Os primeiros são os mais antigos, com

⁶⁹ SILVA. Op. cit. 2007. p. 28.

⁷⁰ Ibid., p. 30.

⁷¹ SILVA. Op. cit. 2007. p. 31.

características técnicas de peso elevado e baixa frequência – apenas 60 hertz –, o que provoca efeito estroboscópico, acarretando em cansaço visual. Devido à tais factores, esses balastos estão sendo substituídos pelos electrónicos, que são mais leves e eficientes, com frequência de 35.000 hertz. Em alta frequência a luz fica estável, desaparecendo o efeito estroboscópico e a cintilação da luz.

3.6 SISTEMAS PARA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

Na área da iluminação artificial, existem vários equipamentos disponíveis que podem ser controlados e programados para acender e apagar automaticamente a luz, obviamente, de acordo com a necessidade de cada ambiente. Por exemplo: os simples controlos manuais on/off; os interruptores temporizados e fotoeléctricos; os sistemas com dimmer e sensores fotoeléctricos; o sistema Dali; e, ainda, os sensores de presença. Com essas ferramentas é possível gerar diversos benefícios, dentre os quais: reduzir do consumo de energia; diminuir a deterioração dos materiais sensíveis a luz; evitar contrastes excessivos no plano de trabalho; além de contribuir para uma maior uniformidade luminosa em ambientes que utilizam iluminação natural e artificial complementar, promovendo segurança, conforto e bem-estar.⁷²

Santos afirma que

«O tipo de iluminação artificial e em particular os sistemas de controlos associados podem desempenhar papel-chave na economia de energia eléctrica da iluminação. A opção de controlo mais eficaz irá depender: *i*) do tipo de edifício, *ii*) do tipo de espaço (individual, partilhado, etc.), *iii*) dos padrões de ocupação desse espaço (contínuo, temporário, ocasional, etc.) e *iiii*) se esse espaço é ou não eficazmente iluminado pela luz natural.»⁷³

Aplicar um dispositivo de controlo da luz artificial no espaço interior aumenta as possibilidades de tornar um ambiente eficientemente energético. Os sistemas devem ser instalados de modo a complementar a iluminação natural, principalmente quando esta não permitir proporcionar a iluminação necessária para os espaços desejados. Na Tab. 08 são apresentados os equipamentos de controlo da luz mais utilizados para iluminação artificial.

⁷² FELDEMAN, Daniel Coelho – **Controlos de Iluminação: Efeitos e Eficiência**. In: Revista Lume Arquitectura, edição número 9, Agosto/Setembro de 2004. p. 74.

⁷³ SANTOS, Sara Dionísio Pala – **Sistemas Avançados de Iluminação Natural: Estudo Comparativo de Vidros Prismáticos, Lase-Cut Panels e Channel Panels**. Dissertação de Mestrado em Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa : 2009. p. 11.

Sistema	Descrição
Interruptor manual	O interruptor manual é um dispositivo simples, frequentemente é uma opção padrão para acender e desligar as luzes.
Minuteria	Esse sistema permite que as lâmpadas sejam ligadas via accionamento manual e, após um período de tempo que foi predeterminado, o temporizador desliga as lâmpadas. É muito comum a utilização desse equipamento em edifícios residenciais para desligar a iluminação das escadas, corredores e outras áreas comuns, o que ajuda a evitar o desperdício de energia.
Sensor de luz	Permite o acendimento automático da lâmpada através de sensores que identificam a presença da luz natural. Esse dispositivo possui ajustes internos indicando valores mínimos de luz para que seus contactos eléctricos permaneçam abertos até que o nível fique abaixo do estabelecido, accionando a luz artificial. O sensor envia informações para uma central que controla os equipamentos auxiliares.
Sensor de presença	Esse dispositivo consiste num detector de movimento que é activado por pessoas no campo de acção do sensor. Esse sistema é melhor aplicado em locais com perfil de ocupação intermitente, o que garante uma economia de energia significativa, pois evita que os ambientes com baixo nível de utilização mantenham-se com as suas luzes ligadas. Quando o sensor detecta movimento acciona a luz durante um período pré-estabelecido de tempo, desligando automaticamente a luz quando não há movimento.
Dimmer	É utilizado para variar a intensidade de uma corrente eléctrica. Através desse sistema pode-se modificar o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas. O equipamento é controlado a partir de um circuito eléctrico que modifica a potência fornecida à lâmpada. Podem ser utilizados em lâmpadas incandescentes e fluorescentes.
DALI	Com esse sistema é possível controlar várias luminárias no mesmo circuito, assim, podem ser criados diferentes cenários consoante as tarefas a desempenhar. Uma vez feita a programação do sistema, são gravados os dados num controlo de parede ou remoto. Cada sensor pode controlar uma luminária, ou um grupo delas, consoante a programação. Desta forma, as possibilidades de combinações e aplicações com esse sistema são enormes, pois ainda é possível trabalhar com a mistura de cores RGB, sendo possível conseguir a cor de luz necessária para qualquer ambiente.

Tab. 08 Sistemas para Luz Artificial

Os sistemas de controlo diversificam-se em capacidade e complexidade, sendo que os mais complexos podem controlar não somente a iluminação, mas também o ar condicionado e os protectores solares, oferecendo a possibilidade do uso de controlos remotos e cenários pré-estabelecidos. Recomendam-se os sistemas de controlo da iluminação artificial para a economia de energia eléctrica nos projectos luminotécnicos. Todavia, para alcançar sua eficiência, os sistemas de iluminação artificial devem ser utilizados como uma fonte suplementar à iluminação natural através da instalação de controlos capazes de ajustar a quantidade de luz de acordo com a disponibilidade de luz natural. Os controlos podem ser ligados a um sistema de automação que possibilite o monitoramento contínuo da iluminação. Também pode ocorrer uma incorporação entre a automatização e a

possibilidade de controlo pelos usuários através da separação da iluminação geral e de tarefa.

3.7 CÁLCULO DA ILUMINAÇÃO GERAL

A fórmula simplificada para o cálculo da iluminação geral (Tab. 09) pode ser utilizada para se chegar a um valor aproximado da quantidade de lâmpadas e luminárias necessárias para o espaço. A seguir é apresentado o cálculo básico da iluminação geral que leva em consideração índices médios que serão devidamente explicados.⁷⁴

Fórmula	Onde
$n = \frac{A \times Em \times Fd}{Q \times Fu \times (Bf)}$	<p>A = Área a ser iluminada Em = Iluminância média Fd = Factor de depreciação Q = Fluxo luminoso da lâmpada Fu = Factor de utilização Bf = Factor de utilização do rector N = Número de lâmpadas</p>

Tab. 09 Fórmula para o Cálculo da Iluminação Geral

A: área a ser iluminada, ou seja, lado x lado, em metros quadrados.

Em: iluminância média, sendo a quantidade de luz em lux que projectamos para o ambiente.

Fd: o factor de depreciação está relacionado ao funcionamento da lâmpada e da luminária, para essa fórmula simplificada, o valor médio é de 1,25.

Q: o fluxo luminoso da lâmpada é dado em lumens, esses valores são retirados dos catálogos e sites de fabricantes de lâmpadas.

⁷⁴ O cálculo da iluminação geral é também conhecido como métodos das eficiências. SILVA. Op. cit. 2007. p. 44.

Fu: factor de utilização. Grande parte dos fabricantes de luminárias informa directamente o Fu de seus produtos. Caso não seja encontrado esse valor, podemos considerar para esse cálculo o valor médio de $F_u = 0,5$.

Bf: factor de iluminação do reactor. Se considerarmos cuidadosamente o valor desse factor, conseguiremos definir com mais precisão a quantidade de lâmpadas que colocaremos no sistema.

N: número de lâmpadas. Ao se chegar ao número total de lâmpadas através do cálculo, caso não seja um número inteiro, sempre é necessário arredondar para um valor acima.

3.8 DISTRIBUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

Após determinar a quantidade de lâmpadas e luminárias a serem instaladas através do cálculo geral para iluminação, a próxima etapa será a sua distribuição. A correcta localização das fontes de luz é obtida por uma regra básica: a distância entre duas luminárias será sempre o dobro da distância da que ficar mais próxima à parede (Fig.24).

Para se obter um bom factor de uniformidade, as fontes de luz devem ser posicionadas de forma simétrica. Se a quantidade de luminárias resultantes do cálculo não for compatível com sua distribuição desejada, para que não haja prejuízo do nível de iluminância desejado, recomenda-se sempre o acréscimo de luminárias e não a eliminação.

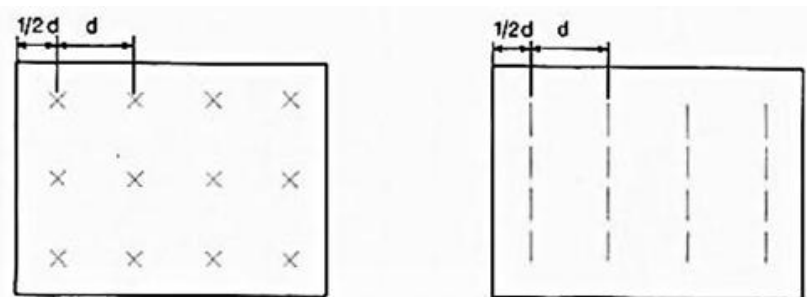


Fig. 24 Disposição Típica de Montagem para Luminárias de Iluminação Interior

3.9 AVALIAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO

Para avaliar o consumo de energia eléctrica mensal do sistema de iluminação instalado, é necessário realizar um simples cálculo. Para isso, basta saber a potência da lâmpada (que é apresentada em Watts, cujo símbolo é *W* – essa informação está estampada no produto ou na embalagem), multiplicando-a pelo tempo de funcionamento em horas por mês. Para saber o consumo em kW/h (quilo Watts hora), é só dividir o valor encontrado por 1.000. Este procedimento requer a aplicação de uma fórmula básica, definida pela seguinte expressão⁷⁵:

$$W = P \times T$$

Onde:

W – Energia consumida;

P – Potência do equipamento, considerado em Watts;

T – Tempo de utilização.

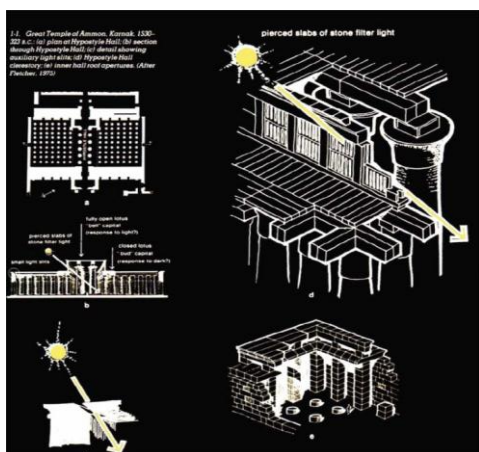
Exemplo: Duas lâmpadas de 30 W funcionam 9 horas por dia, durante 20 dias no mês, logo, o seu consumo será: 2 lâmpadas x 30 W x 9 horas x 20 dias, $W = 10.800 \text{ Wh}$. Dividindo esse valor por 1.000, teremos 10,8 kW/h de energia consumida por mês.

Para saber o valor total do funcionamento do sistema de iluminação no final do mês, basta multiplicar o valor encontrado pela tarifa do kWh fornecido pela concessionária de energia eléctrica local. Com essa fórmula, fica claro que a energia consumida é directamente proporcional à potência do equipamento e ao respectivo tempo em que o mesmo fica ligado.

⁷⁵ Disponível em <http://www.eficienciamaxima.com.br/como-calculer-o-consumo-de-energia-eletrica/>. Acesso em 12 de Julho de 2012.

4.1 BREVE RETROSPECTIVA HISTÓRICA

Os nossos ancestrais desenvolveram tecnologias que aproveitavam o sol como a principal fonte de luz, sendo principalmente sob a luz solar que o homem desempenhava as suas actividades. Dentro do estudo da iluminação, pode-se destacar a luz natural como sendo a primeira fonte de iluminação nas edificações. Vários recursos eram utilizados para o aproveitamento da captação e acesso a luz natural, seja através de cúpulas, abobadas, janelas e aberturas zenitais e laterais. Alguns destes exemplos são apresentados nas Figs. 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 32.



25



26

Fig. 25 Egípto Antigo, Templo de Ammon, Karnak – Egípto, 1530a.c.

Fig. 26 Grécia Antiga, Teatro de Dionísio, Atenas – Grécia, 410-330a.c.



27



28

Fig. 27 Roma Antiga, Panteão, Roma – Itália, 120-124

Fig. 28 Arquitectura Bizantina, Basílica de Santo Apolinário, Ravena – Itália, 534-539



29



30

Fig. 29 Arquitectura Gótica, Catedral de São Vito, Praga – República Checa, 1340

Fig. 30 Arquitectura Renascentista, Basílica de São Pedro, Roma – Itália, 1506-1626



31



32

Fig. 31 Arquitectura Barroca, Trinity College, Cambridge – Inglaterra, 1676-1684

Fig. 32 Arquitectura Neoclássica, Petit Trianon, Versalhes – França, 1763

A partir da Revolução Industrial foram desenvolvidas inovações para a construção das edificações, desde novos materiais, sistemas estruturais, até o surgimento da luz eléctrica com as lâmpadas incandescentes. Com isso, a iluminação dos ambientes não estava mais limitada a iluminação natural. Entretanto, o uso da luz solar ainda era constante nesse período de grande inovação tecnológica, no qual surgiu edificações com grandes áreas envidraçadas que aproveitavam a luz natural e, por seu aspecto conceitual e esteticamente agradável, conquistaram grande aprovação.

Durante o período modernista, a iluminação natural foi utilizada como elemento principal ou como elemento auxiliar nos projectos, conforme pode ser visualizado nas Figs. 33, 34, 35, 36, 37 e 38. Alguns grandes arquitectos, dentre os quais Walter Gropius (Berlim, 18 de Maio de 1883 – Boston, 5 de Julho de 1969), Le Corbusier (La Chaux-de-Fonds, 6 de Outubro de 1887 – Roquebrune-Cap-Martin, 27 de Agosto de 1965), Alvar Aalto (Kuortane, 3 de Fevereiro, 1898 – Helsinque, 11 de Maio, 1976), Frank Wright Lloyd (Richland Center, 8 de Junho de 1867 – Phoenix, 9 de Abril de 1959), Mies van der Rohe (Aachen, 27 de Março de 1886 – Chicago, 17 de Agosto de 1969) e Oscar Niemeyer (Rio de Janeiro, 15 de Dezembro de 1907), utilizaram de forma muito eficiente a luz natural para valorizar os seus projectos, criando espaços bem iluminados e harmoniosos, realçando os seus contornos e permitindo um grande destaque para os objectos no seu interior.



33



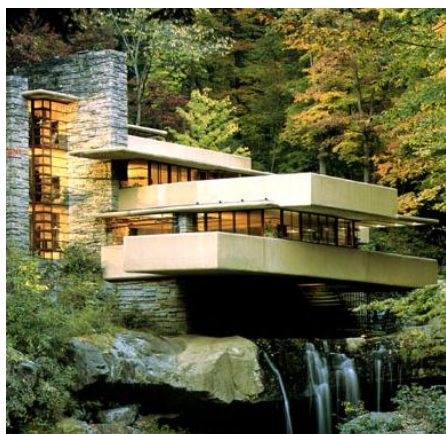
34

Fig. 33 Bauhaus, Walter Gropius, Dessau – Alemanha, 1919-1933

Fig. 34 Villa Savoye, Le Corbusier, Poissy – França, 1928



35



36

Fig. 35 Biblioteca de Viipuri, Alvar Aalto, Vyborg – Russia, 1933 - 1935

Fig. 36 Fallingwater, Frank Loyd Wright, Pennsylvania – EUA, 1937



37



38

Fig. 37 Crown Hall, Mies van der Rohe, Chicago – EUA, 1950 – 1956

Fig. 38 Catedral De Brasília, Oscar Niemeyer, Brasília – Brasil, 1958

O interesse pelas questões ambientais, a procura pela eficiência energética e o conforto ambiental, aliados aos progressos significativos nos sistemas de luz natural para um melhor desempenho térmico e luminoso, ainda estimula os arquitectos contemporâneos a desenvolverem projectos com novos componentes para controlar e redireccionar a luz natural nos ambientes. Alguns influentes arquitectos, dentre eles, Tadao Ando (Osaca, 13 de Setembro de 1941), Steven Holl (Bremerton, Washington, 9 de Dezembro de 1947), Herzog & De Meuron - Jacques Herzog (Basileia, 19 de Abril de 1950) & Pierre de Meuron (Basileia, 8 de maio de 1950), Peter Zumthor (Basileia, 26 de Abril de 1943), Álvaro Siza (Matosinhos, 25 de Junho de 1933), Frank Gehry (Toronto, 28 de Fevereiro de 1929), Jean Nouvel (Fumel, 12 de Agosto de 1945), Rem Koolhaas (Roterdão, 17 de Novembro de 1944) e muitos outros, empregam a iluminação natural para produzir inúmeros efeitos nas actuais edificações. Alguns exemplos são exibidos nas Figs. 39, 40, 41, 42, 43 e 44.



39



40

Fig. 39 Igreja da Luz, Tadao Ando, Ibaraki – Japão, 1989

Fig. 40 Centro Galego de Arte Contemporânea, Álvaro Siza, Santiago de Compostela – Espanha, 1993



41



42

Fig. 41 Museu Kunsthaus Bregenz, Peter Zumthor, Bregenz – Áustria, 1997

Fig. 42 Museu de Arte Nelson Atkins, Steven Holl, Kansas City – EUA, 2001



43



44

Fig. 43 Prada, Herzog & de Meuron, Tokio – Japão, 2003

Fig. 44 Casa da Música, Rem Koolhaas, Porto – Portugal, 2005

Ao longo da história, os projectistas utilizaram a iluminação natural por diversas razões, das quais se destacam: a qualidade da luz; a comunicação do meio externo com o interno; a contribuição significativa para redução do consumo de energia eléctrica; a melhora do conforto visual; e o bem-estar dos seus ocupantes através dos benefícios psicológicos e fisiológicos.

4.2 A LUZ NATURAL

Toda a luz natural consiste em luz solar distribuída na atmosfera e na luz reflectida no ambiente. A distribuição da luz no ambiente interno depende de um conjunto de variáveis, tais como: a quantidade de luz natural disponível e a sua distribuição conforme às condições atmosféricas locais; as obstruções externas; o tamanho, orientação e posição das aberturas que permitam a entrada da luz exterior; as características das áreas envidraçadas; o tamanho e a geometria do ambiente; e a reflectividade das superfícies internas.⁷⁶ Sendo assim, a luz natural pode ser proveniente do sol e do céu, oscilando através das variações horárias, sazonais e atmosféricas que, obviamente, acarretam em modificações significativas na disponibilidade da luz natural.

Segundo R. G. Hopkinson, P. Petherbridge e J. Longmore,

«A luz recebida do sol é a fonte de luz natural fundamental, mas é a luz do sol difundida na atmosfera que, como luz do céu, serve de fonte primária na iluminação natural de interiores. Em dias claros e sem nuvens, a luz do céu limpo pode ser a principal fonte de iluminação num interior, mas pode também existir uma iluminação suplementar muito considerável de luz do sol reflectida para o compartimento, do solo exterior ou dos edifícios vizinhos.»⁷⁷

A luz natural é a fonte que atende melhor às exigências visuais humanas, possuindo uma variabilidade e qualidade mais agradáveis que a luz de um ambiente iluminado artificialmente. Aberturas, em geral, proporcionam aos ocupantes o contacto visual com o mundo exterior e permitem, também, o relaxamento do sistema visual pela mudança das distâncias focais. A presença da luz natural pode garantir a sensação de bem-estar e um maior envolvimento com o ambiente no qual estamos inseridos.

⁷⁶ ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Iluminação Natural – Parte 3: Procedimento de Cálculo para a Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos**. NBR15215-3. 2004. p.1.

⁷⁷ HOPKINSON; PETHERBRIDGE; LONGMORE. Op. cit. 1975. p. 45.

4.3 FONTES DE LUZ NATURAL

As fontes de luz natural podem ser caracterizadas por directas – luz do sol e luz do céu – e indirectas – luz de difusores reflectivos ou translúcidos que foram originalmente iluminados por outras fontes primárias ou secundárias.⁷⁸ É necessário conhecer o comportamento da fonte luminosa, separando a luz directa do sol da luz do céu e tratando cada uma de modo diferente. O sol é uma fonte concentrada e pode ser considerado como uma fonte luminosa pontual, já o céu é uma fonte grande e difusa com uma distribuição de luminância variável.

4.3.1 LUZ DO SOL

A fonte primária para a iluminação natural é o sol, que, por sua vez, pode ser definida como directa e reflectida. A luz solar directa é considerada excessiva, tendo de ser regulada cuidadosamente quando utilizada na iluminação de interiores, caso contrário, transforma-se em motivo de desconforto. Sandra Regina Marchi afirma, «A luz do sol fornece de 60 a 110 kLux no plano horizontal (10 a 15 vezes maior que a luz proporcionada por um céu encoberto). No entanto, ela é intensa demais para ser usada como iluminação de tarefa.»⁷⁹ Portanto, muitos projectistas preferem usar recursos para tornar a luz directa em fonte reflectida, fazendo com que o foco direccional desta fonte seja uniformemente distribuída no interior dos edifícios. A luz do sol indirecta, recebida no interior dum edifício depois de reflectida no solo e nas fachadas opostas dos edifícios no exterior, pode ser empregada como a principal fonte de iluminação.

4.3.2 LUZ DO CÉU

A luz proveniente do céu – sua aparência, distribuição e quantificação – está condicionada a predominância da refacção e reflexão da luz solar ao passar pela abóbada celeste.⁸⁰ A

⁷⁸ MARCHI, Sandra Regina – **Análise da Influência da Cor no Potencial de Aproveitamento da Luz Natural no Ambiente Construído**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba : UFPR, 2007. p. 26.

⁷⁹ MARCHI. Op. cit. 2007. p. 26

⁸⁰ O termo abóbada celeste nesta pesquisa é adoptado como sinónimo de céu.

luminância de qualquer ponto da abóbada celeste é correlacionada com a luminância zênite.⁸¹ Pode-se, então, considerar três variações de céu: céu claro, céu encoberto e céu parcialmente encoberto.

• Céu Claro

O céu claro é dado através da inexistência de nuvens e baixa nebulosidade. As reduzidas dimensões das partículas de água fazem com que apenas os baixos comprimentos de onda, ou seja, a porção azul do espectro, emirjam em direcção à superfície da terra. A iluminação procedente do céu claro é considerada como a soma da luz directa do sol e a irradiação do céu.

• Céu Encoberto

Condição na qual as nuvens preenchem toda a superfície da abóbada celeste. Este tipo de céu resulta da reflexão e refacção da luz directa do sol em grandes partículas de água suspensas na atmosfera, resultando numa abóbada cinza-clara.

• Céu Parcialmente Encoberto

Definido a partir das condições climáticas intermediárias que ocorrem entre o céu claro e o totalmente encoberto. A iluminação natural desse tipo de céu é sazonal, alternando períodos de sol com nebulosidade variável.

4.4 REFLEXÕES DA LUZ NATURAL

O método de iluminação natural no ambiente interno é baseado no resultado de várias reflexões da luz, sendo distinguidos três caminhos principais pelos quais a luz alcança um ponto no interior:⁸²

⁸¹ **Zênite:** Ponto situado na porção mais elevada do hemisfério celeste; caracterizado pelo ângulo de altura máximo de 90°. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Iluminação natural – Parte 1: Conceitos básicos e definições.** Projeto 02:135.02-00. p. 3.

⁸² ABNT. Op. cit. 2004. p.4.

- **Componente do Céu**

Luz proveniente da abobada celeste que alcança um plano horizontal do ambiente interno (Fig. 45).

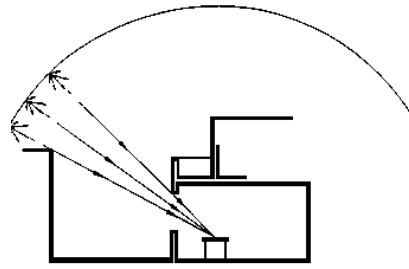


Fig. 45 Componente do Céu

- **Componente Reflectida Externa**

Luz que alcança um ponto no ambiente interno após ter reflectido em uma superfície externa (Fig. 46).



Fig. 46 Componente Reflectida Externa

- **Componente Reflectida Interna**

Luz que alcança um ponto do ambiente interno após ter sofrido uma ou mais reflexões nas superfícies internas (Fig. 47).

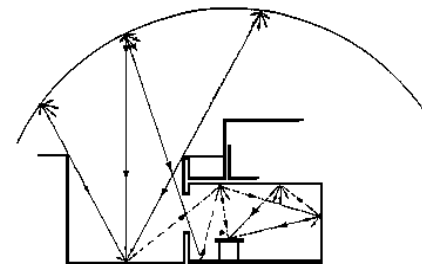


Fig. 47 Componente Reflectida Interna

A quantidade de luz natural recebida no interior das edificações depende do tamanho e da posição das janelas e da luminância do céu. Os objectos inseridos no ambiente determinam a quantidade de luz fornecida por inter-reflexões. Existem variações da luz natural devido ao movimento do sol no céu em função da hora do dia, estação do ano e da orientação do edifício latitudinalmente e longitudinalmente em relação à superfície terrestre. Também ocorrem variações secundárias da luz solar ou do céu, tais como as condições climáticas e a poluição.⁸³ Desta forma, devido às mudanças na posição do sol, às variações das nuvens e a outros elementos, a luminância do céu não é constante nem uniforme.

⁸³ HOPKINSON; PETHERBRIDGE; LONGMORE. Op. cit. 1975. p.47.

4.5 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL

Os sistemas de iluminação natural têm como objectivo prover as edificações de parte, ou, se possível, de toda a quantidade de luz necessária, bem como favorecer um bom desempenho visual, gerando contrastes adequados para se atingir o conforto visual. Esses sistemas são compostos por componentes de condução que são destinados para guiar e distribuir a luz natural no interior dos edifícios, ou seja, passagens que unem dois ambientes iluminados, permitindo que a luz passe de um espaço para o outro. Os exemplos de cada componente de condução e passagem são expostos na Tab. 10.

Componentes de Condução: Espaços de luz intermediários

Galeria	Agregada à edificação, é destinada a levar luz natural à área interna, podendo ser aberta ao exterior.
Estufa	Agregada à edificação por uma de suas faces, tem as outras faces separadas do exterior por uma estrutura/suporte com superfícies transparentes ou translúcidas.
Varanda	Agregada à edificação ao nível térreo, é aberta ao exterior e permite a entrada de luz natural às porções do edifício directamente conectadas na varanda através de componentes de passagem.

Componentes de Condução: Espaços de luz internos

Átrio	Envolvido lateralmente pelas paredes da edificação e coberto com materiais transparentes ou translúcidos que admitem luz aos ambientes.
Ducto de sol	Conduz a luz directa do sol para ambientes internos sem acesso directo ao exterior, suas superfícies são feitas de materiais com elevada reflexão.
Poço de luz	Conduz a luz natural para porções internas da edificação. Suas superfícies geralmente apresentam acabamento com alta reflectância.
Pátio	Envolvido lateralmente pelas fachadas de um ou mais edifícios e aberto no seu topo ou, algumas vezes, lateralmente, permitindo ventilação natural e entrada de luz natural em espaços contíguos.

Componentes de Passagem: Zenitais

Clarabóia	Abertura situada numa cobertura plana ou inclinada que permite a entrada de luz natural e ventilação.
Cobertura de dente serrada	Série de superfícies paralelas inclinadas com aberturas verticais, ou inclinadas, num dos lados, o que permite entrada de luz natural proporcionando uma iluminação potencialmente mais difusa e uniforme.
Cobertura translúcida	Fechamento horizontal, parcialmente constituído de materiais translúcidos que separa os ambientes externos e internos ou dois ambientes internos, permitindo a entrada de luz natural.

Cúpula	Cobertura hemisférica vazada ou construída com materiais translúcidos permitindo iluminação e cobrindo toda ou a maior parte do espaço abaixo.
Lanternim	Elevação coberta da porção mais elevada da cobertura apresentando aberturas laterais nas faces opostas permitindo iluminação e ventilação.
Componentes de Passagem: Laterais	
Janela	Abertura num fechamento vertical cujo limite inferior está acima do nível do piso, permitindo a penetração lateral da luz e/ou radiação solar, visão ao exterior e ventilação natural.
Sacada	Abertura em fechamento vertical com limite inferior ao nível do piso, permitindo o acesso de pessoas ao exterior, permitindo penetração lateral de luz e/ou radiação solar, visão ao exterior e ventilação natural.
Parede translúcida	Paredes externas feitas de materiais translúcidos, compondo parte da envolvente externa da edificação permitindo a penetração difusa de luz natural.
Fachada cortina	Envolvente translúcida, sem função estrutural, separa o interior do exterior de uma edificação, permitindo a penetração lateral de luz natural ou radiação solar, visão ao exterior e, normalmente, não permite a ventilação.
Componentes de Passagem: Globais	
Membrana	Superfície translúcida ou transparente que envolve o ambiente total ou parcialmente, permite a entrada da luz natural e proporciona níveis de iluminação com baixo contraste.

Tab. 10 Componentes da Iluminação Natural

Os componentes de condução podem ser classificados como: intermediário – faz parte do contorno da edificação, guiando a luz natural para espaços internos agregados; e, interno – porção interior da edificação que distribui a luz natural para zonas específicas que não possuem acesso directo ao exterior. Já os componentes de passagem podem ser distinguidos como: zenital – localizado através de aberturas horizontais internas ou externas na edificação, separando dois ambientes iluminados, mas permitindo a entrada de luz a espaços inferiores; lateral – utiliza aberturas verticais internas ou externas na edificação, possibilitando a penetração de luz lateral; e, global – composto por superfície de material transparente ou translúcido, envolvendo total ou parcialmente o ambiente iluminado, permitindo entrada abundante de luz natural.⁸⁴ Para evitar uma grande incidência de radiação solar, os componentes de passagem podem receber elementos de controlo, conforme apresentado na Tab. 11.

⁸⁴ AMORIM, Cláudia Naves David – **Estratégias Projetuais para Iluminação Natural**. Pós Graduação Latu Sensu em Iluminação e Design de Interiores, IPOG – Instituto de Pós Graduação, 2010. p. 19

Superfícies de Separação

Activo	Separa dois ambientes, mas permite a modificação das propriedades ópticas de certos materiais pela aplicação de um campo eléctrico externo.
Convencional	Divide os ambientes, permitindo a visão e passagem de luz.
Prismático	Redirecciona a luz em função de suas características óptica geométricas.
Selectivo	Modifica as características da radiação que passa pela divisória, difundindo, redireccionando ou controlando sua intensidade dependendo do tratamento específico recebido.
Protecções Flexíveis	
Cortina	Elemento feito de material flexível, opaco ou difusor, colocado internamente para proteger o ambiente interno do sol directo.
Tela	Controla e intercepta parcial ou totalmente a luz directa do sol, difundindo a luz natural; permite a ventilação, porém, impede a visão ao exterior; pode ser móvel.
Toldo	Feito de material flexível, opaco ou difusor, disposto externamente para proteger um componente de passagem contra a insolação directa.
Protecções Rígidas	
Beiral	Integrado a edificação, projecta-se horizontalmente a partir da fachada acima de um componente de passagem, protegendo os ambientes internos e obstruindo parcial ou totalmente da radiação solar directa.
Peitoril	Disposto horizontalmente na parte inferior da abertura, a qual reflecte e redirecciona a luz natural incidente para os espaços internos.
Prateleira de luz	Colocado horizontalmente num componente de passagem vertical, acima do nível de visão, protege o ambiente interno contra a radiação solar directa e redireccionando a luz natural para o tecto.
Tela	Elemento de controlo rígido e opaco que redirecciona e/ou intercepta a radiação solar directa incidente sobre o componente de passagem, consistindo normalmente de estrutura fixa, não podendo ser regulado.
Filtros Solares	
Persiana	Elemento de controlo interno ou externo composto de lâminas fixas, ou móveis, ajustáveis conforme o ângulo de incidência solar e exigências de sombreamento; as lâminas são dispostas em espaçamentos regulares que cobrem toda a abertura, podendo ser recolhidas para os lados ou para cima.
Veneziana	Constituído por uma série de lâminas fixas, ou móveis, externamente dispostas, as quais cobrem totalmente o lado externo de uma abertura.

Tab. 11 Elementos de Controlo da Iluminação Natural e Componentes de Passagem

A iluminação através das aberturas zenitais, em geral, fornece uma maior uniformidade na distribuição da luz quando comparada a sistemas laterais com menor área de abertura. No entanto, a iluminação através das aberturas zenitais não fornece uma visão do entorno, necessidade básica na grande maioria dos ambientes. Somado a isso, outro problema dos sistemas zenitais é a limitação do seu uso em edificações de um pavimento ou ambientes de cobertura. Já a iluminação lateral é mais adequada nas áreas próximas às janelas, porém, como a iluminância produzida reduz-se à medida que se afasta da abertura, este sistema pode provocar uma distribuição de iluminância irregular e inadequada. Por outro lado, um ambiente com janelas de dimensões adequadas e superfícies interiores claras, resulta numa combinação ideal da luz directa e luz reflectida, possibilitando uma maior eficiência energética.

Ao escolher e utilizar um ou mais sistemas de iluminação natural, deve-se ter em conta a disponibilidade de luz natural, orientação solar, as características do edifício, a forma e a disposição dos ambientes que o compõem e, ainda, o tipo de actividade desenvolvida no ambiente, além, claro, fazer considerações de ordem económica e tecnológica, bem como aspectos relativos ao clima local. Análises de conforto térmico serão fundamentais para a comprovação do bem-estar no espaço interno.

Para atingir o maior conforto possível no espaço iluminado por luz natural, também são importantes os elementos de controlo. Estes são dispositivos projectados para regular a admissão de luz directa ou redireccioná-la através de um componente de passagem, servindo como filtros e barreiras que protegem os ambientes internos contra os raios directos do sol enquanto permite a passagem de luz e ventilação natural para o interior. Em alguns casos, os elementos de controlo ainda possibilitam manter contacto visual com o exterior. Eles podem ser externos ou internos, fixos ou reguláveis, opacos, translúcido ou transparentes, conforme a necessidade do ambiente.

Para se alcançar a eficiência energética dos espaços com a luz natural, as edificações do hemisfério norte devem ter as aberturas verticais direccionadas ao sul, devido ao facto de que no inverno a altura do sol é menor e, assim, as superfícies recebem os raios solares durante mais tempo; enquanto no verão, o tempo de insolação é menor devido ao sol se posicionar mais alto. No mesmo hemisfério, as aberturas com orientação para o norte não estão sujeitas a incidência directa da luz solar, podendo ser consideradas perdedoras de energia.⁸⁵

⁸⁵ Os espaços de maior permanência numa habitação, bem como os vãos envidraçados, deverão estar orientados ao Sul de modo a receber o máximo de radiação solar no inverno e terem fraca incidência do sol no verão. A fachada norte deve ser bem isolada e ter poucas aberturas. CUNHA, Márcio Manuel Ferreira – **Vão**

4.6 SISTEMAS AVANÇADOS DE ILUMINAÇÃO NATURAL

Actualmente existem diversas tecnologias e soluções que possibilitam a utilização da luz natural de uma maneira mais eficaz. Um sistema que utiliza a luz natural tem como objectivo otimizar a quantidade e a distribuição de luz num espaço. Estes sistemas desempenham diversas funções, entre elas: atuam como protecção e redução do encandeamento causado pelo sol e/ou altas luminâncias do céu e controlam os ganhos térmicos.

As técnicas de projecto com luz natural devem ser muito bem analisadas para que não ocorra excesso de insolação através dos componentes de passagem (esses são destinados para conduzir e distribuir a luz para o interior da edificação) e, por isso, são utilizadas protecções nas aberturas como elementos de controlo da luz. Desta maneira, deve ser levantada uma base de dados sobre a disponibilidade de luz natural e de insolação.

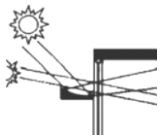
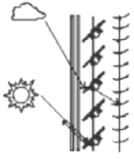
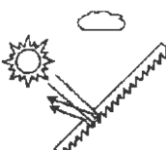
Existem quatro situações em que os sistemas para o aproveitamento da luz natural podem ser utilizados:⁸⁶

- Numa edificação rodeada por grandes obstruções, quando os dispositivos de controlo podem ser projectados para captar e redireccionar a luz proveniente de partes do céu não obstruídas para dentro dos ambientes.
- Quando os espaços são profundos e ocorre uma deficiência na uniformidade de iluminância. Assim, com a utilização dos sistemas em questão, parte do fluxo luminoso pode ser direccionada para as zonas localizadas longe das janelas e, desta maneira, melhorar a uniformidade da luz.
- Para os locais de climas ensolarados. Nesse caso, os sistemas actuam para limitar a penetração da luz solar directa e/ou para redireccioná-la para o interior do ambiente.
- Quando as exigências de iluminação no espaço são especialmente restritivas, como em museus ou escritórios, onde os ocupantes trabalham com computadores. Estes dispositivos auxiliam para reduzir o encandeamento e/ou excluir a penetração de luz solar directa.

Envidraçados: Geometria de Insolação – Optimização do Dimensionamento de elementos de Protecção Solar. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2005. p. 7.

⁸⁶ AMORIM. Op. cit. 2010. p. 41.

A Tab. 12 apresenta alguns sistemas para o aproveitamento da luz natural e as suas características. No anexo I, são apresentados outros exemplos de sistemas convencionais e avançados para luz natural.

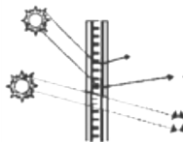
Sistema	Descrição
Materiais envidraçados avançados	Os materiais envidraçados surgem como meio para melhorar o desempenho das edificações em termos de aproveitamento da luz natural. Com as novas tecnologias, podemos reduzir os efeitos de encandeamento, obter sombreamento solar para melhorar o conforto térmico e redireccionar a luz para espaços interiores pouco iluminados e, consequentemente, reduzir os gastos com energia eléctrica.
Envidraçado revestimento espectralmente selectivo	Esse envidraçado otimiza o fluxo de energia e reduz as perdas de calor no inverno. Já nos períodos mais quentes, permite a entrada de luz natural ao mesmo tempo que bloqueia a admissão de energia solar infravermelha, com isso, acaba por diminuir os gastos com arrefecimento do ambiente. Esse revestimento «pode diminuir em cerca de 40% os ganhos solares térmicos, quando comparados com o vidro simples transparente tradicional e, como resultado, entra menos calor nos edifícios.» ⁸⁷
Palas reflectoras	São compostas por um deflector horizontal posicionado no interior e/ou exterior da fachada. Normalmente as palas são fixas, entretanto, elas podem ser móveis (incorporam sistemas de lamelas orientáveis através de um eixo horizontal de acordo com a posição do sol). Esse dispositivo proporciona protecção solar e redirecciona a luz natural incidente na parte superior da pala para o interior dos edifícios.
	
Estores de lamelas	São construídos por uma sequência de lâminas horizontais, verticais ou inclinadas. Podem ser instalados no interior, exterior ou entre painéis envidraçados, sendo fixos ou móveis. Para o sistema móvel, o seu controle pode ser tanto manual como mecânica. As lamelas podem ser planas ou curvas e são dispostas de uma maneira que o seu espaçamento esteja a uma distância inferior à largura da lamela, para que, assim, estas fiquem sobrepostas quando o estore seja fechado. Os estores podem obstruir, absorver, reflectir e/ou transmitir a radiação solar directa e difusa para o interior do edifício. ⁸⁸
	
Painéis prismáticos	Podem ser fixos ou móveis, sendo aplicados em aberturas para a captação e transmissão da luz natural. Esse sistema controla a luz transmitida através da refacção. A direcção da luz que chega é alterada através de um prisma. Os prismas são placas transparentes em resinas acrílicas ou vidro, com uma face plana e outra dentada. Normalmente a superfície dentada é voltada para dentro, ou inserida entre duas placas, para evitar problemas de manutenção. Suas principais características são: captação e redireccionamento mais eficaz da luz para o interior dos ambientes e o conforto visual e térmico, por reduzir a incidência de luz do sol e do céu. ⁸⁹
	

⁸⁷ SANTOS, António José – **A Iluminação nos Edifícios: Uma Abordagem no contexto da Sustentabilidade e Eficiência Energética**. Lisboa : LNEC, 2007, p. 15.

⁸⁸ Ibid., p. 26.

⁸⁹ AMORIM, Cláudia Naves David – **Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte II: Sistemas Inovadores para a Luz Natural**. Periódico Electrónico em Arquitectura e Urbanismo Paranoá, Vol. 4, 2002. p. 6. Disponível em http://www.unb.br/fau/pos_graduacao/paranoa/paranoa.htm. Acesso em 09 de Outubro de 2010.

Painel de corte a laser (Laser-Cut Panel)



É um elemento de fechamento com propriedades de deflexão da luz. É produzido em acrílico transparente seccionado a laser numa série de finos cortes paralelos. Normalmente os cortes são perpendiculares à face, mas é possível cortá-los em ângulos diferentes para se obter o controlo da direcção da luz deflectida. Os painéis são inseridos entre dois planos envidraçados e são utilizados tanto para aberturas internas como externas. «Estes painéis têm como principal característica deflectir uma elevada quantidade de luz em profundidade para o interior do compartimento, enquanto se mantém uma visão transparente.»⁹⁰ A técnica de controlo da entrada da luz solar no ambiente consiste na mudança da trajectória dos raios solares que, mediante a passagem pelos painéis, invertem sua direcção e atingem o tecto, espalhando-se de forma difusa pela sala. Através desse dispositivo de controlo da luz natural, pode-se potencializar a iluminação no espaço interior.

Tab. 12 Sistemas para Luz Natural

O controlo da luz natural no espaço interior pode ser dado através dos sistemas de sombreamento, que podem funcionar de maneira automática ou manual.

Segundo Amorim,

«A maioria dos sistemas de sombreamento são controlados manualmente, no entanto, quando os usuários têm somente a possibilidade do controle manual, os sistemas são frequentemente deixados fechados, o que elimina os benefícios potenciais da luz natural. Sistemas de sombreamento externos podem ser controlados automaticamente através de um interruptor central que abre, inclina ou fecha os dispositivos. É também possível medir a quantidade de luz disponível para determinar quando o sombreamento é necessário.»⁹¹

Os dispositivos de sombreamento causam diversos efeitos na iluminação, no conforto visual e térmico e, se usados correctamente, podem reduzir o consumo de energia.

4.7 FACTORES QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS DA ILUMINAÇÃO NATURAL

Hopkinson, Petherbridge e Longmore afirmam que para garantir uma iluminação natural adequada num projecto, devem ser aplicados os aspectos qualitativos e quantitativos como factores fundamentais na iluminação.⁹² Os factores quantitativos são os principais

⁹⁰ SANTOS. Op. cit. 2009. p. 44.

⁹¹ AMORIM. Op. cit. 2010. p.51.

⁹² HOPKINSON; PETHERBRIDGE; LONGMORE. Op. cit. 1975. pp. 529-530.

determinantes da quantidade de iluminação natural num edifício, como: a influência da área envidraçada através da localização e espaçamento disponível em relação à área do pavimento; as dimensões do ambiente, especialmente o pé-direito e a profundidade; as obstruções, exteriores e interiores; e as características reflectoras das superfícies interiores. Além destes factores quantitativos que controlam a quantidade de iluminação natural, há os factores qualitativos que regulam o encandeamento, a atenção e a distração.

Para António José Santos,

«Proporcionar uma boa iluminação requer que se consagre igual atenção aos aspectos quantitativos e aos aspectos qualitativos da iluminação. A existência de iluminâncias suficientes para a realização das tarefas visuais (principal exigência quantitativa) constitui, naturalmente, uma condição necessária, mas em muitas situações a visibilidade das tarefas visuais depende ainda de outros factores como sejam: o modo como a luz é disponibilizada, as características de cor das fontes de iluminação e das superfícies e dos níveis de encandeamento presentes».⁹³

Portanto, a partir dos aspectos quantitativos e qualitativos da iluminação natural, abordar-se-á todos os passos necessários para a realização de um projecto que leve em conta o uso da iluminação natural.

• Área Envidraçada

A quantidade de luz natural recebida no interior da edificação está directamente relacionada com as áreas envidraçadas. As principais trocas térmicas geralmente acontecem através de janelas, zenitais ou qualquer outro elemento transparente ou translúcido. A cor, o factor solar,⁹⁴ o nível de reflexão e transmissão luminosa são os factores fundamentais na escolha do vidro para o controlo da luz solar. Existem vários tipos de envidraçados. Um dos mais utilizados é o vidro comum, pois, sendo transparente, oferece boa visibilidade. Entretanto, conduz a radiação solar para o interior em demasia, transformando a energia recebida em calor e provocando a elevação da temperatura interna. Para amenizar as consequências térmicas criadas pelo vidro comum, foram desenvolvidos os vidros absorventes e os vidros reflectores, ambos com uma espécie de película que reduz o ingresso de calor.

⁹³ SANTOS. Op. cit. 2007. p. 4.

⁹⁴ O factor solar define a quantidade de energia solar final (luz e calor) que o vidro permite passar em relação ao total externo incidente. AMORIM. Op. cit. 2010. p. 37.

• Dimensões dos Espaços

As dimensões do ambiente são de grande importância, pois este factor interfere no processo de distribuição da luz. Com a iluminação zenital, as dimensões do ambiente não são significativas se a área envidraçada estiver distribuída na cobertura. Todavia, com a iluminação lateral, o pé-direito e a profundidade da sala, as janelas laterais são aspectos altamente significativos, sendo os seus efeitos na iluminação de um ambiente completamente interligados. A profundidade e a altura da sala e a quantidade de iluminação natural estão, portanto, directamente relacionadas. Desta maneira, a iluminação natural sobre um plano horizontal diminuirá a partir de posições afastadas da janela. Por isso, é óbvio que quanto mais alta a janela, maior será a iluminação num ponto distante, sendo um meio eficaz para obter melhor iluminação interior. Por outro lado, em dias excessivamente claros ocorre uma necessidade maior em proteger as janelas altas do que as janelas baixas. Sendo assim, para se obter um bom projecto de iluminação natural, maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens, é necessário projectar o controlo da luz disponível, medidas que devem ser definidas nas etapas iniciais de projecto.

• Características Reflectoras das Superfícies Interiores

A luz reflectida a partir da luz solar directa para um ambiente interno depende, essencialmente, da reflectância média de todas as superfícies reflectoras no interior. Ou seja, a intensidade da iluminação dependerá das diferenças reflectoras da mobília e das outras superfícies do ambiente. Se a mobília tem uma reflectância média comparável com a das outras superfícies da sala, a sua presença tem pouco efeito. Se a mobília é muito mais escura, reduzirá os valores médios do índice da reprodução de cores. A principal vantagem de uma mobília de alta reflectância será criar uma impressão de leveza, tal como uma mobília muito escura pode criar uma sensação de tristeza.

Os aspectos qualitativos da iluminação natural que influenciam as emoções e a atracção estética do projecto, fundamentam-se, necessariamente, num impacto pessoal, que diferirá de um indivíduo para outro. A disposição das janelas ou das superfícies reflectoras de um ambiente pode agradar, mas, ao mesmo tempo, pode não ser satisfatório, tudo depende muito da educação, do ambiente social e cultural donde provém o indivíduo e, claro, de suas preferências.⁹⁵

⁹⁵ HOPKINSON; PETHERBRIDGE; LONGMORE. Op. cit. 1975. p. 543.

4.8 FACTOR DE LUZ NATURAL

O factor de luz natural (daylight factor⁹⁶) é, geralmente, usado para estimar as iluminâncias internas a partir da luz natural. Este é definido como a razão entre a iluminância num ponto localizado de um plano horizontal interno, devido à luz recebida directa ou indirectamente da abobada celeste, e a iluminância horizontal externa, medidas, simultaneamente, sob a situação de céu encoberto. Este método foi desenvolvido para condições de céu nublado, pois a iluminância relativa é uma constante, o que não ocorre sob circunstâncias de céu claro ou encoberto. Para calcular o factor de luz natural podemos utilizar a seguinte expressão (Tab. 13).

Fórmula	Onde
$FLN = \frac{E_i}{E_e} \times 100\%$	Ei = Iluminância num ponto interno Ee = Iluminância horizontal em uma superfície externa

Tab. 13 Fórmula Factor de Luz do Dia

Assim, o factor de luz natural corresponde a eficácia da luz proveniente do céu para promover iluminância horizontal num interior, determinado a partir da medição do edifício e seu interior (paredes e tecto), também levando em conta as obstruções externas que restringem o potencial disponível de iluminância. O factor de luz natural pode ser de 100% na ausência de um edifício ou de uma obstrução.

4.9 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA LUZ NATURAL

São vários os métodos que podem ser utilizados pelos projectistas para avaliar o desempenho luminoso e a qualidade visual do ambiente. Para determinar a eficácia da luz

⁹⁶ O daylight factor é recomendado pela CIE - Commission Internationale de L'Eclairage. ABNT. Op. cit. 2004. p.2.

natural em ambientes internos, o desempenho pode ser distinguido em duas categorias: ambiental e energético. O primeiro diz respeito à qualidade do ambiente do ponto de vista das reacções humanas, enquanto o segundo diz respeito às necessidades de consumo de energia.

A seguir, são apresentadas as ferramentas para avaliação da luz natural dos ambientes internos, tais como: cálculos matemáticos, simulações com maquetas, simulações computacionais e carta solar.⁹⁷

• **Cálculos Matemáticos**

Sob certas circunstâncias, o uso de cálculos matemáticos é adequado, pois permite ao projectista uma avaliação rápida e aproximada do comportamento da luz natural na fase de ante-projecto.

• **Simulações com Maquetas**

Geralmente as maquetas são usadas para visualizar a forma final do projecto, suas fachadas e espaços internos. Esta estratégia permite uma avaliação do desempenho luminoso de um ambiente através de sensores e da exposição a uma fonte de luz, sendo um céu artificial ou a própria abobada celeste.

• **Simulações Computacionais**

Quando os projectistas fazem simulações computacionais, é possível realizar o cálculo da luz natural baseado na modelagem abstracta de ambientes internos com maior precisão e rapidez. Os projectistas utilizadores dos programas computacionais simulam os fenómenos físicos da luz, além de obter um banco de dados com informações auxiliares sobre os dados climáticos.

• **Carta Solar**

São representações gráficas do percurso do sol na abóbada celeste nos diferentes períodos do dia e do ano. As cartas solares variam com a localização geográfica, pois, para cada

⁹⁷ SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves – **Luz Natural no Projeto Arquitetônico: Uma Fonte Sustentável para a Iluminação**. In: Revista Lume Arquitetura, edição número 31, Abril/Maio de 2008. p. 76.

latitude existe uma carta solar. Estas são utilizadas para verificar o comportamento da luz directa do sol, interna ou externamente. A partir desse instrumento, podemos orientar as fachadas dos edifícios e projectar elementos de controlo da luz solar directa, os chamados protectores solares.

Estas ferramentas levam em conta a luminância da secção do céu vista através das aberturas e o seu tamanho adequado em relação ao ambiente, possibilitando, também, a análise da capacidade das aberturas em trazer luz para o interior através da sua transparência, geometria e reflectâncias das superfícies internas. Sendo assim, os projectistas necessitam desses métodos de avaliação que lhes permitem definir melhor as suas escolhas com o intuito de realizar projectos de iluminação de interiores mais eficientes.

CAPÍTULO V

PROJECTO LUMINOTÉCNICO SUSTENTÁVEL

5.1 INTEGRAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL

Para a execução de um projecto de iluminação com uma abordagem sustentável, é essencial que ocorra a integração entre a luz natural e a luz artificial, sendo de extrema importância atender as exigências de conforto, funcionalidade, segurança e eficiência energética. A eficiência energética pode ser alcançada através do uso adequado da luz natural e de sistemas de iluminação artificial eficientes. Quando ambas são reunidas numa proposta de projecto, elas aumentam o êxito com relação à economia de energia.

Segundo Daniela Cardoso Laudares Pereira e Cecília Mattos Muller:

«O projeto de iluminação no contexto da sustentabilidade deve buscar, antes de tudo, a integração entre luz natural e artificial, com o objetivo de se alcançar edificações energeticamente eficientes. O planejamento dessa integração deve avaliar o balanço da carga térmica nos espaços, com o controle do ofuscamento e com a adequação às variações da disponibilidade de luz natural nos diversos horários do dia e épocas do ano.»⁹⁸

A utilização da luz natural e à sua integração ao sistema de iluminação artificial tem como intenção proporcionar um ambiente visual interior adequado, assegurando o conforto e as condições de iluminação necessárias para a realização das actividades exercidas no espaço interior. Essa integração também proporciona benefícios às pessoas, devido à necessidade humana de contacto com a luz do Sol. Amorim afirma que «A visão humana desenvolveu-se

⁹⁸ PEREIRA, Daniela Cardoso Laudares; MUELLER, Cecília Mattos – **Iluminação e Sustentabilidade: A Integração entre Luz Natural e Artificial**. In: Revista Lume Arquitetura, edição número 26, Junho/Julho de 2007. p. 29.

com a luz natural, a constante mudança da quantidade de luz natural é favorável, pois proporciona efeitos estimulantes nos ambientes.».⁹⁹ Com isso, a exposição a luz natural, mesmo que controlada, aumenta a satisfação e o bem-estar dos usuários, influenciando o seu estado de saúde como um todo. Estas influências da luz podem resultar num aumento da disposição nas tarefas diárias, bem como uma maior motivação e um melhor rendimento. Desta maneira, ocorrem ganhos na produtividade dos ambientes de trabalho, além da redução do consumo de energia.

Pesquisas apresentadas pelo ICLEI - Local Governments for Sustainability afirmam:

«A iluminação dos espaços comerciais é responsável aproximadamente por 67% dos gastos com energia eléctrica. As empresas podem economizar cerca de 40 a 80% através da adopção de práticas sustentáveis. Além da economia directa, também previne os gastos futuros com energia. A investigação demonstrou que os níveis de iluminação ideal podem aumentar significativamente a produtividade e o bem-estar dos funcionários. Desta forma, uma iluminação eficiente tem efeitos para melhorar a qualidade do ambiente de trabalho e o aumento da produtividade. Os efeitos podem ser significativos para a poupança de energia.»¹⁰⁰

A partir do conhecimento das características do desempenho da luz natural para cada ambiente a ser trabalhado, podemos aplicar os métodos de integração da iluminação natural e artificial, que podem ser formados por dois componentes:

• Zona de controlo integrado

São as áreas da edificação que usam a luz natural e artificial conjuntamente para prover níveis de iluminância adequados para a iluminação geral ou de tarefa.

• Estratégia de controlo automático para cada zona

Onde cada espaço receberá um procedimento diferente na distribuição das luminárias e na escolha do sistema de controlo da iluminação artificial, sendo os conjuntos de luminárias distribuídos para que possam ser accionados separadamente, em zonas de maior ou menor luminosidade natural.

⁹⁹ AMORIM. Op. cit. 2010. p. 4.

¹⁰⁰ ICLEI – Local Governments for Sustainability – **Guide to Sustainable Office Lighting: Helping commercial tenancies to adopt sustainable lighting technologies, designs and practices**. p. 2. Disponível em <http://www.dvize.com/designwork/CoM-sus-lights-070629-A4.pdf>. Acesso em 18 de Agosto de 2011.

A iluminação através da luz natural oferece benefícios, podendo ser utilizada como estratégia para obter maior qualidade ambiental e eficiência energética nas edificações. De acordo com Cláudia Naves David Amorim, são diversos os pontos positivos da luz natural,

«Um projecto de iluminação natural adequado pode fornecer a iluminação necessária durante 80-90% das horas de luz diária, permitindo uma enorme economia de energia em luz artificial. A luz natural é fornecida por fonte de energia renovável: sendo o uso mais evidente da energia solar.»¹⁰¹

Com a utilização da luz natural, podemos obter maior eficiência energética através da economia directa no uso de sistemas de controlo da luz artificial, de forma que, quando houver luz natural suficiente, a luz artificial seja desligada ou diminuída. Para além dessa economia directa, também é possível uma economia indirecta se forem associados elementos de controlo para os componentes de passagem da luz natural, garantindo menores ganhos de calor solar, assim, tornando possível a redução da carga de refrigeração do ar condicionado e, conseqüentemente, a diminuição no uso da energia eléctrica. Entretanto, para realizar tais ganhos é necessário, desde o início do projecto, um estudo do comportamento da luz natural e das possíveis aplicações desta no ambiente a ser projectado.

5.1.1 EXEMPLOS DE INTEGRAÇÃO DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL

A seguir serão apresentados alguns exemplos de projectos luminotécnicos que se destacaram pelo planeamento integrado dos sistemas de iluminação natural e artificial.

¹⁰¹ AMORIM, Cláudia Naves David – **Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte I Estratégias de Projeto para uma Arquitetura Sustentável.** p. 2. Disponível em <http://vsites.unb.br/fau/qualilumi/arquivos/parte1.pdf>. Acesso em 12 de Julho de 2011.

• Museu Nasher Sculpture Center – Dallas – EUA

O museu Nasher Sculpture Center em Dallas – EUA, executado pelo arquitecto Renzo Piano, reúne cerca de 300 obras de renomados artistas. O edifício foi projectado com paredes paralelas de pedra, formando um total de 5 pavilhões. As fachadas frontal e posterior de cada pavilhão são fechadas por portas de vidro, o que possibilita a comunicação visual com a rua e jardins do museu. A cobertura de vidro transparente e a estrutura de aço foram executadas especialmente para esse projecto. O sistema da cobertura foi confeccionado com vidro curvado e está suspenso por cabos de aço inoxidável amarrados no prolongamento das paredes, na parte superior, foi instalado uma trama¹⁰² metálica de alumínio. Esse recurso foi desenvolvido para filtrar e aproveitar ao máximo a luz natural indirecta e oferecer sombreamento para que as obras estejam protegidas da incidência de luz solar directa. As fachadas (Fig. 48) e a cobertura de vidro (Fig. 49, 50) captam a luz natural e proporcionam ao espaço uma luminosidade fundamental para destacar as formas e texturas das esculturas expostas, o quê, durante o dia, é feito sem recorrer a iluminação artificial.

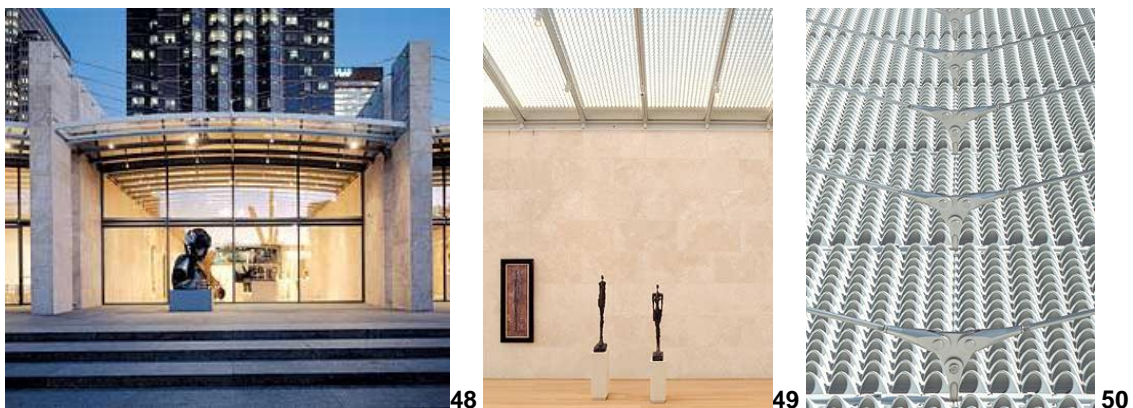


Fig. 48 Fachada Frontal do Nasher Sculpture Center em Dallas – EUA

Fig. 49 Pavilhão de exposição para telas e esculturas com sistema de iluminação natural, Nasher Sculpture Center em Dallas – EUA

Fig. 50 Cobertura curva de vidro suspensa por cabos de aço inoxidável e trama metálica de alumínio, Nasher Sculpture Center em Dallas – EUA

¹⁰² A trama tem desenho na forma de pequenos anéis condutores que captam a luz projetada do norte, recurso que cria iluminação natural cambiante durante todo o dia. Disponível em <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/renzo-piano-nasher-sculpture-24-06-2004.html>. Acesso em 12 de Novembro de 2011.

• Empresa Philips, Barueri – São Paulo – Brasil

A empresa Philips¹⁰³ está a implementar em seus escritórios os conceitos de mobilidade, inovação e sustentabilidade. A iluminação dos ambientes é planeada com a intenção de melhorar a eficiência do espaço, o bem-estar dos funcionários e a economia de energia eléctrica. Esses princípios foram implantados na nova sede da empresa Philips no Brasil, situada na cidade de Barueri – São Paulo, sendo a primeira da América Latina a adoptar o Workplace Innovation (WPI). Ao adoptar o WPI, a empresa conseguiu melhorar o ambiente de trabalho, sendo os espaços dimensionados, iluminados e mobiliados de acordo com a actividade que será realizada naquele local.

O projecto de iluminação foi completamente reestruturado, as lâmpadas convencionais foram substituídas pelos leds e, além disso, ainda foram instalados sensores de presença, controles de intensidade da luz e de temperatura de cor, o que permite uma ambientação personalizada capaz de simular diversas variações de luminosidade. A integração com a luz natural foi realizada através de sistemas com dimmers, os quais foram instalados próximos das janelas para se obter um maior aproveitamento da luz natural. Esse conjunto permite o acendimento automático conforme a necessidade de luz para as áreas de trabalho. Como podemos visualizar na Fig. 51, nas salas de escritórios foram instaladas luminárias do tipo duplo-parabólico para fluorescentes de 13 watts, as fileiras mais próximas das janelas são dimerizadas e o conjunto possui sensores de presença e de luminosidade. Já na Fig. 52, foram utilizadas luminárias pendentes com leds de 20 watts.



51



52

Fig. 51 Salas de Escritórios - Sede da Empresa Philips no Brasil, Cidade de Barueri – São Paulo

Fig. 52 Cafeteria – Sede da Empresa Philips no Brasil, Cidade de Barueri – São Paulo

¹⁰³ Disponível em <http://www.arcoweb.com.br/lighting/franco-amp-fortes-lighting-design-luminotecnica-de-09-05-2011.html>. Acesso em 12 de Novembro de 2011.

• Grupo Editorial II Sole 24 Ore – Milão – Itália

Na zona industrial da cidade de Milão, o arquitecto Renzo Piano trabalhou no projecto de reestruturação de um antigo prédio erguido em 1960 que, hoje, abriga os estúdios de rádio, televisão e a redacção do jornal do grupo editorial II Sole 24 Ore.¹⁰⁴ A edificação é em formato de U e, a partir da reestruturação, as fachadas (Fig. 53) e a cobertura (Fig. 54) tornaram-se transparentes, possibilitando maior captação da luz natural, além de permitir a visibilidade da parte interior do edifício para a área central. Nas fachadas dos pisos superiores foram instalados vidros que dispõem de tecnologia para garantir o controlo eficiente da intensidade da luz e do calor transmitidos para os interiores, enquanto a cobertura – que parece a imagem de um tapete suspenso sobre a edificação – funciona como um tela de protecção solar, tendo sido fabricada de uma lâmina com elevada resistência térmica a altas e baixas temperaturas. A parte inferior ganhou fachadas convencionais, com janelas e alvenaria aparente e, além disso, as fachadas ganharam um sistema de toldos accionados por comando electrónico. Já na área do restaurante, a cobertura curva tem estrutura metálica e vidros de alta eficiência energética que adquirem a função de proteger os ambientes internos da incidência directa dos raios solares, redireccionando a luz natural para o interior dos espaços. Desta forma, através das fachadas e coberturas transparentes, o edifício obteve maior proveito da luz natural, o que permitiu a redução do consumo energético.



53



54

Fig. 53 Fachada do Edifício – Grupo Editorial II Sole 24 Ore – Milão – Itália

Fig. 54 Cobertura em Vidro Transparente Grupo Editorial II Sole 24 Ore – Milão – Itália

¹⁰⁴ Disponível em <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/renzo-piano-building-workshop-sole-24-26-10-2005.html>
Acesso em 12 de Novembro de 2011.

• Banco Pactual – São Paulo – Brasil

Para as salas de investimentos do Banco Pactual¹⁰⁵ (Fig. 55), foi realizado um projecto luminotécnico em que a iluminação criada para os espaços foi obtida a partir da premissa de integração da luz natural e artificial, tendo como propósito, obviamente, alcançar o conforto visual dos ocupantes e o consumo racional de energia eléctrica. Neste projecto, a iluminação natural e a artificial (Fig. 56) foram articuladas por sensores especiais, conectados a reactivores electrónicos dimerizáveis que informam sobre a necessidade de mais ou menos luz para o espaço, sendo estipulados 500 lux por metro quadrado junto aos postos de trabalho.

Os postos de trabalho da sala de investimentos foram configurados para que se posicionassem de forma paralela e próximos às duas faces de vidro. Para reduzir a entrada excessiva de luz natural, foram inseridos sistemas blackout de protecção nas janelas, enquanto o posicionamento da iluminação artificial foi realizado por luminárias de mesa rectangulares, criadas especialmente para o projecto. Essas luminárias de mesa são feitas com aletas metálicas anti-ofuscamento e estão associadas a rebatedores curvos pendurados no tecto. Para a criação desse conjunto de luminárias, foi necessário determinar a distância entre os elementos, sendo estipulado limites de altura para que a luminária de mesa não causasse ofuscamento visual do funcionário quando ele estivesse sentado ou durante o percurso pelos corredores próximos das mesas; enquanto o reflector do tecto foi localizado para focalizar homoganeamente a luz rebatida na superfície de trabalho.

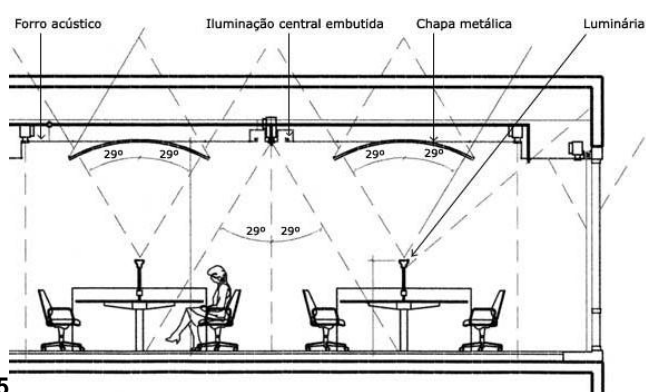


Fig. 55 Sala de Investimento Banco Pactual – São Paulo – Brasil

Fig. 56 Sistema de Iluminação Artificial – Sala de Investimentos Banco Pactual – São Paulo - Brasil

¹⁰⁵ Disponível em <http://www.arcoweb.com.br/lighting/senzi-consultoria-luminotecnica-luminotecnica-de-04-06-2007.html> Acesso em 13 de Novembro de 2011.

• Banco Raiffeisen Landesbank – Innsbruck – Áustria

O Banco Raiffeisen Landesbank,¹⁰⁶ localizado na cidade de Innsbruck – Áustria, passou por uma reforma da parte luminotécnica do hall, espaço de atendimento e galeria. O projecto deveria garantir níveis adequados de luminosidade e conforto visual durante o dia. Na parte interna do edifício, além do projecto luminotécnico, foram trocados os materiais de acabamento para assegurar o nível adequado de luminosidade. Essas medidas reduziram em 25% o número de luminárias utilizadas e em 40% o consumo de energia. O espaço para atendimento geral (Fig. 57) exigiu grande atenção durante a reforma devido a sua falta de luminosidade, o que contrariava as exigências legais e as directrizes da Comunidade Europeia para postos de trabalho com computadores. Desta forma, para complementar a iluminação e acentuar o zoneamento das áreas, foram utilizadas luminárias de vapor metálico por sistemas de rebatimento. Essas lâmpadas oferecem rendimento luminoso similar ao das fluorescentes, mas com a vantagem adicional de melhor distribuição espectral, o que passa a impressão de um ambiente interno com mais brilho, menos ofuscamento e melhor percepção das cores. Além da parte interna do banco, as fachadas do edifício (Fig. 58) também passaram por reforma e receberam novos sistemas de iluminação natural. Nas fachadas leste e oeste, foram utilizados prismas de protecção solar para aproveitar 85% da luz natural, bloqueando a entrada de calor em cerca de 90% e reduzindo a necessidade de climatização. Esse sistema permitiu o aumento da entrada de luz natural no ambiente e garantiu sua distribuição homogénea.



57



58

Fig. 57 Salão de Atendimento Geral com Luminárias de Vapor Metálico e Sistema de Rebatimento, Banco Raiffeisen Landesbank – Innsbruck – Áustria

Fig. 58 Fachada com Sistema Prismático, Banco Raiffeisen Landesbank – Innsbruck – Áustria

¹⁰⁶ Disponível em <http://www.arcoweb.com.br/lighting/bartenbach-lichtlabor-iluminacao-de-11-01-2001.html>. Acesso em 05 de Dezembro de 2011.

Os exemplos de projectos luminotécnicos que foram apresentados, todos possuíam a premissa de integração da luz natural e artificial, destacando a importância do planeamento da iluminação dos espaços para que ocorra a economia de energia eléctrica, conforto ambiental e segurança para os seus ocupantes.

5.2 METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE PROJECTO LUMINOTÉCNICO

O desenvolvimento de qualquer projecto exige uma metodologia que permita estabelecer uma sequência lógica das etapas necessárias para efectivá-lo. Por esta razão que, nos capítulos anteriores, foram expostos os conceitos e definições sobre a luz natural e a luz artificial, com o propósito de criar uma metodologia de projecto luminotécnico com a integração da iluminação natural e artificial com uma abordagem sustentável. Essa metodologia proposta pode ser aplicada e adaptada para projectos de interiores, tais como: residencial, lojas, escritórios, restaurantes, etc. Portanto, para definir essa metodologia, foi necessário recorrer a pesquisa de vários autores que abordam o tema da sustentabilidade, da iluminação – tanto artificial quanto natural –, bem como, estudiosos que tratam sobre a metodologia para as práticas de design.

Segundo Bernhard E. Bürdek,

“Teoria e metodologia do design são reflexos objetivos de seus esforços que se destinam a otimizar métodos, regras e critérios e com sua ajuda o design poderá ser pesquisado, avaliado e também melhorado. Uma visão mais próxima nos mostra que o desenvolvimento de teoria e método também é embebido de condições histórico-culturais e sociais. Praticar a teoria no design significa em primeiro lugar se voltar para a teoria do conhecimento.”¹⁰⁷

A figura 59, logo abaixo, apresenta uma metodologia na qual há vários passos necessários para a elaboração de um projecto luminotécnico com a integração da luz natural e artificial.

¹⁰⁷ BÜRDEK, Bernhard E. – **História, Teoria e Prática do Design de Produtos**. São Paulo : Edgard Blücher. 2006. ISBN 85-212-0375-6. p. 225.

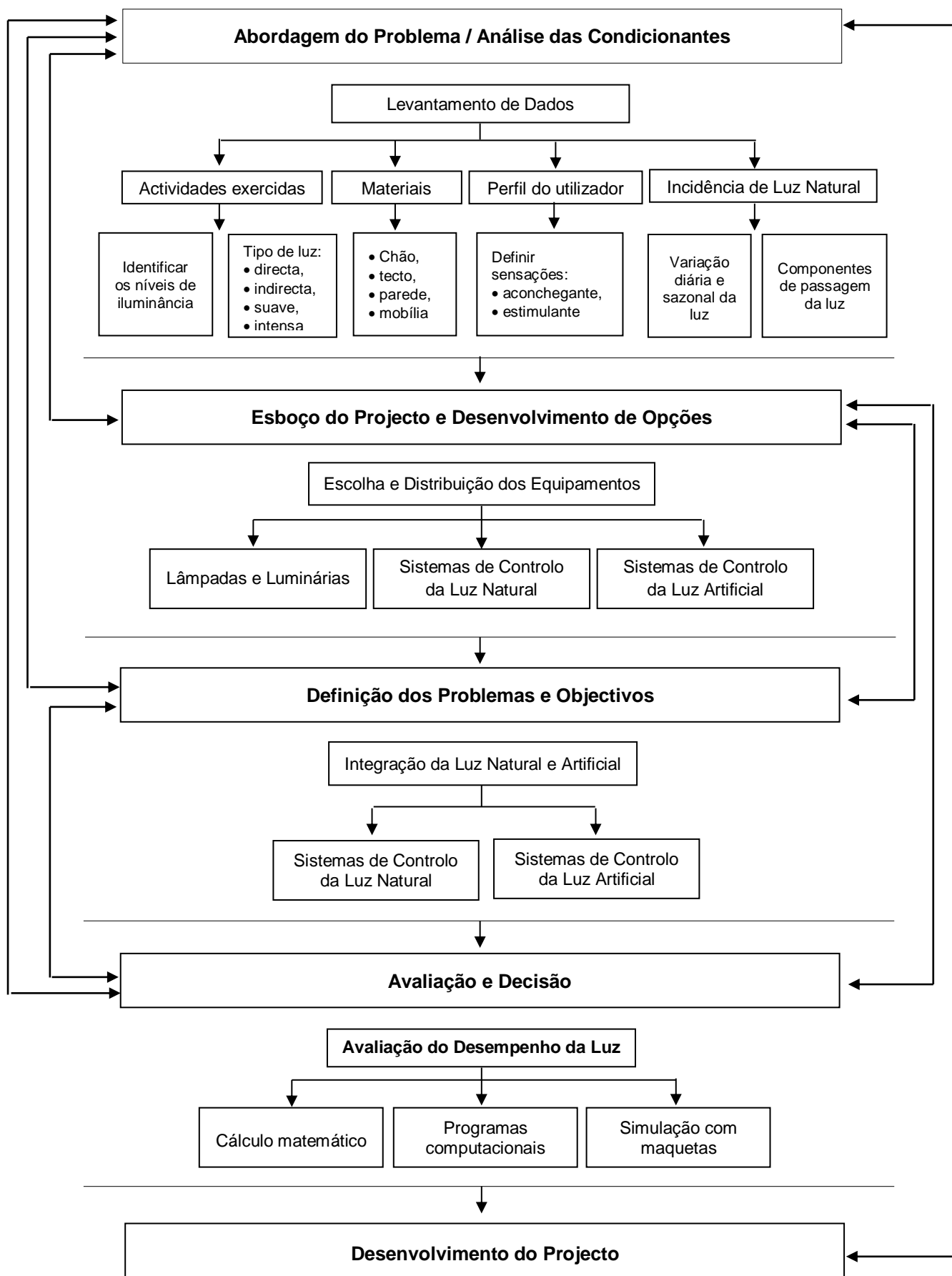


Fig. 59 Metodologia para Elaboração de Projecto Luminotécnico com Abordagem Sustentável

• Abordagem do Problema / Análise das Condicionantes – Levantamento de Dados

O primeiro passo ao iniciar um projecto de iluminação, deve ser o planeamento de como desejamos que o ambiente seja iluminado. Para isso, é necessário fazermos o levantamento dos dados do ambiente para constatar qual a sua funcionalidade e quais as sensações que desejamos que o utilizador tenha. Nessa etapa, devemos avaliar as actividades exercidas e identificar quais são os níveis de iluminância necessários para o ambiente. As normas de iluminação definem um nível de iluminância mínima (definido em lux) para os diferentes tipos de função em cada ambiente, conforme foi apresentado na Tab. 04 do Capítulo II.

Para garantir uma iluminação apropriada e com eficiência energética, é necessário que seja realizado o levantamento dos materiais no ambiente. Isso é importante porque os materiais, bem como as cores do espaço, interferem directamente na iluminação. Cores escuras reflectirão deficientemente a luz, enquanto o branco terá uma maior reflexão, ocorrendo uma menor necessidade de lâmpadas e luminárias. Quanto mais claras forem as paredes e o mobiliário, melhor será o rendimento da iluminação. Logo, a escolha de uma cor clara é um componente adicional de economia de energia (ver Capítulo II, item 2.9 Luz e Cor).

As sensações que queremos transmitir ao utilizador do espaço são pensadas a partir da observação do ambiente e do perfil dos utilizadores, para, então, definirmos se o ambiente será mais estimulante ou mais aconchegante. Somente após esta análise que será definido qual o tipo de luz que é mais adequado para o espaço e, obviamente, se será instalada uma iluminação geral, indirecta, directa, suave ou intensa. No Capítulo III, item 3.1, é apresentado detalhadamente sobre os tipos de iluminação artificial.

Ao realizarmos um projecto utilizando a iluminação natural, o projectista deve, primeiramente, analisar e definir o caminho de entrada da luz natural – seja do sol, do céu ou dos objectos exteriores nos quais a luz será reflectida para os pontos no interior da edificação – de forma a conseguir uma eficiente distribuição da luz (ver Capítulo IV, item 4.3 Fontes de Luz Natural e item 4.4 Reflexões da Luz Natural).

A escolha dos sistemas de condução e passagem da luz natural através do tamanho, da forma e da posição das aberturas, determinarão a quantidade de luz que irá incidir no espaço. Por um lado, aberturas de grandes dimensões podem causar uma entrada excessiva de luz, resultando numa carga térmica indesejável. Por outro lado, pequenas aberturas necessitam de iluminação auxiliar. Desta forma, os arquitectos deverão trabalhar em conjunto com um projectista na área da iluminação para atingir um desempenho

luminoso adequado ainda antes de iniciar o projecto de iluminação artificial. Os sistemas de iluminação natural são expostos detalhadamente no Capítulo IV, itens 4.5 e 4.6.

Quando o projecto da iluminação artificial se associa a iluminação natural, ainda devemos analisar a incidência da luz natural através da variação diária e sazonal da luz. Desta forma, conseguimos identificar qual é o melhor sistema de controlo para evitar a incidência directa da luz, evitando o desconforto visual e o sobreaquecimento do espaço. Na Tab. 12 do Capítulo IV, são demonstrados alguns sistemas avançados para luz natural e as suas características.

• **Esboço do Projecto e Desenvolvimento de Opções – Escolha e Distribuição dos Equipamentos**

A escolha dos sistemas de controlo da luz natural e artificial ocorre nessa etapa. Quando realizamos a escolha mais adequada para um projecto sustentável, colaboramos de forma significativa para a economia de energia, além de contribuir para o aumento da vida útil dos equipamentos. Os sistemas interferem directamente na questão de quando e como utilizar a iluminação artificial, empregando ao máximo a iluminação natural existente no ambiente. Pode-se, por exemplo, inibir o acendimento de uma lâmpada se um sensor de luminosidade detectar que ainda existe iluminação natural suficiente no local.¹⁰⁸ A correta distribuição dos sistemas assegura que a iluminação seja disponibilizada na quantidade apropriada e no local adequado para que funcione durante o período de tempo desejado. Uma iluminação adequada é necessária para reduzir os riscos com acidentes e aumentar a segurança, seja a iluminação pública, residencial ou numa indústria onde se realizam actividades insalubres.

Com a integração da luz natural e artificial podemos alcançar a eficiência energética, que pode ser otimizada com a instalação de lâmpadas económicas e sistemas de controlo que regularizem a iluminação artificial conforme a necessidade de luz durante o dia, sendo que existe no mercado diversos tipos de lâmpadas e luminárias para cada tipo de sistema de iluminação. Os sistemas de iluminação, por sua vez, podem ser aplicados de forma eficiente a partir do conhecimento prático e teórico sobre a luz, ou seja, saber interpretar e realizar a melhor escolha da iluminação conforme a necessidade de cada ambiente. Nas cozinhas, por exemplo, a iluminação geral é conseguida com lâmpadas fluorescentes enquanto a iluminação de destaque com lâmpadas de halogéneo. Sabendo utilizar as propriedades da

¹⁰⁸ FREITAS, Luciana – **Automatizar para Economizar**. In: Revista Lumière, edição número 147, Julho de 2010. p. 36.

luz natural e de cada lâmpada, podemos tornar mais eficiente a iluminação dos espaços. No Capítulo III, foram apresentados alguns dos diversos tipos de lâmpadas, luminárias, equipamentos auxiliares e os principais sistemas de controlo da iluminação artificial disponíveis actualmente no mercado.

O estabelecimento do layout das luminárias em sistemas independentes é uma forma de complementar a iluminação natural, ou actuar quando esta não estiver disponível. Isso envolve a avaliação do espaço para decidir como serão distribuídas as luminárias, os circuitos e os controlos para que ocorra o acendimento automático das lâmpadas. Esses sistemas percebem os níveis de iluminação, de forma a acender apenas as lâmpadas necessárias para complementar os níveis de iluminação natural disponível. No capítulo III, item 3.7, é explicado o cálculo geral para a quantidade de lâmpadas e luminárias necessárias para o ambiente; já no item 3.8, é explicado de forma simplificada como é realizada a sua distribuição.

Além da quantidade de lâmpadas e luminárias, bem como do nível de Iluminância, é imprescindível a determinação da potência da instalação para se avaliar os custos com a energia. O valor da “Potência por m²” é um índice que, quando correctamente calculado, pode ser o indicador de projectos luminotécnicos mais económicos.

• Definição dos Problemas e Objectivos – Integração da Luz Natural e Artificial

O projecto de iluminação que aborda a integração entre os sistemas de iluminação natural e artificial tem como objectivo utilizar ao máximo a luz natural e, desta forma, obter eficiência energética com a redução do consumo de energia pela iluminação eléctrica. O sistema de iluminação natural deve ser planeado para atender às necessidades dos usuários na maior parte do tempo, enquanto o sistema de iluminação artificial será projectado, primeiramente, para suplementar a iluminação natural e, secundariamente, para substituí-la.

Num sistema de controlo da iluminação artificial, é necessário observar a localização do sensor e o zoneamento, mas existem outros factores que são importantes para seu sucesso, como: a localização e a orientação do edifício, o posicionamento das janelas e/ou zenitais e os sistemas de controlo de sombreamento que impedem a luz solar directa e o ofuscamento, desta maneira, evitando que o ambiente seja desconfortável para os usuários

do edifício. O componente para a integração do sistema de controlo da luz natural e da luz artificial podem ser visto na Fig. 60.¹⁰⁹

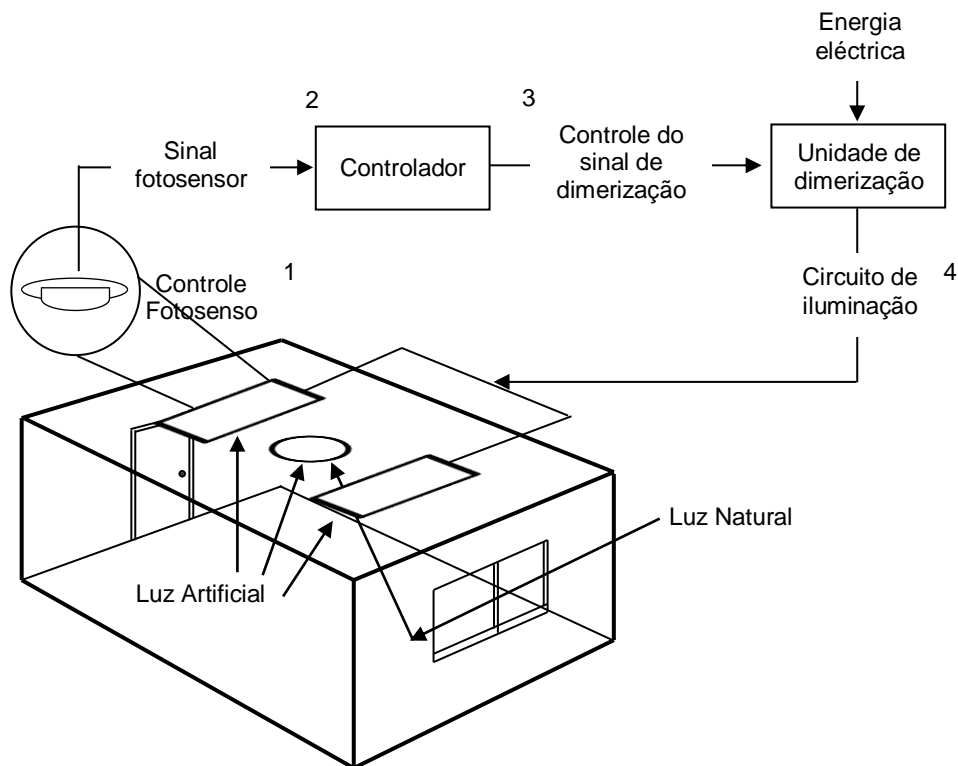


Fig. 60 Componentes para Sistema Integrado

Os componentes para sistema integrado são divididos em quatro partes:

- 1) Sensor de luz, que fornece um sinal proporcional à quantidade de luz natural disponível;
- 2) Unidade de processamento posterior do sinal digital;
- 3) Algoritmo de controlo, que calcula o sinal de dimerização a partir do sinal do sensor;
- 4) Conversor de sinal, que converte a ordem abstracta para o sistema de dimmer ou on/off em sinais analógicos do controlo de energia.

¹⁰⁹ AMORIM. Op. cit. 2010. p. 53.

A Fig. 61, demonstra o esquema para definir o tipo de controlo da luz artificial, considerando a integração com a luz natural.

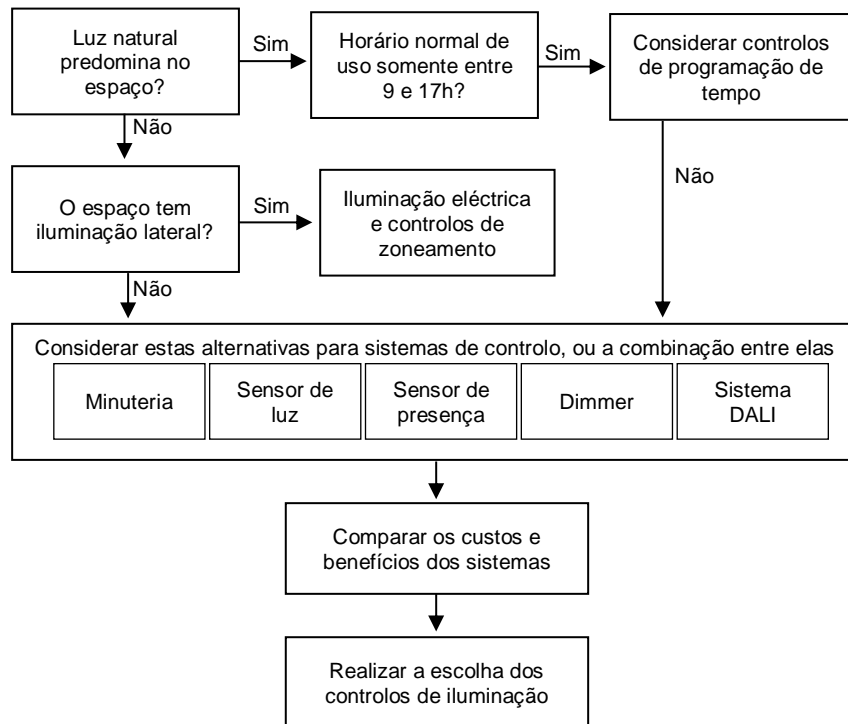


Fig.61 Esquema para escolha do Sistema de Controlo da Luz Artificial

• Avaliação e Decisão – Avaliação do Desempenho da Luz

Quando se produz um projecto luminotécnico, é necessário efectuar simulações da iluminação no ambiente com a finalidade de conhecer o comportamento prévio dos sistemas para luz natural e artificial. Os projectistas utilizam programas computacionais, simulações com maquetas e métodos de cálculos que permitem computar o desempenho do sistema de iluminação para atingir os objectivos desejados, tanto em termos de quantidade e distribuição de luz, como, também, quanto ao custo-benefício das estratégias adoptadas em relação à economia de energia. No Capítulo IV, item 4.9 são expostos os vários métodos de avaliação do desempenho da luz.

• Desenvolvimento do projecto

Essa etapa é executada após um conjunto de decisões definidas e realizadas durante o projecto luminotécnico. Nessa fase, avaliamos os resultados e o consumo energético (ver capítulo III, item 3.9). Se percebemos que a realidade não corresponde com aquilo que havíamos definido, é necessário iniciar as medidas correctivas necessárias.

A partir da metodologia para elaboração de projecto luminotécnico apresentada na Fig.59, foi possível realizar dois projectos luminotécnicos (um escritório e uma residência), ambos situados na cidade de Lisboa. Esses projectos têm como objectivo integrar a iluminação natural e artificial e determinar os níveis de iluminância adequados, aprimorando as questões de conforto, funcionalidade e eficiência energética para os espaços.

5.3 PROJECTO LUMINOTÉCNICO – ESCRITÓRIO

O primeiro projecto foi de um escritório que possui uma área de 111,6m². Os sectores do escritório são divididos em: átrio, hall, sala dos funcionários (open space), sala do director, sala de reuniões, casa de banho e terraço. Para esse trabalho foi realizado o projecto luminotécnico de três sectores da empresa: a sala dos funcionários (open space) (Fig. 62), a sala do director (Fig. 63) e a sala de reuniões (Fig. 64). Esses espaços foram escolhidos por possuírem integração entre a luz artificial e natural.

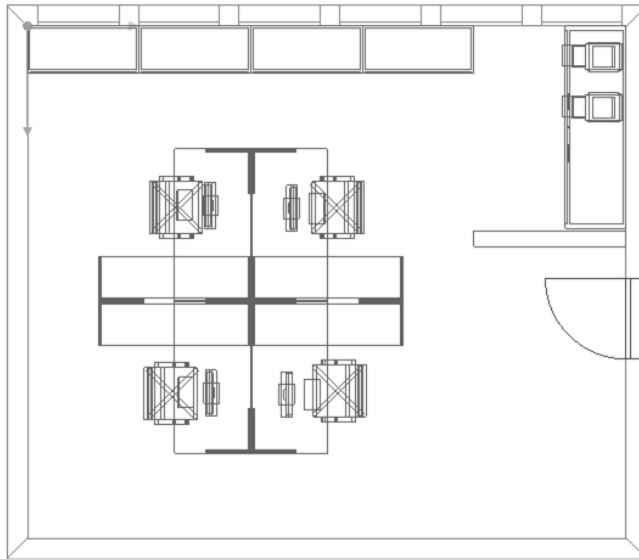


Fig. 62 Sala dos Funcionários (Opens Space)

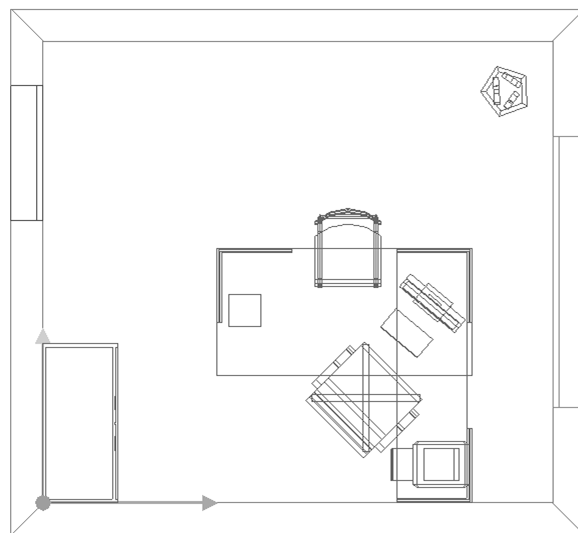


Fig. 63 Sala do Director

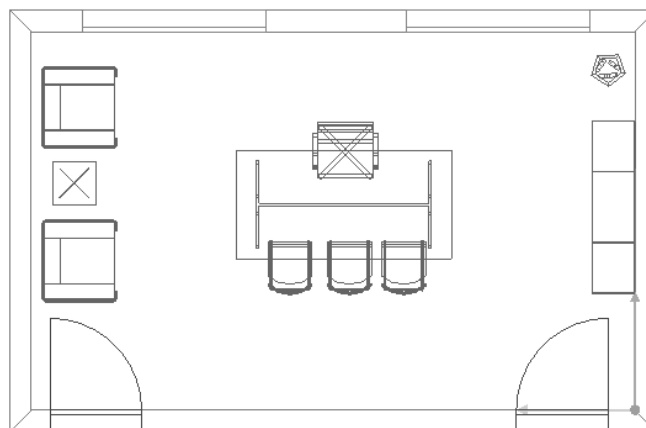


Fig. 64 Sala de Reuniões

5.3.1 ABORDAGEM DO PROBLEMA / ANÁLISE DAS CONDICIONANTES – LEVANTAMENTO DE DADOS

Na sala dos funcionários e na sala do director são exercidas as actividades de leitura, escrita, digitação, fotocópias e processamento de dados, enquanto a sala de reuniões é utilizada para receber clientes, realizar acordos e negociações, ou para trocar opiniões e debater ideias com os funcionários. A referência recomendada dos níveis de iluminância para escritório varia entre 500 e 600 lux, e o tipo de iluminação mais adequada é a iluminação directa e de tarefa.

As cores influenciam muito o tipo de iluminação, logo, para os escritórios recomenda-se a utilização de tonalidades claras para o chão, paredes, tectos e mobiliário, desta forma, criando uma harmonia entre as luminâncias e minimizando o cansaço visual provocado pelos diferentes níveis de cores contrastantes. Os três espaços possuem piso em cerâmica cinza escuro, parede e tecto branco, mobiliário laminado castanho-escuro.

Ao projectarmos a iluminação para um escritório, devemos priorizar os espaços de trabalho para que esses sejam estimulantes. Para esse tipo de ambiente é importante que se crie condições para que as pessoas maximizem a produtividade. De acordo com Silva, os escritórios são locais de produtividade e necessitam de luz apropriada e na quantidade certa. Assim, a quantidade de lâmpadas influenciará, inclusive, a produtividade, que, por sua vez, influenciará o resultado financeiro da empresa.¹¹⁰

Como componentes de passagem da luz natural, a sala dos funcionários possui janelas e as salas do director e de reuniões possuem portas-janelas. A orientação das janelas da sala dos funcionários fica para oeste enquanto as da sala do director e de reuniões ficam para leste. As janelas de todos os espaços são convencionais, com vidros simples e translúcidos. Isso gera o inconveniente de permitir altos níveis de iluminação natural junto ao vão envidraçado, descendo rapidamente os níveis a medida que se afasta do vão, perdendo o desempenho da luz natural para o espaço. Na sala dos funcionários (open space), as janelas são direccionadas para oeste e recebem intensa luz do sol no período da tarde; já a sala do director e a sala de reuniões, como são posicionadas para leste, recebem muita luz natural pela manhã.

¹¹⁰ SILVA. Op. cit. 2007. p. 100.

5.3.2 ESBOÇO DO PROJECTO E DESENVOLVIMENTO DE OPÇÕES – ESCOLHA E DISTRIBUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

O ambiente de um escritório deve ser estimulante. Para atingir esse objectivo, ao menos no que depende da iluminação, são aplicadas lâmpadas com a tonalidade de cor de luz branca neutra e a temperatura de cor em aproximadamente 4.000K.¹¹¹ Aconselha-se que o índice de reprodução de cores para este tipo de trabalho seja acima de 80%. As cores mais quentes das lâmpadas como o branco amarelado tornam o espaço mais relaxante. Porém, dependendo do ritmo exigido, é possível criar qualquer atmosfera através das diversas lâmpadas encontradas actualmente no mercado.

A iluminação directa é a mais utilizada nos escritórios, onde as luminárias costumam empregar lâmpadas fluorescentes com reflectores ou difusores, sendo instaladas no tecto para haver uma incidência directa – de cima para baixo – tornando a superfície de trabalho mais destacada no ambiente. As lâmpadas fluorescentes, tanto as tubulares como as compactas, são as mais utilizadas nos escritórios por causa da sua tonalidade de cor da luz e pelo seu índice de reprodução de cores, além de serem económicas e não sobreaquecer o ambiente. As luminárias embutidas no tecto também são as mais aplicadas, porém, existem luminárias pendentes que incidem a luz para baixo e para cima, em direcção ao tecto, tornando a luz mais difusa e criando menos sombras. Esse método de iluminação também aumenta a sensação de amplitude e do pé direito do ambiente.

Todas as lâmpadas instaladas no escritório produzem um nível médio de iluminância no plano de trabalho de 600 lux. Desta forma, o ambiente se torna apropriado para os funcionários e possibilita a execução das tarefas visuais sem problemas, conforme é apresentado nas Figs. 67, 70 e 73.

¹¹¹ A temperatura de cor ideal é 4.000K, mas quando se trata de regimes intensos de trabalho que exigem muita atenção e nos quais não se pode provocar sonolência, temos no mercado o tipo T-5 de 8.000K. Nesta temperatura de cor de luz, a produção da melatonina cai drasticamente, evitando o sono. SILVA. Op. cit. 2007. pp. 101-102.

• Lâmpadas e Luminárias – Sala dos Funcionários (Open Space)

A iluminação geral da sala dos funcionários foi concebida com quatro luminárias de encastrar *TBS460* da gama *SmartForm* da marca Philips (Fig. 65). Essa luminária comporta duas lâmpadas *Master TL5* e balastro electrónico. A lâmpada escolhida foi a *Master TL5* de 28w (Fig. 66) da gama *Efficiency Eco* da marca Philips, que possui luz branca fria, com temperatura de cor 4.000K e índice de reprodução de cores de 85%. Para accionar as lâmpadas foi inserido um interruptor manual on/of de duas teclas. No anexo II é possível visualizar o desenho técnico da iluminação artificial da sala dos funcionários com as medidas para a instalação das lâmpadas e luminárias.

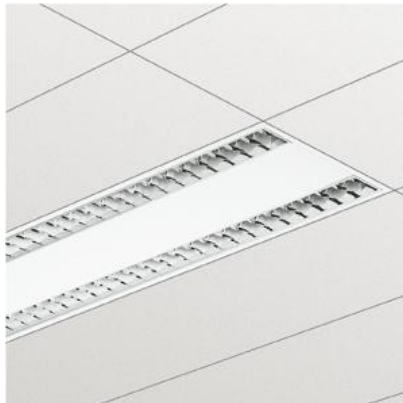


Fig. 65 Luminária de Encastrar TBS460 – Gama SmartForm – Marca Philips



Fig. 66 Lâmpada Master TL5 de 28W – Marca Philips

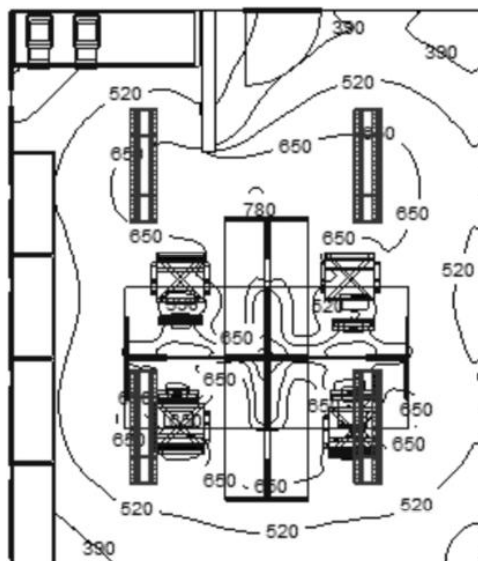


Fig. 67 Quantidade de Lux Calculada em Função dos Equipamentos – Sala dos Funcionários (Open Space)

• Lâmpadas e Luminárias – Sala do Director

Na sala do director, foram instaladas duas luminárias de encastrar *TBS411* da gama *SmartForm* da marca Philips (Fig. 68), que comportam uma lâmpada *Master TL5* e balastro electrónico. A lâmpada utilizada na luminária foi a *Master TL5* de 32w (Fig. 69) da gama *Efficiency Eco* da marca Philips. Essa lâmpada possui luz branca fria, com temperatura de cor 4.000K e índice de reprodução de cores com qualidade nível 1 de 85%. Para accionar as lâmpadas foi inserido um interruptor manual on/of de uma tecla. No anexo II, pode-se visualizar o desenho técnico da iluminação artificial da sala do director com as medidas para a instalação das lâmpadas e luminárias.



68



69

Fig. 68 Luminária de Encastrar TBS411 – Gama SmartForm – Marca Philips

Fig. 69 Lâmpada Master TL5 de 32W – Marca Philips

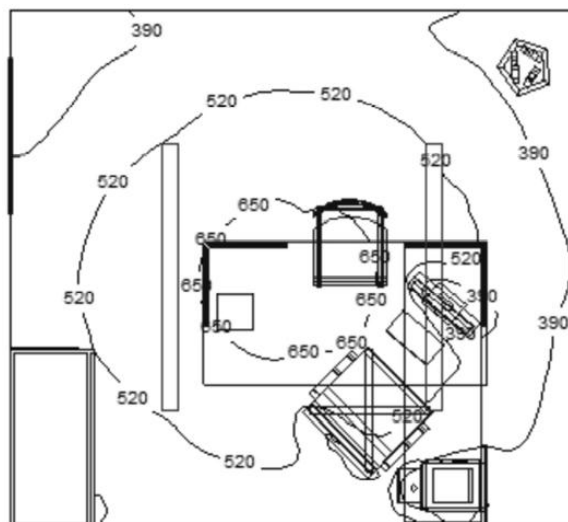


Fig. 70 Quantidade de Lux Calculada em Função dos Equipamentos – Sala dos Director

• Lâmpadas e Luminárias – Sala de Reuniões

A sala de reuniões é o ambiente representativo da empresa, pois nesse espaço são recebidos os clientes e realizados acordos e negociações. Para criar uma iluminação mais elegante e sofisticada, foram instaladas acima da mesa de reuniões duas luminárias suspensas BPS800 da gama *DayWave* da marca Philips (Fig. 71), que possui como fonte de luz a tecnologia LED na versão branca neutra com temperatura de cor 3.000-5.500k, índice de reprodução de cores de 80% e balastro electrónico integrado. A distribuição da luz dessa luminária é semidirecta, o fluxo luminoso está direccionado em 80% para baixo e 20% para cima.



Fig. 71 Luminária Suspensa BPS800 – Gama DayWave – Marca Philips

Para dar destaque ao quadro que se encontra no ambiente, foram instalados três luminárias de encastrar BBG441 da gama *Spot LED* da marca Philips (Fig. 72), que inclui tecnologia LED, possui luz branca quente e temperatura de cor 2.700k. Essa luminária não produz radiação UV ou de calor no feixe, por isso os objectos sensíveis podem ser iluminados à curta distância. Quando comparado com os equipamentos de halogéneos tradicionais, a tecnologia LED de alta potência elimina a necessidade de reinstalação de lâmpadas, possibilitando a poupança de energia e de manutenção. O consumo de energia dessa lâmpada é de 12,4 W.

Para accionar as lâmpadas deste espaço foram inseridos dois interruptores manuais on/of com duas teclas em cada. Podemos visualizar o desenho técnico da iluminação artificial da sala de reuniões no anexo II, onde se encontram as medidas para a instalação das lâmpadas e luminárias.



Fig. 72 Luminária Encastrada BBG441 – Gama Spot Led – Marca Philips

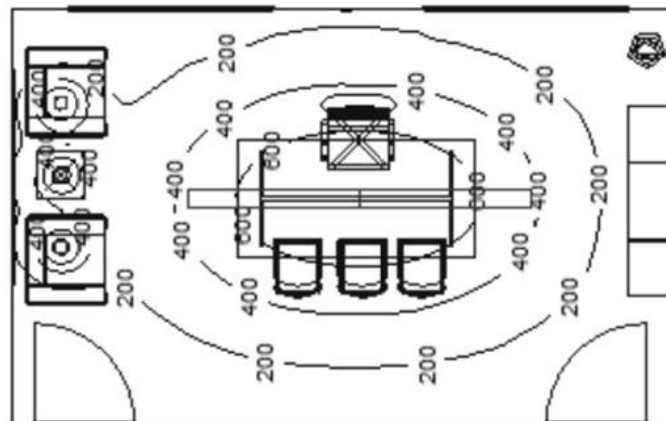


Fig. 73 Quantidade de Lux Calculada em Função dos Equipamentos – Sala de Reuniões

• Sistema de Controlo da Luz Artificial

Em conjunto com a iluminação artificial, também foram instalados nas luminárias da sala dos funcionários (open space) e da sala do director, um sistema para o aproveitamento da luz natural. O sistema *LuxSense*, da marca Philips (Fig. 74), é um simples dispositivo que pode ser facilmente encaixado, pois basta prendê-lo na lâmpada com um clipe (Fig. 75). Esse sensor pode ser regulado manualmente por um diafragma giratório (Fig.76).

O sensor mede a luz que é reflectida na superfície abaixo dele e, quando o nível excede o necessário que é definido pelo ponto de ajuste do sensor de luz dimeriza a saída de luz da lâmpada. No projecto em questão, o melhor ponto de instalação é nas luminárias próximas das janelas e, além disso, foi calibrado para regular a luz em 600 lux. O sistema proporciona uma poupança de energia através do aproveitamento da luz natural e da regulação automática da luz artificial, sem gerar qualquer desconforto visual para o utilizador.

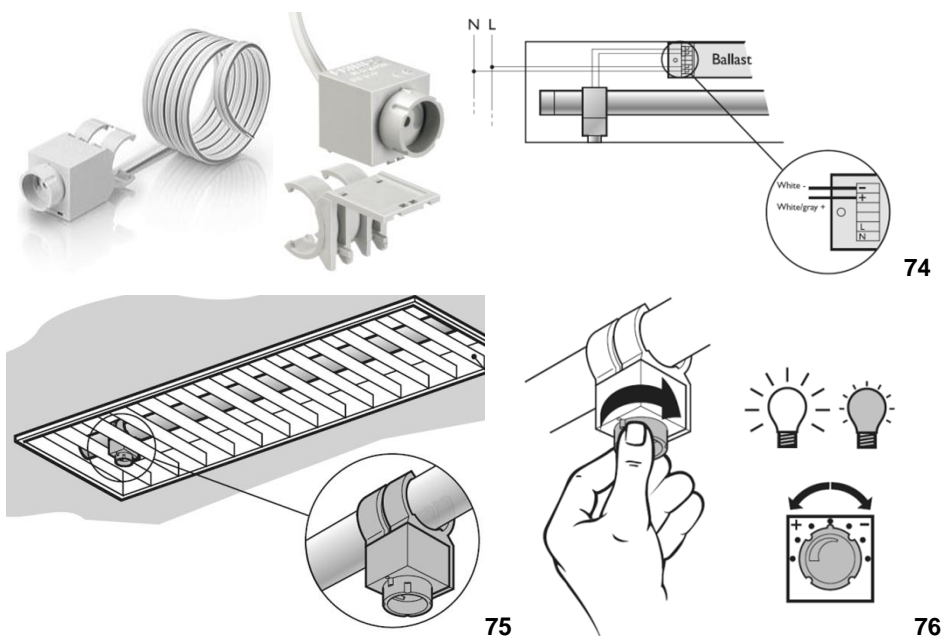


Fig. 74 Sistema de Controlo da Iluminação Artificial – *LuxSense* – Philips

Fig. 75 Instalação do Sistema de Controlo da Iluminação Artificial – *LuxSense* – Philips

Fig. 76 Calibragem do Sistema de Controlo da Iluminação Artificial – *LuxSense* – Philips

• Sistema de Controlo da Luz Natural

Devido às características dos espaços, o sistema de controlo da luz natural mais adequado são os estores de lamelas. O estore reflectante de duplo ângulo de inclinação de lamelas (Fig. 77) é um sistema simples e eficiente. As lamelas que são posicionadas na parte inferior do estore são difusoras e aplicadas de forma convencional. As lamelas superiores são invertidas com um ângulo diferente e possuem uma face superior prateada, favorecendo o direccionamento da luz do sol para o tecto e para o interior do espaço. Esse dispositivo é o mais apropriado para a residência, porque auxilia na protecção da radiação solar directa, no controle do encadeamento e no redireccionamento da luz natural para o interior do ambiente. Esse sistema é de fácil instalação na superfície interna da janela, necessita de pouca manutenção e pode ser controlado manualmente. O ângulo de inclinação de todas as lamelas pode ser ajustado conforme a necessidade da incidência solar durante o dia. Outra vantagem deste sistema, é que durante os dias de céu encoberto, todo o estore pode ser recolhido da mesma forma que um estore veneziano convencional.

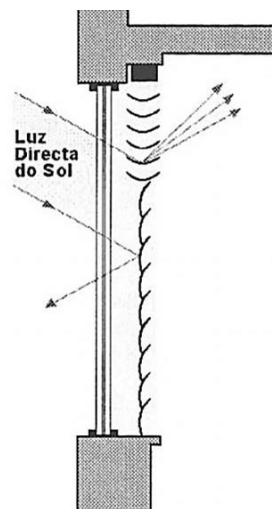


Fig. 77 Estore Reflectante de Duplo Ângulo de Inclinação de Lamelas

• Distribuição dos Equipamentos

A escolha e o posicionamento das lâmpadas e luminárias devem ser bem pensado antes da sua instalação, para, assim, não ocorrer ofuscamento pela visualização directa da lâmpada ou o ofuscamento reflectido através das superfícies brilhantes (como as telas de computadores). Mantendo essa preocupação no projecto desenvolvido, as luminárias foram distribuídas conforme as necessidades de cada espaço. O posicionamento dos sistemas de iluminação natural e artificial estão demonstrados nas Figs. 78, 79 e 80.

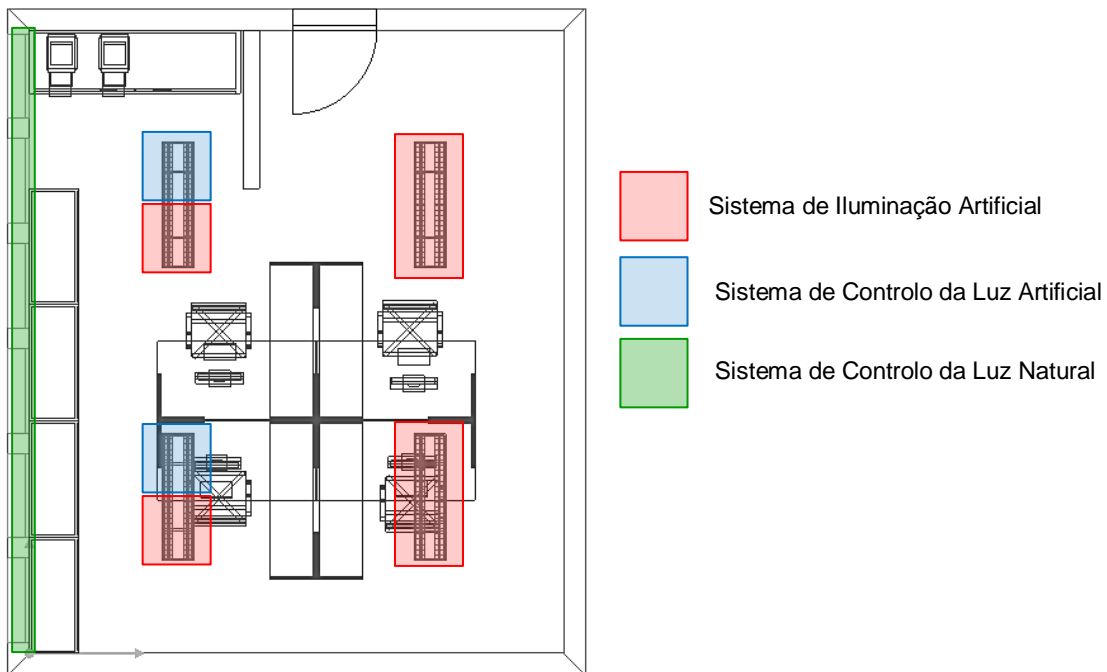


Fig. 78 Posicionamento dos Sistemas de Iluminação Artificial e Natural - Sala dos Funcionários (Open Space)

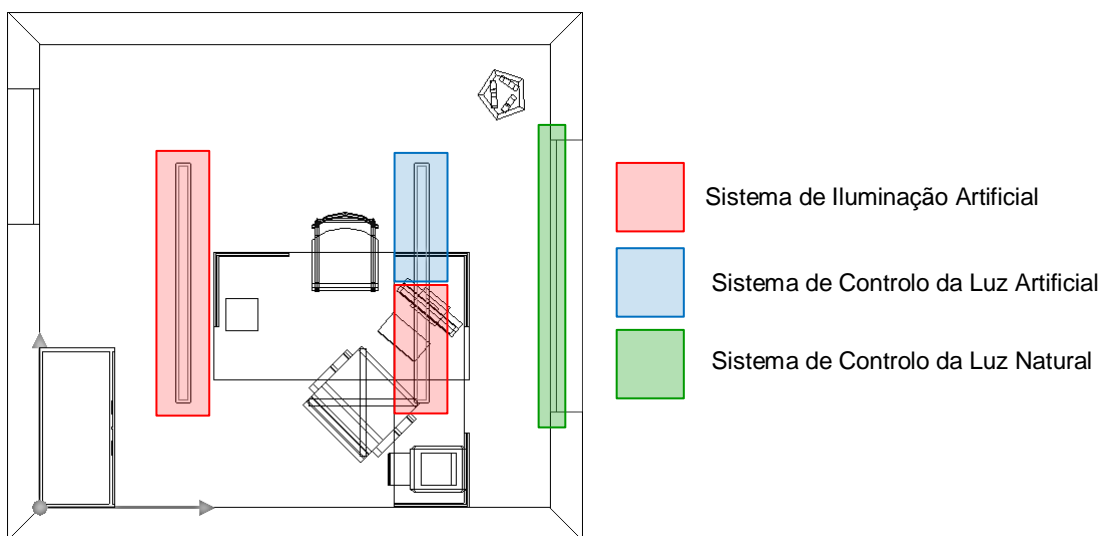


Fig. 79 Posicionamento dos Sistemas de Iluminação Artificial e Natural - Sala do Director

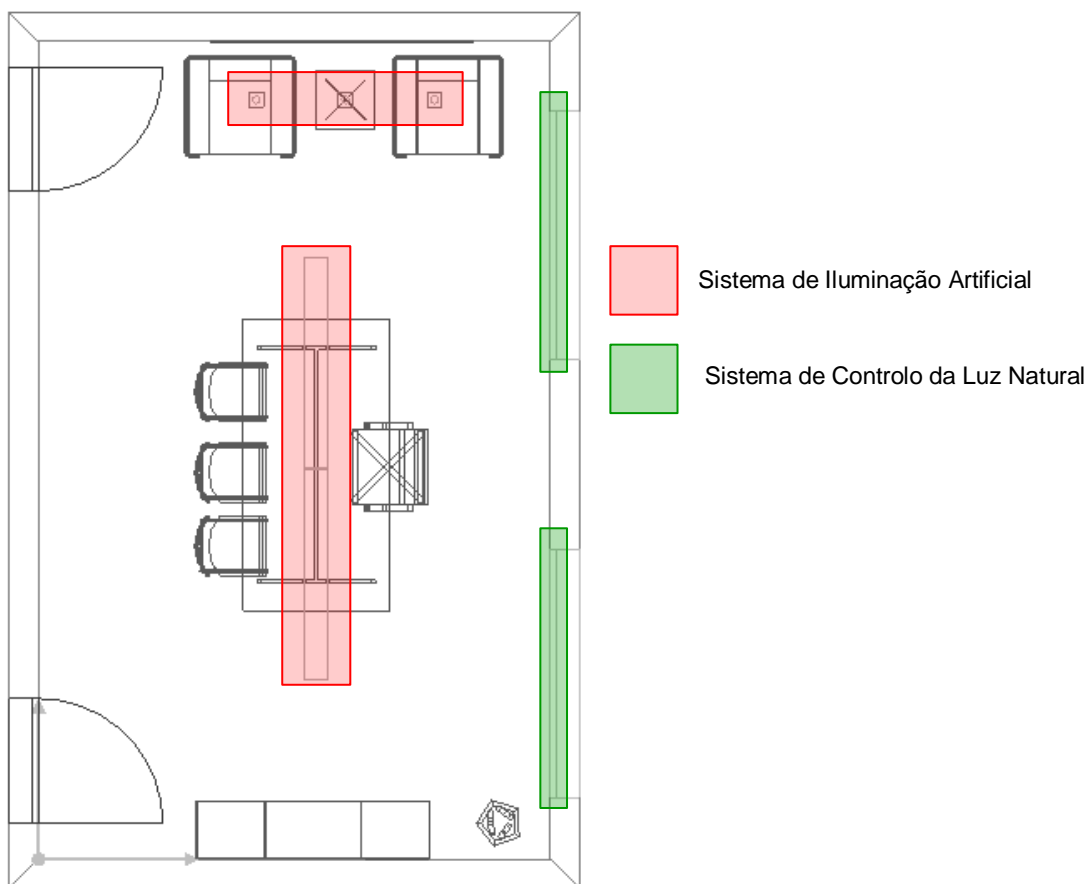


Fig. 80 Posicionamento dos Sistemas de Iluminação Artificial e Natural - Sala de Reuniões

5.3.3 DEFINIÇÃO DOS PROBLEMAS E OBJECTIVOS – INTEGRAÇÃO DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL









































































A iluminância necessária para os ambientes do escritório foi definida em 600 lux, pois, assim, a iluminação será apropriada para as tarefas exigidas e confortável para os utilizadores. Logo, a partir das simulações da luz natural geradas com o software DIALux¹¹², foi possível perceber em diferentes situações e horários¹¹³ que havia variações superiores ou inferiores aos 600 lux na intensidade da luz natural no ambiente interior. Desta maneira, o sistema *LuxSense* regula o fluxo luminoso das lâmpadas próximas às janelas para que essas complementem a iluminação natural até atingir o nível de

¹¹² O download do software DIALux é gratuito e encontra-se no site <http://www.dial.de/>





¹¹³ 21 de Junho, às 9, 12, 15 e 18 horas; e 21 de Dezembro, nos mesmos horários – em condições de céu claro, céu encoberto e céu parcialmente encoberto.

iluminância desejado, assim, ocorrendo a integração dos sistemas de iluminação artificial e natural. Essa integração pode ser visualizada na Tab. 14, na qual os sistemas de iluminação estão divididos em:

- Iluminação artificial – lâmpadas e luminárias;
- Iluminação artificial – lâmpadas e luminárias + sistema de controlo da luz artificial – sensor que regula a intensidade da luz das lâmpadas;
- Iluminação artificial – lâmpadas e luminárias + sistemas de controlo da luz natural – estores de lamela;
- Iluminação artificial – lâmpadas e luminárias + sistema de controlo da luz artificial – sensor que regula intensidade a luz lâmpadas + sistemas de controlo da luz natural – estores de lamela.

Período	Sala dos Funcionários (Open Space)			Sala do Director			Sala de Reuniões			
	Céu Claro	Céu Parcialmente Encoberto	Céu Encoberto	Céu Claro	Céu Parcialmente Encoberto	Céu Encoberto	Céu Claro	Céu Parcialmente Encoberto	Céu Encoberto	
Verão	9h	85% 	100% 	58% 	100% 	100% 	100% 			
	12h	95% 	75% 	75% 	100% 	100% 	100% 			
	15h	100% 	100% 	100% 	100% 	100% 	100% 			
	18h	100% 	100% 	100% 	73% 	58% 	41% 			
Inverno	9h	40% 	20% 	15% 	100% 	53% 	25% 			
	12h	83% 	58% 	36% 	100% 	100% 	66% 			
	15h	100% 	90% 	53% 	73% 	80% 	41% 			
	18h	0% 	0% 	0% 	0% 	0% 	0% 			

Tab. 14 Integração da Luz Natural e Artificial – Escritório

-  Iluminação Artificial
-  Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Luz Artificial
-  Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Luz Natural
-  Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Luz Artificial + Sistema de Controlo da Luz Natural

Na tabela 14, além da integração da luz natural e artificial, também é apresentado a percentagem em que o sistema *LuxSense* está a actuar, com excepção da sala de reuniões, onde não há o sistema instalado. Desta maneira, quando indicado 100%, representa que a luz natural atingiu 600 lux, e, por isso, as lâmpadas que possuem o sistema estão completamente apagadas; quando o valor é de 0%, significa que as lâmpadas estão totalmente acesas devido à falta de luz natural. Como exemplo, se o valor é de 75%, isso quer dizer que a luz natural está atingindo 450 lux, sendo necessário que as lâmpadas operem à apenas 25% da sua potência para complementar a iluminação. Assim sendo, esse sistema resulta na economia de energia eléctrica. Para alcançar essas percentagens, foram utilizados tanto os 600 lux já definidos, bem como os valores da quantidade de lux presentes nas simulações que estão no anexo III.

5.3.4 AVALIAÇÃO E DECISÃO – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA LUZ

Para calcular a integração da luz natural e artificial do projecto, foi utilizado um programa computacional, o software DIALux. O programa destina-se ao cálculo da iluminação e permite ao projectista analisar o comportamento da luz natural em várias horas do dia, além da aplicação de lâmpadas e luminárias, tanto para espaços interiores como exteriores. Esse programa foi escolhido por ser capaz de modelar qualquer espaço tridimensional, possibilitando a obtenção de imagens realísticas e dados quantitativos e qualitativos confiáveis.

Foram realizadas simulações com o software DIALux para perceber a eficiência da luz natural nos espaços em questão. As datas seleccionadas foram o solstício¹¹⁴ de verão, 21 de Junho, nos horários das 9:00, 12:00, 15:00 e 18:00; e o solstício de inverno, 21 de Dezembro, nos horários das 9:00, 12:00 e 15:00. Em ambas as datas, considerou-se as condições de céu claro, céu encoberto e céu parcialmente encoberto. Os valores obtidos são de cenários de luz do dia sem a utilização de luminárias, sendo organizados a fim de se analisar o desempenho da luz natural. As simulações podem ser visualizadas no anexo III.

¹¹⁴ O Solstício é o dia mais curto ou mais longo do ano. Para o hemisfério norte, o solstício de inverno é no dia 21 de Dezembro ou em data próxima a esta, já o solstício de verão é no dia 21 de Junho. O sol encontra-se na sua altura mínima no solstício de inverno e máxima no solstício de verão. BROWN, G. Z.; DEKAY, Mark – **Sol, Vento & Luz: Estratégias para o Projeto de Arquitetura**. São Paulo : Bookman, 2004. ISBN 853-630-344-1. p. 371.

Após as simulações realizadas com o software DIALux, foi possível analisar a incidência da luz natural no espaço interior em vários horários e realizar testes com vários tipos de lâmpadas e luminárias. A partir dessas simulações, pode-se propor o melhor sistema de controlo da luz natural e quais lâmpadas e luminárias são mais eficientes para atingir os objectivos de uniformidade, conforto, funcionalidade e eficiência energética para os espaços.

5.3.5 DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO

Após a análise dos ambientes, com base nas actividades desenvolvidas, foram determinadas as necessidades de cada espaço, assim, foi possível escolher o melhor sistema para iluminação artificial e natural.

As lâmpadas e luminárias para o projecto luminotécnico do escritório foram seleccionadas pelos seguintes motivos:

- Por possuir um sistema óptico que evita o ofuscamento nos ecrãs dos computadores;
- Por produzir feixes de luz regulares, o que mantém a uniformidade da iluminação no ambiente;
- Por ser modular, possibilitando uma fácil instalação;
- Por permitir a instalação de controlos para a regulação do fluxo luminoso das lâmpadas em função da luz natural.

Essas luminárias também permitem a instalação de lâmpadas mais eficientes, o que reduz os gastos com energia eléctrica tornando a relação W/m^2 muito baixa. Desta maneira, todos esses benefícios da iluminação artificial somados aos controlos da luz artificial e natural, fazem o projecto de iluminação ter um melhor desempenho energético.

• Avaliação do Consumo Energético

Além da quantidade de lâmpadas e luminárias, é imprescindível a determinação da potência da instalação para se avaliar os custos com energia. Saber o consumo de energia dos sistemas de iluminação é de crucial importância para um projecto

luminotécnico sustentável, por essa razão, fizemos os cálculos para avaliar o desempenho energético mensal dos sistemas propostos.

Para o cálculo foi utilizada a seguinte fórmula $W = \frac{P \times T}{1000}$.

Onde:

W = Energia consumida;

P = Potência do equipamento em Watts – foram considerados as potências de cada lâmpada separadamente para os espaços analisados;

T = Tempo de utilização dos sistemas – definido em 9 horas diárias durante 20 dias úteis.

Foram montados quatro cenários para mensurar a energia consumida e apresentar os valores dos kWh/mês (quilo Watts hora por mês) da sala dos funcionários (open space) e da sala do director. Não é apresentado o cálculo de consumo de energia para a sala de reuniões, pois este espaço não recebeu um sistema que regula o fluxo luminoso das lâmpadas devido ao facto do uso desse ambiente ser muito inferior às 9 horas diárias estipuladas para o cálculo feito para os outros espaços analisados. Como a sala de reuniões é utilizada somente em alguns momentos específicos, foi instalado um sistema de accionamento manual on/off e lâmpadas de baixo consumo energético que suprem as necessidades do espaço em questão.

Os cenários serão confrontados da seguinte forma:

Cenário 1 – Iluminação artificial, com o **Cenário 2** – Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Luz Artificial (Tab. 15);

Cenário 3 – Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Luz Artificial + Sistema de Controlo da Luz Natural – Estore Convencional, com o **Cenário 4** – Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Luz Natural – Estore de Lamela (Tab. 16).

Desta maneira, conseguimos perceber a economia com energia eléctrica ao adicionar sistemas de controlo da luz natural e artificial no projecto luminotécnico.

A seguir, serão explicados os cenários definidos para a sala dos funcionários (open space) e sala do director.

• Cenário 1 – Iluminação Artificial

No primeiro cenário, a simulação da iluminação é realizada apenas com as lâmpadas seleccionadas, sem a utilização de nenhum sistema de controlo da luz natural e luz artificial.

- Sala dos funcionários (open space)

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 8 lâmpadas de 28 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 9 horas diárias durante 20 dias úteis.

$$W = \frac{8 \times 28 \times 9 \times 20}{1000} \quad \mathbf{W = 40,32 \text{ kWh/mês.}}$$

- Sala do director

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 2 lâmpadas de 32 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 9 horas diárias durante 20 dias úteis.

$$W = \frac{2 \times 32 \times 9 \times 20}{1000} \quad \mathbf{W = 11,52 \text{ kWh/mês.}}$$

• Cenário 2 – Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Luz Artificial

No segundo cenário foram utilizadas as lâmpadas e o sistema de controlo da luz artificial. O sistema *LuxSense* da marca Philips foi instalado nas lâmpadas próximas as janelas para aproveitar a luz natural e regular o fluxo luminoso das lâmpadas para até 600 lux. O cálculo do consumo de energia para esse cenário foi dividido em duas partes: 1 – Lâmpadas sem o sistema (que estão afastadas das janelas); e 2 – Lâmpadas com o sistema (que estão próximas as janelas). As lâmpadas que estão próximas às janelas, por possuírem o sistema de controlo da luz artificial, podem ter uma redução no consumo de energia para as datas definidas de, em média, 66% para a sala dos funcionários (open space), e de 71% para a sala do director. Essa média foi retirada a partir dos valores referidos na tabela 14 do item 5.3.3.

- Sala dos funcionários (open space)

1 - Lâmpadas sem o sistema (que estão afastadas das janelas)

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 4 lâmpadas de 28 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 9 horas diárias durante 20 dias úteis.

$$W = \frac{4 \times 28 \times 9 \times 20}{1000} \quad \mathbf{W = 20,16 \text{ kWh/mês.}}$$

2 - Lâmpadas com sistema (que estão próximas as janelas).

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 4 lâmpadas de 28 w. Para essas lâmpadas, o consumo da energia eléctrica é reduzido em média 66%.

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 9 horas diárias durante 20 dias úteis.

$$W = \frac{4 \times 28 \times 9 \times 20}{1000} \quad W = 20,16 - 66\% \quad \mathbf{W = 6,85 \text{ kWh/mês.}}$$

Para o resultado final desse cenário, é necessário somar o resultado do cálculo das lâmpadas sem o sistema (que estão afastadas das janelas) com as lâmpadas com sistema (que estão próximas as janelas).

$$W = 20,16 + 6,85 \quad \mathbf{W = 27,01 \text{ kWh/mês.}}$$

- Sala do director

1 - Lâmpadas sem o sistema (que estão afastadas das janelas)

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 1 lâmpadas de 32 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 9 horas diárias durante 20 dias úteis.

$$W = \frac{1 \times 32 \times 9 \times 20}{1000} \quad \mathbf{W = 5,76 \text{ kWh/mês.}}$$

2 - Lâmpadas com sistema (que estão próximas as janelas).

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 1 lâmpadas de 28 w. Para essas lâmpadas, o consumo da energia eléctrica é reduzido em média 71%.

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 9 horas diárias durante 20 dias úteis.

$$W = \frac{1 \times 32 \times 9 \times 20}{1000} \quad W = 5,76 - 71\% \quad \mathbf{W = 1,67 \text{ kWh/mês.}}$$

Para o resultado final desse cenário, é necessário somar o resultado do cálculo das lâmpadas sem o sistema (que estão afastadas das janelas) com as lâmpadas com sistema (que estão próximas as janelas).

$$W = 5,76 + 1,67 \quad \mathbf{W = 7,43 \text{ kWh/mês.}}$$

Cenários	Sala dos Funcionários	Sala do Director
1 - Iluminação Artificial	40,32 kWh/mês	11,52 kWh/mês
2 - Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Iluminação Artificial	27,01 kWh/mês	7,43 kWh/mês
Economia média de energia eléctrica entre os cenários	33%	35,5%

Tab.15 Avaliação do Consumo Energético do Escritório – Cenário 1 e Cenário 2

A iluminação do cenário 1 é composta apenas pela iluminação artificial, já o cenário 2 possui iluminação artificial e um sistema de controlo da luz artificial. Esse sistema tem um sensor que mede os níveis de iluminância da luz natural do espaço e controla o fluxo luminoso das lâmpadas. Entre esses dois cenários, a economia média de energia eléctrica foi de 33% para a sala dos funcionários, e, 35,5% para a sala do director, pelo simples facto de inserir um sistema de controlo automático das lâmpadas.

• **Cenário 3 – Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da luz Artificial + Sistema de Controlo da Luz Natural – Estore Convencional**

O terceiro cenário é apresentado para fazer um comparativo entre os sistemas de controlo da luz natural, neste caso, um estore convencional e um estore de lamela.

O cálculo do consumo de energia para esse cenário foi dividido em duas partes: 1 – consideradas as horas do dia em que existe entrada excessiva de radiação solar e os estores convencionais são totalmente fechados, o que bloqueia a entrada da luz natural, sendo necessário a utilização de 100% da luz artificial; 2 – consideradas as outras horas do dia em que há a entrada da luz natural, sendo utilizado a iluminação artificial com o sistema de controlo da luz artificial.

- Sala dos funcionários (open space)

1 – Como as janelas da sala dos funcionários (open space) são posicionadas para oeste, este ambiente recebe a radiação solar com maior intensidade durante 3h por dia, entre às 15h e às 18h. Neste período, os estores convencionais estão totalmente fechados e, por consequência, todas as lâmpadas estão ligadas.

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 8 lâmpadas de 28 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 3 horas diárias durante 20 dias úteis.

$$W = \frac{8 \times 28 \times 3 \times 20}{1000} \quad \mathbf{W = 13,44 \text{ kWh/mês.}}$$

2 – Durante 6h por dia, das 9h às 15h, o ambiente recebe luz natural sem incidência directa das radiações solares. Assim sendo, os estores podem ficar levantados e o ambiente pode utilizar a iluminação artificial com o sistema de controlo da luz artificial. Desta maneira, as lâmpadas próximas as janelas chegam a ter uma economia média de 66%.

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 4 lâmpadas de 28 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 6 horas diárias durante 20 dias úteis.

Lâmpadas sem sistema de controlo do fluxo luminoso.

$$W = \frac{4 \times 28 \times 6 \times 20}{1000} \quad \mathbf{W = 13,44 \text{ kWh/mês.}}$$

Lâmpadas com sistema de controlo do fluxo luminoso, que reduzem o consumo com energia eléctrica em média 66%.

$$W = \frac{4 \times 28 \times 6 \times 20}{1000} \quad W = 13,44 - 66\% \quad \mathbf{W = 4,56 \text{ kWh/mês.}}$$

Para o resultado final desse cenário, é necessário somar o resultado do cálculo do período em que os estores estão fechados ao resultado do cálculo do período em que os estores estão levantados, no qual também há as lâmpadas sem o sistema de controlo do fluxo luminoso (que estão afastadas das janelas) e as lâmpadas com sistema de controlo do fluxo luminoso (que estão próximas as janelas).

$$W = 13,44 + 13,44 + 4,56 \quad \mathbf{W = 31,44 \text{ kWh/mês.}}$$

- Sala do director

1 – Como as janelas da sala do director são posicionadas para Leste, esse espaço recebe a radiação solar com maior intensidade no período da manhã, das 9h às 12h. Por isso, os estores convencionais ficam totalmente fechados. Sendo assim, durante 3h todas as lâmpadas estão ligadas.

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 2 lâmpadas de 32 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 3 horas diárias durante 20 dias úteis.

$$W = \frac{2 \times 32 \times 3 \times 20}{1000} \quad \mathbf{W = 3,84 \text{ kWh/mês.}}$$

2 – Durante 6h por dia, das 12h às 18h, o ambiente recebe luz natural sem uma incidência directa das radiações solares. Assim sendo, os estores podem estar levantados e utilizar a iluminação artificial com o sistema de controlo da luz artificial. Desta maneira, as lâmpadas próximas as janelas chegam a ter uma economia média de 71%.

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 1 lâmpadas de 32 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 6 horas diárias durante 20 dias úteis.

Lâmpada sem sistema de controlo do fluxo luminoso.

$$W = \frac{1 \times 32 \times 6 \times 20}{1000} \quad \mathbf{W = 3,84 \text{ kWh/mês.}}$$

Lâmpadas com sistema de controlo do fluxo luminoso, que reduzem o consumo com energia eléctrica em média 71%.

$$W = 3,84 - 71\% \quad \mathbf{W = 1,11 \text{ kWh/mês.}}$$

Para o resultado final desse cenário, é necessário somar o resultado do cálculo do período em que os estores estão fechados, mais o resultado do cálculo do período em que os estores estão levantados, sendo que neste caso há o funcionamento as lâmpadas sem o sistema de controlo do fluxo luminoso (que estão afastadas das janelas) e as lâmpadas com sistema de controlo do fluxo luminoso (que estão próximas as janelas).

$$W = 3,84 + 3,84 + 1,11 \quad \mathbf{W = 8,79 \text{ kWh/mês.}}$$

Nesse cenário existe um estore convencional. Esse sistema de controlo da luz natural cobre a superfície de uma abertura (portas ou janelas) e protege as zonas internas contra a radiação solar directa, bloqueando a entrada excessiva de luz. Entretanto, uma das deficiências dos estores convencionais, é que se perde a quantidade de luz natural disponível para o ambiente interno, ocorrendo a necessidade da utilização da luz artificial.

• Cenário 4 – Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Luz Natural – Estore de Lamela

No quarto cenário, foram utilizados a iluminação artificial e os sistemas de controlo da luz artificial (sensor LuxSense)¹¹⁵ e da luz natural (estore de lamela). O sistema de controlo da luz artificial foi instalado nas lâmpadas próximas das janelas para aproveitar a luz natural. Para as lâmpadas com esse sistema, o consumo da energia eléctrica é reduzido em média 66% para a sala dos funcionários (open space), e 71% para a sala do director.

O cálculo do consumo de energia para esse cenário foi dividido em duas partes: 1 – Lâmpadas sem o sistema (que estão afastadas das janelas); 2 – Lâmpadas com o sistema (que estão próximas das janelas). Já o sistema de controlo da luz natural (estore de lamela), é utilizado nos horários em que existe uma incidência directa dos raios solares.

- Sala dos funcionários (open space)

1 - Lâmpadas sem o sistema (que estão afastadas das janelas)

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 4 lâmpadas de 28 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 9 horas diárias durante 20 dias úteis.

$$W = \frac{4 \times 28 \times 9 \times 20}{1000} \quad \mathbf{W = 20,16 \text{ kWh/mês.}}$$

2 - Lâmpadas com sistema (que estão próximas às janelas).

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 4 lâmpadas de 28 w. Para essas lâmpadas, o consumo da energia eléctrica é reduzido em média 66%.

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 9 horas diárias durante 20 dias úteis.

$$W = \frac{4 \times 28 \times 9 \times 20}{1000} \quad W = 20,16 - 66\% \quad \mathbf{W = 6,85 \text{ kWh/mês.}}$$

¹¹⁵ Segundo informações da Philips esse sensor gera uma economia de até 32%. <http://www.usa.lighting.philips.com/connect/controls/luxsense.wpd>.

O resultado final desse cenário é atingido através da soma do resultado do cálculo das lâmpadas sem o sistema (que estão afastadas das janelas), mais o resultado das lâmpadas com o sistema (que estão próximas as janelas).

$$W = 20,16 + 6,85 \quad \mathbf{W = 27,01 \text{ kWh/mês.}}$$

- Sala do director

1 - Lâmpadas sem o sistema (que estão afastadas das janelas)

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 1 lâmpadas de 32 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 9 horas diárias durante 20 dias úteis.

$$W = \frac{1 \times 32 \times 9 \times 20}{1000} \quad \mathbf{W = 5,76 \text{ kWh/mês.}}$$

2 - Lâmpadas com sistema (que estão próximas às janelas).

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 1 lâmpadas de 28 w. Para essas lâmpadas, o consumo da energia eléctrica é reduzido em média 71%.

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 9 horas diárias durante 20 dias úteis.

$$W = \frac{1 \times 32 \times 9 \times 20}{1000} \quad W = 5,76 - 71\% \quad \mathbf{W = 1,67 \text{ kWh/mês.}}$$

Para se atingir o resultado final desse cenário, é necessário somar o resultado do cálculo das lâmpadas sem o sistema (que estão afastadas das janelas), com o resultado das lâmpadas com sistema (que estão próximas as janelas).

$$W = 5,76 + 1,67 \quad \mathbf{W = 7,08 \text{ kWh/mês.}}$$

O quarto cenário abrange a iluminação artificial e os sistemas de controlo da luz artificial (sensor LuxSense) e da luz natural (estore de lamela). Quando esses três elementos são trabalhados conjuntamente num projecto de iluminação, é possível alcançar uma maior eficiência energética e melhorar da qualidade do ambiente.

Cenários	Sala dos Funcionários	Sala do Director
3 - Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Luz Natural - Estore Convencional	31,44 kWh/mês	8,79 kWh/mês
4 - Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Iluminação Artificial + Sistema de Controlo da Luz Natural - Estore de Lamela	27,01 kWh/mês	7,43 kWh/mês
Economia média de energia eléctrica entre os cenários	14%	15,50%

Tab.16 Avaliação do Consumo Energético do Escritório – Cenário 3 e Cenário 4

O cenário 4 é o mais adequado para o escritório, porque possui a iluminação artificial e os sistemas de controlo da luz artificial – o sensor *LuxSense* que regula o fluxo luminoso das lâmpadas através da percepção e avaliação da incidência da luz natural –, enquanto o estore de lamela posicionado sobre a superfície da janela, controla a radiação solar directa e regula a entrada de luz natural para o espaço interior. As lamelas superiores do estore reflectem e redireccionam a luz natural para a zona interna, enquanto as lamelas inferiores bloqueiam a entrada excessiva da radiação solar. Com esse sistema, é possível utilizar a iluminação artificial e o sensor de controlo da luz artificial, já que existe a entrada de luz natural. A economia de energia entre o cenário 3 e 4 é de 14% para a sala dos funcionários (open space) e de 15,50% para a sala do director.

A energia consumida é directamente proporcional à potência do equipamento e ao respectivo tempo em que o mesmo fica ligado. Ao se optar por sistemas mais eficientes, o custo com a energia sofre substancial redução. Desta maneira, quanto maior a potência e o tempo de utilização, maior será a energia consumida e, conseqüentemente, a conta da energia eléctrica no final do mês será mais dispendiosa. Portanto, quando a escolha dos equipamentos e a instalação eléctrica são planeadas correctamente, o conjunto das ferramentas seleccionadas torna-se um aliado na concepção de projectos luminotécnicos mais económicos.

5.4 PROJECTO LUMINOTÉCNICO – RESIDÊNCIA

O segundo projecto é de uma residência, que possui uma área total de 60m², sendo composta por hall, casa de banho, quarto, espaço integrado (sala de estar, sala de jantar e cozinha) e terraço. Neste trabalho, entretanto, foi realizado o projecto luminotécnico apenas do quarto (Fig. 81) e do espaço conjugado (sala de estar, sala de jantar e cozinha (Fig. 82). Esses espaços foram escolhidos por possuírem integração entre a luz artificial e natural.

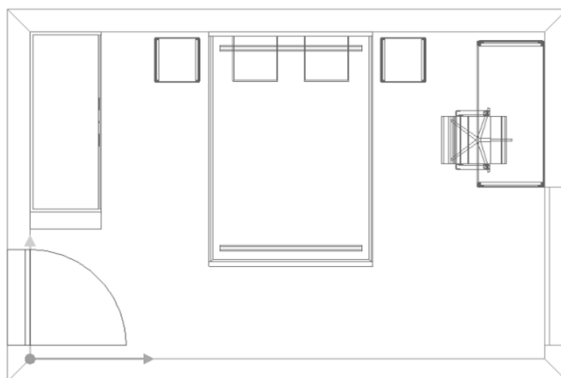


Fig. 81 Quarto

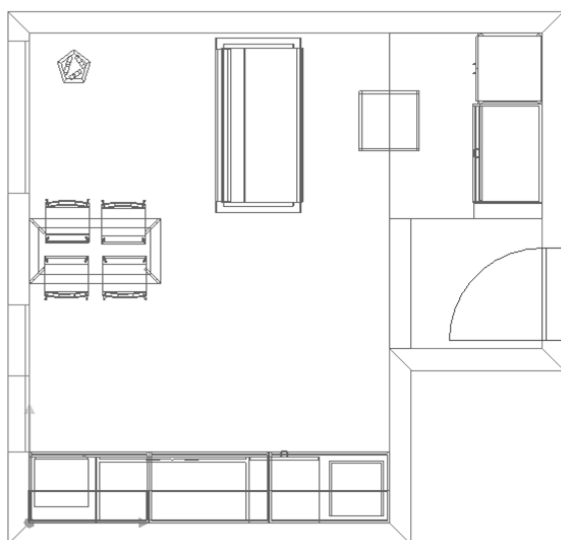


Fig. 82 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha

5.4.1 ABORDAGEM DO PROBLEMA / ANÁLISE DAS CONDICIONANTES – LEVANTAMENTO DE DADOS

Nesta habitação reside um casal de jovens estudantes. Como a residência é pequena, ela não dispõe de um cómodo exclusivo para escritório (home office), assim, para suprir essa necessidade, no quarto foi inserida uma secretária para ser utilizada como espaço de trabalho. O quarto é utilizado para descansar e estudar, essas actividades necessitam de diferentes níveis de iluminância, sendo que a referência recomendada para os cómodos gerais de uma residência é de 150 lux, já para espaços onde ocorre as actividades de leitura, escrita e digitação, esse valor deve ser entre 300 e 500 lux. Neste caso, a iluminação do quarto deve ser sectorizada, com uma iluminação geral e outra direccionada para a mesa de trabalho. Os móveis do quarto são em madeira na cor branca, o piso é de madeira escura e o tecto e as paredes são brancos.

A sala de estar, a sala de jantar e a cozinha são conjugados, desta forma, são realizadas várias actividades nesse ambiente, tais como: receber amigos, assistir televisão, ler, comer e cozinhar. Como esse espaço é multifuncional, ele necessita de uma iluminação específica para cada tipo de actividade. Para a sala de estar, a iluminação pode ser executada através da iluminação geral e/ou trabalhar apenas com os efeitos da luz indirecta, com luminárias embutidas em sancas e abajures que valorizam o ambiente e oferecem maior conforto aos utilizadores. Para a sala de jantar podemos utilizar uma iluminação pontual, com um lustre ou pendente, para iluminar a mesa de refeições, sempre com o cuidado de colocar numa altura que não ofusque e que ilumine, preferencialmente, a mesa e os pratos. A iluminação da cozinha pode ser dividida em iluminação geral e uma específica para aqueles espaços onde existe actividade visual, tais como: balcão, pia e fogão. Uma iluminação direccionada para esses espaços é muito importante, principalmente pelo facto de que nesses locais são preparadas as refeições, os alimentos são lavados, os pratos e utensílios são limpos, há o manuseio de facas e outros utensílios com pontas agudas, etc.. Todo o espaço possui piso de cerâmica com padrão em flores, enquanto o tecto e as paredes são brancos. Já no espaço referente a sala de estar, o armário é na cor branca, a mesa de centro é castanho-escura e o sofá é laranja. Ao lado, o espaço para refeições, sala de jantar, tem uma mesa em madeira na cor branca e cadeiras em metal com acabamento em plástico preto, enquanto a cozinha possui armários e electrodomésticos na cor branca.

Na parte frontal da habitação está o quarto com a fachada posicionada para o norte. Este ambiente não recebe luz solar directa, sendo uma luz menos intensa e mais difusa e

constante. A sala de estar, sala de jantar e cozinha, ficam na parte dos fundos da residência, tendo as suas fachadas orientada para o Sul, por isso os níveis de iluminância são mais elevados ao longo do dia e do ano. No inverno, este cómodo integrado recebe a luz natural durante mais tempo, já no verão, como o sol está posicionado mais alto, o tempo de insolação é menor. Como componentes de passagem da luz natural, tanto o quarto como o ambiente multifuncional (sala de estar, a sala de jantar e cozinha), possuem portas-janelas com estore convencional para controlar a entrada da luz natural.

5.4.2 ESBOÇO DO PROJECTO E DESENVOLVIMENTO DE OPÇÕES – ESCOLHA E DISTRIBUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

O ambiente de uma residência sempre deve ter uma iluminação acolhedora, por isso, para alcançar esse objectivo, devemos trabalhar com lâmpadas em tons mais quentes e com temperatura de cor baixa, em média de 3.000K. Lâmpadas com temperatura de cor mais elevada (ex. 4.000K) possuem uma tonalidade mais fria e deixam o ambiente mais estimulante. Entretanto, aconselha-se o uso de lâmpadas com luz fria nas cozinhas, pelo simples facto de ser um espaço onde são realizadas trabalhos manuais na preparação de alimentos e na higienização dos utensílios, além, claro, do manuseio de objectos cortantes.

• Lâmpadas e Luminárias – Quarto

Quando iluminamos um quarto, devemos pensar nele como um espaço aconchegante. No entanto, como o quarto da residência também é um espaço de estudo, é preferencialmente necessário que a iluminação seja sectorizada, suprimindo as necessidades das diferentes actividades exercidas nesse espaço. Desta maneira, as zonas foram divididas em iluminação geral (com uma luminária centralizada), e uma iluminação localizada direccionada para a mesa de trabalho, pois, assim, ilumina apenas o computador, os livros e a secretária, não incomodando quem eventualmente estiver na cama dormindo.

Para a iluminação geral do quarto, sugere-se a luminária de suspensão da linha *Ecomoods* da marca Philips (Fig. 83). Essa luminária combina design e tecnologia em termos de eficiência energética, pois permite a instalação de lâmpadas fluorescentes TL5. A luminária

também possui controlo da luz artificial através de um regulador de intensidade luminosa, sendo possível diminuir a intensidade da luz para tornar o ambiente mais calmo, ou aumentá-la, tornando-o mais funcional e activo. A lâmpada seleccionada foi a *Master TL5 circular* de 40w (Fig. 84) da marca Philips, que possui luz branca quente, com temperatura de cor 2.700K e índice de reprodução de cores de 85%, com óptima qualidade. A grande vantagem dessa lâmpada é a poupança energética, pois consome um quinto da energia de uma lâmpada convencional¹¹⁶.

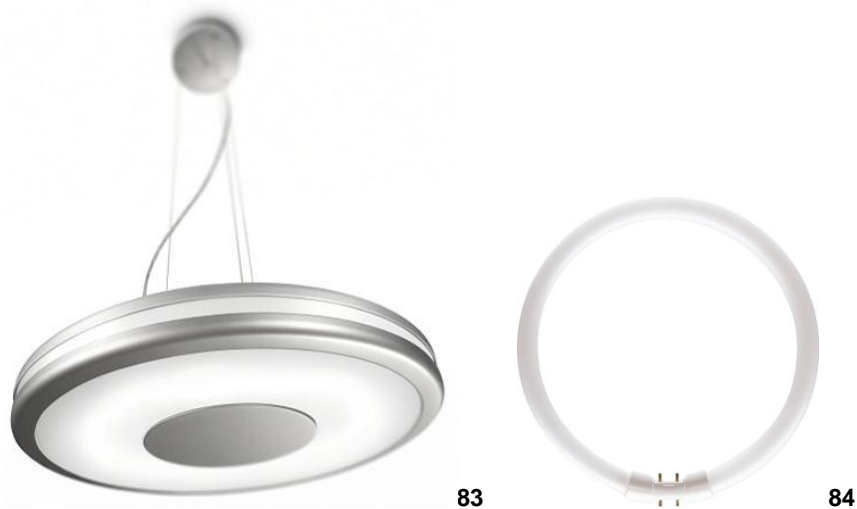


Fig. 83 Luminária de Suspensão Circular – Linha Ecomoods – Marca Philips

Fig. 84 Lâmpada Master TL5 Circular de 40W – Marca Philips

Já a iluminação para a mesa de trabalho foi realizada com duas luminárias de encastrar *BBG463* da linha *Zadora Led* da marca Philips (Fig. 85), que integra a tecnologia LED. Essa luminária consiste numa gama de projectores de tecto fixos ou ajustáveis para as lâmpadas de foco *Master Ledspot* de 7w, o ângulo do feixe da lâmpada é de 40° e a temperatura de cor da luz é o branco quente com 2.700K. A lâmpada *Master Ledspot* de 7w (Fig. 86) equivale a uma de halogéneo de 50 w, o que proporciona uma economia de energia significativa pelo seu baixo consumo, além de minimizar o custo de manutenção, pois essa lâmpada tem duração de até 40.000 horas.

¹¹⁶ As lâmpadas convencionais referidas, são as lâmpadas incandescentes.

Para accionar as lâmpadas deste espaço, foi inserido um interruptor manual on/of de duas teclas. No anexo IV, podemos visualizar o desenho técnico da iluminação artificial do quarto com as medidas para a instalação das lâmpadas e luminárias.



Fig. 85 Luminária de Encastrar BBG 463 – Gama Zadora LED – Marca Philips

Fig. 86 Lâmpada Master LEDspot de 7 W – Marca Philips

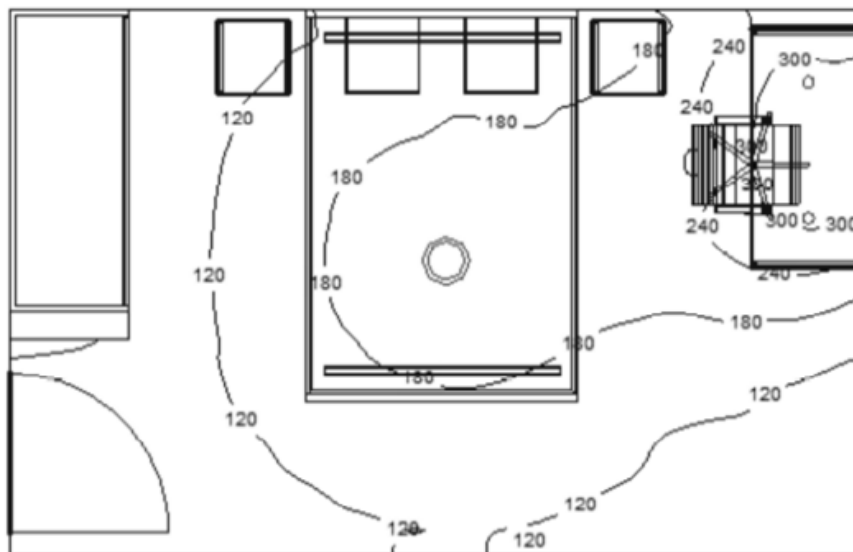
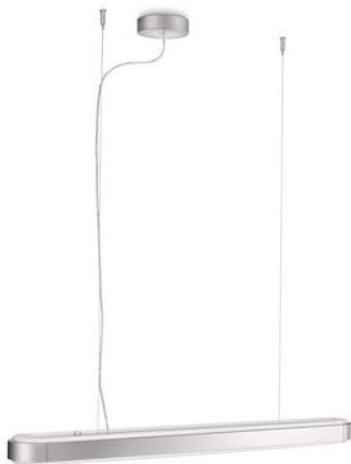


Fig. 87 Quantidade de Lux Calculada em Função dos Equipamentos – Quarto

• Lâmpadas e Luminárias – Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha.

Os ambientes da sala de estar e da sala de jantar devem ser agradáveis e aconchegantes, sendo assim, para ter um espaço com essas características, o ideal é utilizar lâmpadas com aparência de cor amarelada. Outra opção é variar a intensidade da luz através do dimmer, com isso, também conseguimos mudar o clima dos ambientes. Já a cozinha deve ter uma luz mais fria, tanto em relação a temperatura de cor, como também na dissipação de calor, sendo as lâmpadas LEDs e fluorescentes as mais indicadas pelo simples facto de que as lâmpadas incandescentes e de halogénio produzem calor, gerando desconforto para quem está a trabalhar no local.

Na sala de estar e de jantar foram instaladas duas luminárias de suspensão da linha *Ecomoods* da marca Philips (Fig. 88). Essa luminária possibilita a instalação de duas lâmpadas fluorescente de até 21w e emite uma luz difusa, além de permitir o controlo da luz artificial através de um interruptor no próprio candeeiro, que regula a intensidade da luz, sendo, assim, a luminária adequada para a iluminação desse espaço. A lâmpada para essa luminária é a *Master TL5* de 21w (Fig. 89), da gama *Efficiency Eco* da marca Philips. Essa lâmpada possui luz branca quente, com temperatura de cor 2.700K.



88



89

Fig. 88 Luminária de Suspensão Linear – Linha Ecomoods – Marca Philips

Fig. 89 Lâmpada Master TL5 de 21W – Marca Philips

A iluminação para a cozinha foi projectada com cinco luminárias com lâmpadas LEDs, de estilo régua *BCX414* da gama *eW Profile Powercore* da marca Philips (Fig. 90). A luminária possui seis pontos de LEDs com potência de 5,6w e emite luz branca com temperatura de

• Sistema de Controlo da Luz Natural

Após a análise da incidência da luz solar nos ambientes da residência, foi possível sugerir o melhor sistema de controlo da luz natural: as persianas *RETROLux* (Fig. 92). O sistema possui lamelas altamente reflectoras e com duas diferentes seções. A primeira em forma de W, que é retro-reflectiva e funciona como protecção contra o superaquecimento no verão; a segunda funciona como uma prateleira de luz, transmitindo a luz natural para o interior do ambiente. As lamelas instaladas na parte superior da persiana são denominadas como *RETROLux O*, responsáveis por redireccionar a luz do sol para o interior, mesmo em grande espaços. As lamelas posicionadas na parte inferior da persiana são chamadas de *RETROLux U*, que, por sua vez, direccionam a luz do sol para o tecto. Esse sistema pode ser instalado na face interna da janela e pode ser controlado manualmente.

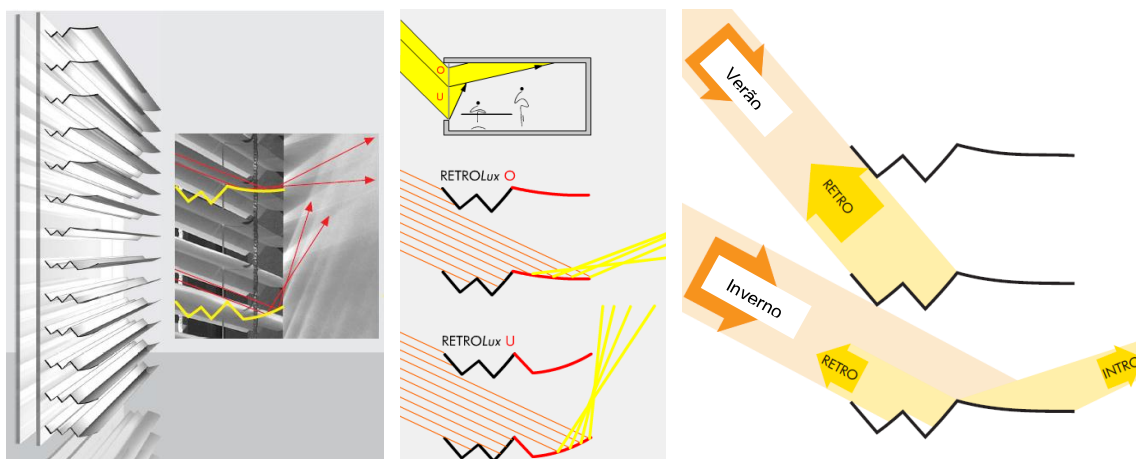


Fig. 92 Persiana *RETROLux*

• Distribuição dos Equipamentos

As luminárias foram distribuídas e posicionadas de uma maneira que atendessem as diferentes actividades exercidas nos espaços. No quarto, foi instalada uma iluminação geral – com um candeeiro centralizado que regula a intensidade da luz, e uma iluminação dirigida – com luminárias de encastrar sobre a secretária, direccionando a luz para a mesa de trabalho. Na sala de estar e jantar, foram instalados candeeiros de suspensão com controlador de intensidade da luz, proporcionando uma iluminação geral. Somada a iluminação geral do ambiente conjunto (sala de estar, jantar e cozinha), na cozinha ainda há

a iluminação direccionada, pois, luminárias foram posicionadas sob os armários, obtendo-se uma iluminação localizada sobre a bancada, pia e fogão. Podemos visualizar o posicionamento dos sistemas de iluminação natural e artificial nas Figs. 93 e 94.

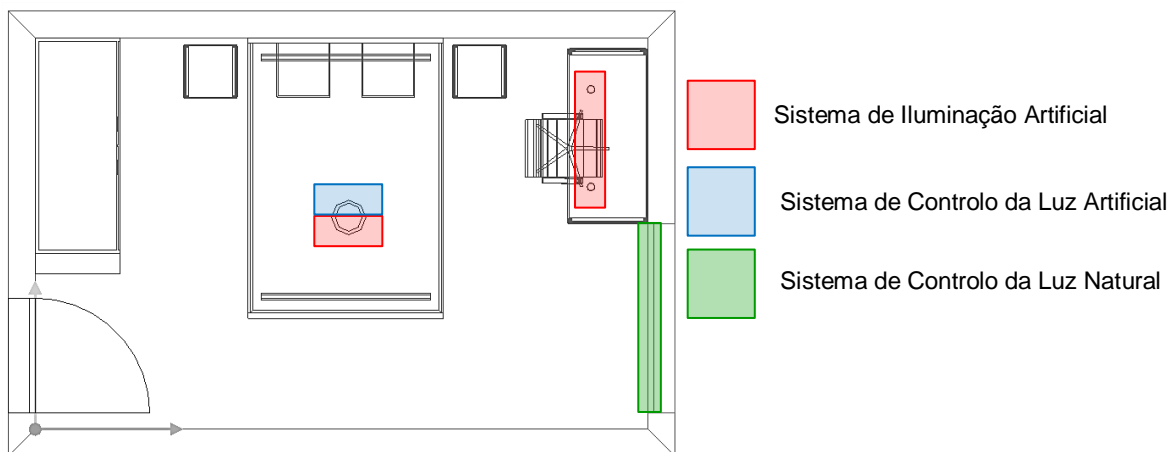


Fig. 93 Posicionamento dos Sistemas de Iluminação Artificial e Natural – Quarto

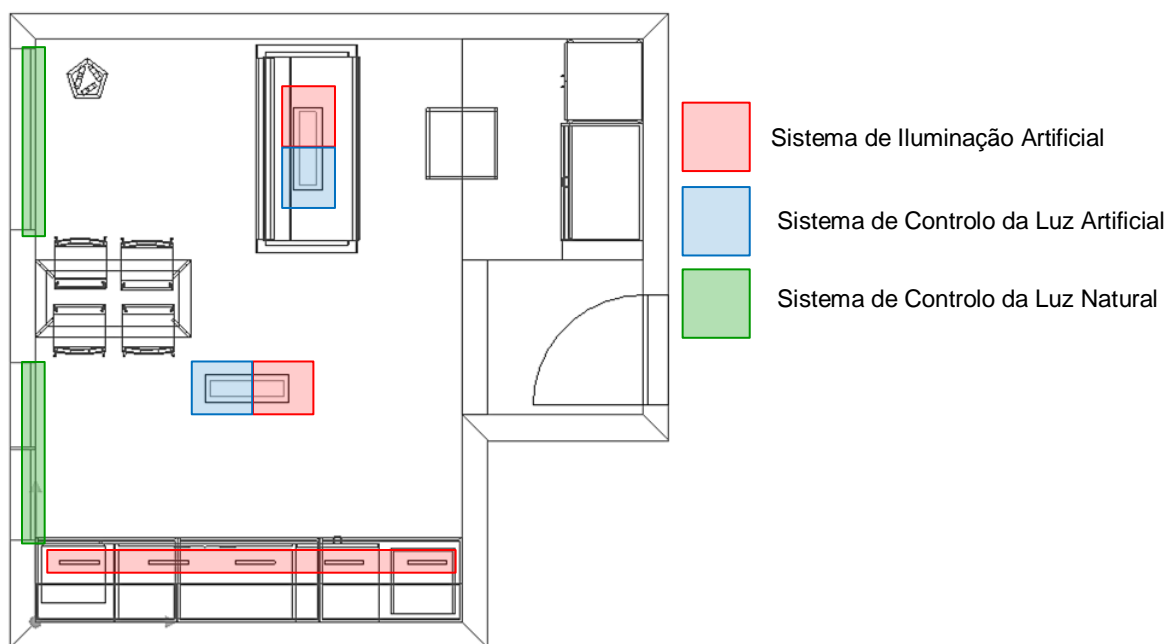


Fig. 94 Posicionamento dos Sistemas de Iluminação Artificial e Natural - Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha.

5.4.3 DEFINIÇÃO DOS PROBLEMAS E OBJECTIVOS – INTEGRAÇÃO DA LUZ NATURAL E ARTIFICIAL

A partir das simulações efectuadas com o software DIALux, foi possível entender o comportamento da luz natural nos espaços e saber os horários em que esse tipo de luz não é suficiente para atender as exigências visuais das actividades exercidas em cada ambiente, sendo imprescindível o accionamento da iluminação artificial. Em alguns horários, é necessário a utilização do controlo da luz natural devido a incidência directa dos raios solares no interior do ambiente.

Na Tab. 17 podemos visualizar: os horários em que é utilizado apenas a iluminação natural; quando só se utiliza a iluminação artificial; e quando há a integração entre a iluminação natural + a iluminação artificial, além do uso do sistema de controlo da luz natural – as persianas *RETROLux*.

Período		Quarto			Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha		
		Céu Claro	Céu Parcialmente Encoberto	Céu Encoberto	Céu Claro	Céu Parcialmente Encoberto	Céu Encoberto
Verão	9h	■	■	■	■	■	■
	12h	■	■	■	■	■	■
	15h	■	■	■	■	■	■
	18h	■	■	■	■	■	■
Inverno	9h	■	■	■	■	■	■
	12h	■	■	■	■	■	■
	15h	■	■	■	■	■	■
	18h	■	■	■	■	■	■

Tab. 17 Integração da Luz Natural e Artificial - Residência

- Iluminação Natural
- Iluminação Artificial
- Iluminação Natural + Iluminação Artificial
- Sistema de Controlo da Luz Natural

O propósito dos projectos realizados (escritório e residência) e a apresentação das tabelas 14 e 17, é demonstrar a possibilidade da integração da luz natural com a artificial. No entanto, diferente da tabela 14 apresentada para o projecto do escritório, a tabela 17, referente ao projecto da residência, não possui os mesmos cálculos, pois os projectos não têm os mesmos sistemas que regulam a luz artificial. Devido ao facto de serem espaços com diferentes utilizações e um menor tempo de uso da iluminação artificial, na residência não foi utilizado o sistema *LuxSense*, mas, sim, uma luminária que possui um regulador manual da intensidade da luz, sendo possível o utilizador, conforme a sua necessidade, deixar o espaço mais aconchegante ou mais funcional.

5.4.4 AVALIAÇÃO E DECISÃO – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA LUZ

Para a residência, o processo de análise do comportamento da luz foi similar àquele utilizado para a análise do escritório. Para avaliar o desempenho da luz natural e artificial da residência, foram realizadas simulações com software DIALux no solstício de verão, 21 de Junho, nos horários das 9:00, 12:00, 15:00 e 18:00; e no solstício de inverno, 21 de Dezembro, nos horários das 9:00, 12:00 e 15:00. Em ambos os casos os ambientes foram avaliados sob as seguintes condições de tempo: céu claro, céu encoberto e céu parcialmente encoberto. Desta maneira, foi possível perceber a eficiência da iluminação natural e artificial no espaço interior e sugerir o melhor sistema de controlo da luz natural e quais lâmpadas e luminárias são as mais adequadas para os ambientes da residência. No anexo V estão apresentadas as simulações da luz natural.

5.4.5 DESENVOLVIMENTO DO PROJECTO

Durante o dia, a iluminação artificial é apenas accionada no quarto, porque esse espaço é utilizado para estudo e, durante algumas horas, os níveis de iluminância proporcionados pela luz natural não atendem as referencias recomendadas de 300-500 lux. Sabendo dessa necessidade de accionar a luz artificial do quarto durante o dia, foram instaladas sobre a mesa de trabalho, luminárias de encastrar com lâmpadas em LED de baixo consumo energético.

Os espaços da sala de estar, sala de jantar e cozinha são integrados, por isso, a iluminação teve de ser bem planejada para atender a um espaço aconchegante, mas funcional. Para alcançar esse objectivo, as luminárias instaladas possuem reguladores de intensidade luminosa e diferentes tonalidades de cor da luz. Assim, na sala de estar e jantar foram instaladas lâmpadas de luz amarela, enquanto na cozinha foram instaladas lâmpadas de luz fria. Nesse ambiente, a luz artificial é accionada apenas durante a noite.

• Avaliação do Consumo Energético

Para avaliar o consumo de energia eléctrica da residência, foram realizados cálculos utilizada a seguinte fórmula $W = \frac{P \times T}{1000}$.

Onde:

W = Energia consumida;

P = Potência do equipamento em Watts – foram considerados as potências de cada lâmpada separadamente para os espaços analisados;

T = Tempo de utilização dos sistemas.

• Quarto

O quarto possui dois tipos de iluminação, uma iluminação geral e uma iluminação dirigida para a mesa de trabalho, por isso, foram criados dois cenários para mensurar o consumo energético das lâmpadas. Cenário 1 – iluminação geral e Cenário 2 – iluminação dirigida.

- Cenário 1 – Iluminação Geral

Para a iluminação geral foi utilizado uma luminária de suspensão que possui controlo da luz artificial através de um regulador de intensidade luminosa, sendo possível diminuir ou aumentar a intensidade da luz. Por isso, os valores podem variar conforme a luz for regulada. Além disso, para mensurar o consumo energético para a iluminação geral, foi definido que o accionamento da luminária seria de 4 horas diárias em 30 dias.

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 1 lâmpadas de 40 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 4 horas diárias durante 30 dias.

$$W = \frac{1 \times 40 \times 4 \times 30}{1000} \quad \mathbf{W = 4,8 \text{ kWh/mês.}}$$

- Cenário 2 – Iluminação Dirigida

Para a iluminação dirigida, foram instaladas luminárias com lâmpadas LED sobre a mesa de trabalho. Essas lâmpadas têm baixíssimo consumo energético e ótimos níveis de iluminância de 300lux, complementando a luz natural recebida no ambiente e atendendo as necessidades exigidas para as actividades de estudo realizadas neste espaço.

Para mensurar o consumo energético das lâmpadas posicionadas sobre a mesa de trabalho, foi definido que o accionamento destas seria de 6 horas diárias, por 30 dias.

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 2 lâmpadas de 7 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 6 horas diárias durante 30 dias.

$$W = \frac{2 \times 7 \times 6 \times 30}{1000} \quad \mathbf{W = 2,52 \text{ kWh/mês.}}$$

• Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha

Esse espaço é conjugado e possui dois tipos de iluminação, uma iluminação geral e uma iluminação localizada. Para calcular o consumo de energia eléctrica dos equipamentos, foram criados dois cenários. Cenário 1 – Sala de Estar e Sala de Jantar - iluminação geral e Cenário 2 – Cozinha - iluminação localizada.

- Cenário 1 – Sala de Estar e Sala de Jantar - Iluminação Geral

No espaço de estar e no de jantar, foram instaladas duas luminárias de suspensão sobre as respectivas áreas. Cada luminária suporta duas lâmpadas de até 21w, além de possibilitar que a intensidade da luz seja regulada. Desta maneira, esses valores podem alterar conforme a regulação da luz. Para mensurar o consumo energético para a iluminação geral, foi definido que o accionamento das luminárias seria de 4 horas diárias durante 30 dias.

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 4 lâmpadas de 21 w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 4 horas diárias durante 30 dias.

$$W = \frac{4 \times 21 \times 4 \times 30}{1000} \quad \mathbf{W = 10,08 \text{ kWh/mês.}}$$

- Cenário 2 – Cozinha - Iluminação Localizada

Neste espaço, foram instaladas cinco luminárias em régua com lâmpadas de LED de 5,6w sob os armários.

Para ser possível mensurar o consumo energético da iluminação localizada, foi definido que o accionamento das luminárias seria de 4 horas diárias ao longo de 30 dias.

P = Potência do equipamento considerado em Watts, 5 lâmpadas de 5,6w;

T = Tempo de utilização dos sistemas, definido em 4 horas diárias durante 30 dias.

$$W = \frac{5 \times 5,6 \times 4 \times 30}{1000} \quad \mathbf{W = 3,36 \text{ kWh/mês.}}$$

A residência recebe muita luz natural em todos os cômodos, tanto pela manhã como pela tarde, por isso, na maior parte do dia não é necessário utilizar a luz artificial. Resultando numa grande economia de energia eléctrica.

CONCLUSÃO

No decorrer de sua evolução o homem foi usufruindo do que a natureza lhe proporcionava sem pensar em repor o que consumia, pois os nossos antepassados não pensavam que um dia os recursos naturais escasseariam. Entretanto, como é perceptível através da leitura da actual produção científica e também pela mudança de comportamento da sociedade em que vivemos, concluímos que esse pensamento foi modificado por diversos factores. Um deles, talvez o mais importante, é o permanente desenvolvimento dos mercados e o crescente nível de exigência das pessoas na procura por produtos mais sustentáveis. Sendo assim, nota-se que para atenderem a essa tendência, grande parte das empresas estão adoptando sistemas de gestão que as permitem ir ao encontro das necessidades e expectativas da sociedade, e de um mercado mais consciente sobre a questão ambiental.

É ainda importante destacar, que actualmente com essa nova filosofia de responsabilidade ambiental, muitos dos profissionais e estudiosos da área do design abraçaram os conceitos de sustentabilidade e ecodesign, o que se nota na grande quantidade de produção sobre esse tema, seja ela teórica ou prática. Percebe-se que, cada vez mais, os designers propõem mudanças nos processos de produção e consumo, ajudando a criar alternativas sustentáveis para o progresso. Desta forma, conclui-se que diante da necessidade de preservação dos recursos naturais e da tentativa de redução no consumo para diminuir a sobrecarga sobre o meio ambiente, é necessário que os designers estejam capacitados para fazer uso das melhores estratégias de sustentabilidade em seus projectos, contribuindo de forma significativa para a gestão ambiental.

Ao trabalharmos com o conceito de desenvolvimento sustentável, foi possível perceber que a eficiência energética é um dos seus principais motes, na qual se destaca a economia de energia por meio da utilização de novas tecnologias e equipamentos que aproveitam melhor os recursos naturais. Neste sentido, no que se diz respeito à

iluminação e considerando principalmente os ganhos ambientais, sabe-se que a economia obtida com a redução do consumo de energia pode viabilizar investimentos para uma ampla reforma dos sistemas luminotécnicos mais antigos e menos eficientes e, conseqüentemente, maiores dissipadores de energia.

Pelo facto da proposta desse trabalho ser um manual para a produção de projectos de iluminação com uma abordagem sustentável, foi importante abordar as tecnologias e os equipamentos desenvolvidos para os sistemas de iluminação artificial e natural, o que exploramos respectivamente no terceiro e no quarto capítulo. Desta maneira, foi necessário compreender não somente os aspectos técnicos, mas também os conceituais. Por isso que, no capítulo II, apresentamos os principais conceitos luminotécnicos que são necessários não só para o entendimento do presente trabalho, mas ainda, para a compreensão da área de Iluminação em si. Ao explorarmos os aspectos práticos e teóricos relativos à iluminação artificial e natural, concluiu-se que é necessário, antes de tudo, determinar as necessidades do ambiente, de seus utilizadores e das tarefas que ali serão realizadas. Somente após essa análise, que o designer irá escolher os materiais e ferramentas mais indicados para empregar nos projectos de iluminação, sempre com o intuito de torná-los mais eficientes.

A pesquisa sobre as diferentes ferramentas e sistemas de iluminação, principalmente aqueles explorados no corrente trabalho, fez-nos perceber que há diversos passos e equipamentos para construir um projecto de iluminação. Desta maneira, a partir da apresentação dos pressupostos teóricos e práticos sobre a luz natural e artificial, foi possível definir uma metodologia para um projecto de iluminação com a integração da luz natural e artificial. Com essa metodologia foram realizados dois projectos luminotécnicos – um escritório e uma residência. Para a concretização desses projectos, tivemos de escolher os sistemas que melhor atendessem aos requisitos de funcionalidade, conforto e economia. Para a elaboração e conclusão dos projectos luminotécnicos, foi necessário saber empregar de forma racional os recursos naturais e artificiais disponíveis. Portanto, com esse intuito, foi essencial seguir os passos definidos pela metodologia que propomos para elaboração de projectos luminotécnicos com base numa abordagem sustentável.

De acordo com a metodologia proposta para a elaboração dos projectos, inicialmente foi efectuado o levantamento de dados dos espaços a partir de visitas técnicas e da observação directa dos locais, assim, pode-se realizar medições do espaço físico e inspeção visual. Sendo possível registar alguns aspectos gerais, tais como: a configuração do espaço; as actividades exercidas no local para identificar os níveis de

iluminância adequados para o ambiente – factor que definiu a escolha do tipo de luz, directa ou indirecta, suave ou intensa, etc.; o tipo de materiais empregados no piso, parede, tecto e mobiliário; e as condicionantes da luz natural – a variação diária e sazonal, bem como o posicionamento e as características dos componentes de passagem de luz. Todas essas são características importantíssimas de um espaço, assim, sabe-se que é somente através da sua análise pormenorizada que o designer luminotécnico pode planejar o seu trabalho correctamente.

A principal ferramenta utilizada para avaliar o desempenho da luz nos ambientes projectados, foi o programa computacional DIALux. Com esse software, foi possível criar simulações que nos permitiu analisar a incidência da luz natural nos espaços e, a partir do conjunto de informações recolhidas, pudemos definir o melhor sistema de controlo da luz natural, bem como, as lâmpadas, as luminárias e o sistema de controlo da iluminação artificial. Portanto, este software foi de grande importância no desenvolvimento do trabalho mais técnico, permitindo-nos criar projectos luminotécnicos que atendessem de maneira satisfatória as exigências funcionais, estéticas e económicas dos espaços seleccionados. Os projectos desenvolvidos nesse trabalho foram exemplos práticos da aplicabilidade da metodologia desenvolvida.

Em relação aos projectos em si, primeiro tratamos do mais complexo, o escritório, para depois abordarmos o mais simples, a residência. Primeiramente, é perceptível que os equipamentos seleccionados para o projecto luminotécnico do escritório tiveram como propósito aumentar a eficiência energética do espaço, tanto através das lâmpadas economizadoras quanto através dos equipamentos de iluminação que podem ser controlados e programados para reduzir automaticamente o fluxo luminoso das lâmpadas. Assim, a quantidade de luz artificial pode variar de acordo com o aumento ou diminuição de luz natural que penetra no edifício. Em determinados períodos do dia, de acordo com as diferentes épocas do ano, as lâmpadas que recebem o sistema *Luxsense* (Philips) podem ser totalmente desligadas. Desta forma, os sistemas de automação fazem parte de uma estratégia sustentável para minimizar os desperdícios de energia. Além disso, é importante destacar que a selecção e distribuição dos equipamentos foram realizadas sempre em função das necessidades de cada ambiente e dos seus usuários. Em seguida, é importante destacar que os sistemas de controlo e direccionamento da luz natural escolhidos, tiveram como objectivo preservar os ambientes internos da incidência directa dos raios solares e, ao mesmo tempo, aproveitar ao máximo a luz solar recebida para iluminar os espaços. Com essa proposta de integração luminotécnica aplicada ao projecto, a luz artificial pode trabalhar sempre em parceria com a luz natural, já que os

sistemas para iluminação artificial foram posicionados de forma estratégica para que sejam accionados apenas quando os níveis de iluminância estivessem reduzidos. Essa automação foi possibilitada pelo uso de sensores e dispositivos de controlo da luz natural e artificial para gerenciar e ajustar a iluminação ao nível mais adequado para o bem-estar dos funcionários em todos os espaços do escritório.

Como se pôde perceber na própria análise para a construção do projecto da residência, as exigências para os ambientes planeados eram muito mais simples. Entretanto, houve a necessidade da aplicação da metodologia proposta e uma pesquisa pormenorizada dos equipamentos necessários para serem empregados nos espaços. O projecto luminotécnico da residência teve como objectivo aproveitar ao máximo a luz natural, e, em apenas algumas horas ao longo do dia accionar a iluminação artificial, tendo como propósito combater o desperdício, sendo consumido apenas a quantidade mínima necessária de energia eléctrica. Foi por este facto que, foram seleccionados luminárias que regulam o fluxo luminoso das lâmpadas fluorescentes e os LEDs de baixo consumo, bem como um sistema para controlo da iluminação natural que redirecciona a luz natural para o interior dos ambientes, tanto para o quarto como para o espaço integrado de sala de estar, sala de jantar e cozinha.

Após a realização das simulações da iluminação e da constituição dos projectos, foi possível calcular o consumo de energia dos diferentes sistemas propostos. A partir dos cálculos presentes no quinto capítulo, concluiu-se que com a aplicação dos sistemas foi possível provar que houve economia de energia, em alguns casos mais que em outros, porém todos comprovadamente mais económicos se comparados a um ambiente que só aplique a iluminação artificial convencional.

O projecto de iluminação que emprega a luz natural, deve definir os aspectos relacionados à adaptação do tamanho e forma das aberturas para o melhor proveito da luz solar, visando, de tal modo, complementar a iluminação proveniente destas passagens de luz com o uso de sistemas de iluminação artificial. Assim sendo, com um projecto híbrido instalado, é possível obter níveis apropriados de iluminação para o desenvolvimento das actividades a serem realizadas no espaço projectado, e o mais importante, com um menor consumo energético. Como já foi referido anteriormente, isso pôde ser comprovado através dos cálculos de consumo energético apresentados para cada caso projectado – desde a aplicação do sistema mais simples até o mais complexo, que, por sua vez, foram comparadas entre si em diferentes situações. Por conseguinte, podemos concluir que o projecto de iluminação que emprega a luz natural pode reduzir o

impacto ambiental causado pelo uso inadequado da iluminação artificial, que, por sua vez, ocasiona no desperdício de energia eléctrica.

Obviamente que alguns ambientes necessitam de uma maior variação da luz, enquanto, outros precisam de uma iluminação mais uniforme. Sendo assim, cada caso foi avaliado separadamente para atingir um melhor conforto visual para os ocupantes. A qualidade da luz, a comunicação visual com o meio externo, a conservação dos recursos naturais, a redução do consumo de energia e os benefícios psicológicos e fisiológicos, foram características que nos levou a optar pelo uso da iluminação natural em conjunto com a artificial. Isto se dá pelo facto de que um projecto de iluminação inadequado pode causar desconforto aos seus utilizadores, resultando em fadiga visual, redução da produtividade e, em alguns casos, acidentes. Devido a todas às vantagens expostas até então, concluímos que o uso da iluminação natural em projectos de interiores tem grande importância no conceito de edifícios ecologicamente sustentáveis.

Para a concretização de um projecto de iluminação sustentável, é necessários atender aos requisitos que envolvem a gestão e optimização do uso dos recursos naturais para minimizar as perdas e os impactos ao meio ambiente. Estas são preocupações que devem fazer parte desde o planeamento até a concepção final do projecto. Portanto, quando ponderadas as questões ambientais e de eficiência energética para a iluminação de um espaço, devemos priorizar de forma coerente a disponibilidade da luz natural e a sua integração ao sistema de iluminação artificial, pois, quando instalados correctamente, trazem benefícios visuais, bem como minimizam os impactos negativos do gasto energético.

Através do presente trabalho, podemos concluir que as questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável, ao ecodesign, bem como, aos aspectos técnicos sobre a iluminação natural e artificial, são de grande importância para o desenvolvimento de projectos luminotécnicos sustentáveis. Para isso, com o intuito de expor os passos que acreditamos ser necessários para a realização de um projecto de iluminação que respeite a premissa da sustentabilidade, desenvolveu-se uma metodologia para a construção de projectos luminotécnicos que possuam como factor determinante a integração de sistemas de iluminação natural e de iluminação artificial. De tal modo, nessa pesquisa, notou-se que o conceito “iluminação sustentável” se refere a um projecto de iluminação eficiente, sem excessos e capaz de suprir as necessidades dos usuários ao mesmo tempo em que mitiga o desperdício energético, enfatizando, assim, a produtividade com um menor custo.

Por fim, conclui-se que para ter êxito num projecto luminotécnico com uma abordagem sustentável, é necessário que o profissional tenha conhecimento técnico, bom senso, consciência e responsabilidade pelas decisões tomadas durante o processo, procurando, por sua vez, minimizar o impacto ambiental. Para isso, como já afirmado anteriormente, é importante integrar a luz natural com a luz artificial, sendo esta uma estratégia que objectiva criar ambientes com melhor eficiência energética. No entanto, é necessário ressaltar que qualquer projecto luminotécnico, principalmente aqueles que são realizados nos modelos habituais, tem os seus limites na poupança de energia, dados os diversos constrangimentos a que está sujeito, como à concepção e construção do edifício onde se aplica, até a existência no mercado de equipamento com baixo desempenho energético e ultrapassados. Ou seja, para alcançar uma maior sustentabilidade num projecto de iluminação de interiores, é essencial seguir uma abordagem mais profunda nas diferentes actividades de projecto e produção, que foram apresentadas e discutidas na presente investigação.

BIBLIOGRAFIA

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Iluminação Natural – Parte 1: Conceitos Básicos e Definições**. Projeto 02:135.02-00, 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Iluminação Natural – Parte 2: Procedimentos de Cálculo para a Estimativa da Disponibilidade de Luz Natural**. Projeto 02:135.02-002, 2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Iluminação Natural – Parte 3: Procedimento de Cálculo para a Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos**. NBR15215-3, 2004.

AMORIM, Cláudia Naves David – **Estratégias Projetuais para Iluminação Natural**. Pós Graduação Latu Sensu em Iluminação e Design de Interiores, IPOG – Instituto de Pós Graduação, 2010.

AMORIM, Cláudia Naves David – **Iluminação Natural e Eficiência Energética - Parte I: Estratégias de Projeto para uma Arquitetura Sustentável**. Periódico Electrónico em Arquitetura e Urbanismo Paranoá, Vol. 4, 2002. Disponível em http://www.unb.br/fau/pos_graduacao/paranoa/paranoa.htm. Acesso 09 de Outubro de 2010.

AMORIM, Cláudia Naves David – **Iluminação Natural e Eficiência Energética - Parte II: Sistemas Inovadores para a Luz Natural**. Periódico Electrónico em Arquitetura e Urbanismo Paranoá, Vol. 4, 2002. Disponível em http://www.unb.br/fau/pos_graduacao/paranoa/paranoa.htm Acesso 09 de Outubro de 2010.

ÁGUAS, Sofia Isabel Ressano Garcia Vasques Seabra – **Design de Candeeiros de Iluminação Pública para a Sustentabilidade do Espaço Público**. Tese de Doutorado – Espaço Público e Regeneração Urbana: Arte, Teoria e Conservação do Património. Barcelona : Faculdade de Belas Artes da Universidade de Barcelona, 2009.

BAKER, N.; FANCHIOTTI, A; STEEMERS, K – **Daylighting in Architecture: A European Reference Book**. London : James & James, 1993. ISBN 978-187-393-621-4.

BRANSTON, Howard – **Aprender a Ver – A Essência do Design de Iluminação**. São Paulo : De Maio Comunicação e Editora, 2010. ISBN 978-85-63292-00-1.

BROWN, G. Z.; DEKAY, Mark – **Sol, Vento & Luz: Estratégias para o Projeto de Arquitetura**. São Paulo : Bookman, 2004. ISBN 853-630-344-1.

BÜRDEK, Bernhard E. – **História, Teoria e Prática do Design de Produtos**. São Paulo : Edgard Blücher. 2006. ISBN 85-212-0375-6.

BÜRGENMEIER, Beat – **Economia do Desenvolvimento sustentável**. Lisboa : Instituto Piaget, 2009. ISBN 978-989-659-004-8.

CABÚS, Ricardo Carvalho - **Análise do Desempenho Luminoso de Sistemas de Iluminação Zenital em Função da Distribuição de Luminâncias**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis : UFSC, 1997.

CNUAD – **Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento: Agenda 21**. Gabinete de Relações Internacionais Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2005. ISBN 972-95491-7-6.

CNI – Confederação Nacional da Indústria – **A Importância do Design para a sua Empresa**. Brasília : CNI, 1998.

COLTRO, Leda – **Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão**. Campinas : CETEA/ITAL, 2007. ISBN 978-85-7029-083-0.

CMMD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro : Editora da Fundação Getulio Vargas, 1991.

COSTA, Gilberto José Correa da – **Iluminação Econômica – Cálculo e Avaliação**. Porto Alegre : EDIPUCRS, 1998. ISBN 8574305383.

COSTI, Marilice – **A Influência da Luz e da Cor – Em Salas de Espera e Corredores Hospitalares**. Porto Alegre : EDIPUCRS, 2002. ISBN 8574302643.

CUNHA, Márcio Manuel Ferreira – **Vão Envidraçados: Geometria de Insolação – Optimização do Dimensionamento de elementos de Protecção Solar**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2005.

ERICSON, Nils – **LEDs: Tecnologia do Futuro a Serviço do Presente**. In: Revista Lume Arquitetura, edição número 31, Abril/Maio de 2008.

FELDEMAN, Daniel Coelho – **Controles de Iluminação: Efeitos e Eficiência**. In: Revista Lume Arquitetura, edição número 9, Agosto/Setembro de 2004.

FIELL, Charlotte; FIELL, Peter – **Design Industrial A – Z**. Köln : Taschen, 2001. ISBN 3-8228-1176-9.

FUAD-LUKE, Alastair – **Manual de Diseño Ecológico**. Palma de Mallorca : Editorial Cartago S.L., 2002. ISBN 1-900826-36-4.

FULLER, Richard Buckminster – **Manual de Instruções para a Nave Espacial Terra**. Porto : Via Optima, Oficina Editorial, Ltda, 1998. ISBN 972-9360-06-5.

GARROCHO, Juliana Saiter - **Luz Natural e Projeto de Arquitetura: Estratégias para Iluminação Zenital em Centros de Compras**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília : UNB, 2005.

GASPAR, Cândido Dias – **A Iluminação dos Locais e Postos de Trabalho**. Lisboa : Universidade Aberta/Gráfica Europam, Ltda, 2002. ISBN 972-732-744-3.

GUERRINI, Délio Pereira – **Iluminação – Teoria e Projeto**. São Paulo : Editora Erica, 2007. ISBN 978-85-365-0180-2.

GURGEL, Miriam – **Projetando Espaços: Guia de Arquitetura de Interiores para as Áreas Residenciais**. São Paulo : Ed. Senac São Paulo, 2004. ISBN 85-7359-320-2.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J – **Iluminação Natural**. Lisboa : Fundação Calouste Gulbenkian, 1975.

ICLEI – Local Governments for Sustainability – **Guide to Sustainable Office Lighting: Helping Commercial Tenancies to Adopt Sustainable Lighting Technologies, Designs and Practices**. Disponível em <http://www.dvize.com/designwork/CoM-sus-lights-070629-A4.pdf>. Acesso em 18 de Agosto de 2011.

JAGLBAUER, Vivien – **Contribuição à Melhoria das Condições Ambientais de Trabalho Através do Aprimoramento da Iluminação em Galpões e Pátios Cobertos na Indústria Mineral**. Dissertação de Mestrado – Área de Concentração Engenharia Mineral. São Paulo : Escola Politécnica a Universidade de São Paulo, 2007.

JANNUZZI, Gilberto de Martino; SWISHER, Joel N. P. – **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis.** Campinas : Editora Autores Associados, 1997. ISBN 85-85701-50-1.

KAZAZIAN, Thierry – **Haverá a Idade das Coisas Leves: Design e Desenvolvimento Sustentável.** São Paulo : Editora Senac São Paulo, 2005. ISBN 85-7359-436-5.

KÖSTER, Helmut – **Dynamic Daylighting Architecture Basics, Systems, Projects.** Berlim : Birkhäuser, 2009. ISBN 3-76436730-X.

LLERA, Ramón Rodríguez – **Breve História da Arquitectura.** Lisboa : Editorial Estampa, 2006. ISBN 972-33-2270-6.

LIMA, Mariana – **Percepção Visual Aplicada a Arquitetura e Iluminação.** Rio de Janeiro : Editora Ciência Moderna, 2010. ISBN 978-85-739-3891-3.

MANZINI, Ezio – **Design para a Inovação Social e Sustentabilidade: Comunidades Criativas, Organizações Colaborativas e Novas Redes Projetuais.** Rio de Janeiro : Editora E-papers, 2008. ISBN 979-85-7650-170-1.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo – **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Os Requisitos dos Produtos Industriais.** São Paulo : Editora da Universidade de São Paulo, 2005. ISBN 85-314-0731-1.

MARCHI, Sandra Regina – **Análise da Influência da Cor no Potencial de Aproveitamento da Luz Natural no Ambiente Construído.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba : UFPR, 2007.

MASCARÓ, Lucia – **A Iluminação do Espaço Urbano.** São Paulo : Editora Masquatro, 2006. ISBN 978-85-998-9701-0.

MOREIRA, Vinicius de Araújo – **Iluminação Elétrica**. São Paulo : Editora Edgar Blucher, 1999. ISBN 978-85-2120175-5.

MOREIRA, Vinicius de Araújo – **Iluminação & Fotometria – (Teoria e Aplicação)**. Editora EDGARD BLUCHER Ltda., 1987.

MATEUS, Ricardo - **Novas Tecnologias Construtivas com Vista à Sustentabilidade da Construção**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia, Universidade do Minho. Minho : 2004.

OSRAM – **Iluminação Conceitos e Projetos**. Disponível em http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0262/Af_Apostila_Conceitos_e_Projetos.pdf. Acesso em 06 de Novembro de 2010.

PAPANEK, Victor – **Arquitectura e Design: Ecologia e Ética**. Lisboa : Edições 70, 1995. ISBN 972-44-0968-6.

PAPANEK, Victor – *Diseñar para el Mundo Real: Ecologia Humana y Cambio Social*. Madrid : Herman Blume ediciones, 1971.

PENEDA, Constança; FRAZÃO, Rui - **Ecodesign no Desenvolvimento de Produtos**. Lisboa : INETI – Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, ITA – Institutos de Tecnologias Ambientais, 1995. ISBN 972-676-157-3.

PEREIRA, Daniela Cardoso Laudares; MUELLER, Cecília Mattos – **Iluminação e Sustentabilidade: A Integração entre Luz Natural e Artificial**. In: Revista Lume Arquitetura, edição número 26, Junho/julho de 2007.

PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay Pereira; SOUZA, Marcos Barros de Souza – **Conforto Ambiental e Iluminação**. Florianópolis : Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

PEREIRA, João Victor Inácio – **Sustentabilidade: Diferentes Perspectivas um Objectivo Comum.** Disponível em <http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/egg/v14n1/v14n1a08.pdf>. Acesso em 03 de Março de 2011.

PHILIPS Portuguesa S.A. – **As Bases da Luz e da Iluminação.** Lisboa : 2007.

PIMENTA, José Luiz – **LED: Uma Fonte de Luz Promissora.** In: Revista Lume Arquitetura, edição número 23, Dezembro de 2006/Janeiro de 2007.

PRATA, Margarida (Cord.) – **Desenvolvimento Sustentável: Um Compromisso de Todos.** Lisboa : Instituto do Ambiente, 2005. ISBN 972-8577-18-4.

RE, Vittorio – **Iluminación Interna.** Barcelona : Marcombo Boixareu Editores, 1979. ISBN 84-267-0362-3

ROSA, Maria Teresa Pires – **Conceptualização do Desenvolvimento Sustentável: A sua Operacionalização no Âmbito da Governação Local Através dos Planos Municipais do Ambiente.** Dissertação de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais – Programa de Pós-Graduação do Departamento de Ciências e Engenharia de Ambiente, Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa : 2002.

SANTOS, António José – **A Iluminação nos Edifícios: Uma Abordagem no contexto da Sustentabilidade e Eficiência Energética.** Lisboa : LNEC, 2007.

SANTOS, António José – **Desenvolvimento de uma Metodologia de Caracterização das Condições de Iluminação Natural nos Edifícios Baseada na Avaliação “In Situ”.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Física – Programa de Pós-Graduação na Área de Especialização: Ambiente em Edifícios, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa : LNEC, 2003.

SANTOS, Maria João Nicolau – **Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Empresarial.** Oeiras : Celta Editora, 2005. ISBN 972-774-223-8.

SANTOS, Sara Dionísio Pala – **Sistemas Avançados de Iluminação Natural: Estudo Comparativo de Vidros Prismáticos, Lase-Cut Panels e Channel Panels**. Dissertação de Mestrado em Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa : 2009.

SCHLEIFER, Simone K. – **Cores para Interiores**. Barcelona : Loft Publications, 2011. ISBN 978-84-9936-732-3.

SCHLEIFER, Simone K. – **Pequenos Escritórios**. Barcelona : Loft Publications, 2010. ISBN 978-84-9936-730-9.

SCHLEIFER, Simone K. – **Soluções para o seu Lar**. Barcelona : Loft Publications, 2010. ISBN 978-84-9936-728-6.

SILVA, Francisco de A. Gonçalves da – **Conforto Ambiental: Iluminação de Interiores**. João Pessoa : A União, 1992.

SILVA, Luís Lopes da – **Conceitos Básicos de Iluminação**. Lisboa : Edições Universitárias Lusófonas, 2004. ISBN 972-8881-06-1.

SILVA, Mauri Luiz da – **Iluminação: Simplificando o Projeto**. Rio de Janeiro : Editora Ciência Moderna, 2009. ISBN 9788573937916.

SILVA, Mauri Luiz da – **Luz, Lâmpadas & Iluminação**. Rio de Janeiro : Editora Ciência Moderna, 2008. ISBN 8573933097.

SOUZA, Marcos Barros – **Potencialidade de Aproveitamento da Luz Natural Através da Utilização de Sistemas Automáticos de Controle para Economia de Energia Elétrica**. Tese Doutorado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis : UFSC, 2003.

SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves – **Luz Natural no Projeto Arquitetônico: Uma Fonte Sustentável para a Iluminação**. In: Revista Lume Arquitetura, edição número 31, Abril/Maio de 2008.

TABOADA, J.A. – **Manual de Luminotecnia – Editorial DOSSAT, S.A. OSRAM**. Madrid : Cuarta Edición, 1983.

VIANA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla S. – **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo : Editora Geros, 2007. ISBN 85-902193-1-3.

VILELA, Alcir; DEMAJOROVIC, Jacques – **Modelos e Ferramentas de Gestão Ambiental: Desafios e Perspectivas para as Organizações**. São Paulo : Editora Senac, 2006. ISBN 85.7359-497.7.

CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS

Figs. 01, 27, 30, 59, 62, 63, 64, 68, 71, 74, 78, 79, 80, 81, 82, 88, 92, 93, 94; todas as figs dos anexos II, III, IV e V: Fotografias e imagens tratadas pela autora da dissertação.

Figs. 02, 03: PENEDA, Constança; FRAZÃO, Rui - **Ecodesign no Desenvolvimento de Produtos**. Lisboa : INETI – Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, ITA – Institutos de Tecnologias Ambientais, 1995. ISBN 972-676-157-3. pp. 14, 56.

Figs. 04, 06, 07, 08, 10, 11, 12: OSRAM – **Iluminação: Conceitos e Projetos**. Disponível em http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0262/Af_Apostila_Conceitos_e_Projetos.pdf. Acesso em 06 de Novembro de 2010. pp. 16, 20, 26, 26, 11, 12, 12

Figs. 05, 24: RE, Vittorio – **Iluminación Interna**. Barcelona : Marcombo Boixareu Editores, 1979. ISBN 84-267-0362-3. pp. 72, 81.

Fig. 9: SILVA, Mauri Luiz da – **Luz, Lâmpadas & Iluminação**. Rio de Janeiro : Editora Ciência Moderna, 2008. ISBN 8573933097. p. 38.

Fig. 13: Disponível em <http://www.osram.com.br>. Acesso em 25 de Julho de 2011.

Fig. 14: Disponível em <http://hca-d.blogspot.com/2011/02/caracterizar-arquitECTURA-do-romantismo.html>. Acesso em 25 de Julho de 2011.

Fig. 15: Disponível em http://www.maganhoto.arq.br/portfolio.php?id=85&id_img=1. Acesso em 25 de Julho de 2011.

Figs. 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 66, 67, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91: PHILIPS – **Catálogo de Produtos: Lâmpadas Profissionais.** Disponível em <http://www.ecat.lighting.philips.pt/>. Acesso em 05 de Agosto de 2011.

Fig. 25: Disponível em http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0262/ln001_-_iluminacao_natural_-_breve_retrorspectiva_historica.pdf. Acesso em 4 de Julho de 2011.

Fig. 26: Disponível em <http://4.bp.blogspot.com/-CIQfTdlR4sI/Ta4QOWAK7fI/AAAAAAAAAZw/vWeCSI4f-hU/s1600/DSC06661.JPG>. Acesso em 04 de Julho de 2011.

Fig. 28: Disponível em <http://ecmc-escoladasartes.blogspot.com/2010/10/artebizantina.html>. Acesso em 04 de Julho de 2011

Fig. 29: Disponível em <http://acabouocaviar.blogspot.com/2011/04/catedral-de-sao-vito.html>. Acesso em 04 de Julho de 2011.

Fig. 31: Disponível em <http://www.flickr.com/photos/reinholdbehringer/2862257429/>. Acesso em 04 de Julho de 2011.

Fig. 32: Disponível em <http://www.voyagevirtuel.com/chateau-versailles/photo/versailles-petit-trianon-147.php>. Acesso em 04 de Julho de 2011.

Fig. 33: Disponível em <http://www.flickr.com/photos/87106931@N00/1432715400/>. Acesso em 06 de Julho de 2011.

Fig. 34: Disponível em <http://socorrnaotemnome.blogspot.com/2010/10/le-corbusier-e-suas-cores.html>. Acesso em 06 de Julho de 2011.

Fig. 35: Disponível em <http://www.alvaraalto.fi/viipuri/building.htm>. Acesso em 06 de Julho de 2011.

Fig. 36: Disponível em <http://www.wright-house.com/frank-lloyd-wright/fallingwater/pictures/F1SW-fallingwater-in-fall.html>. Acesso em 06 de Julho de 2011.

Fig. 37: Disponível em http://www.flickr.com/photos/pov_steve/270235266/. Acesso em 06 de Julho de 2011.

Fig. 38: Disponível em <http://www.estilomagazine.com.br/2011/04/brasil-ia-capital-federal/catedral-metropolitana-de-brasil-ia/>. Acesso em 06 de Julho de 2011.

Fig. 39: Disponível em <http://www.andotadao.org/chlight6.htm> Acesso em 01 de Agosto de 2011.

Fig. 40: Disponível em <http://www.infinite-light.net/category/historical-buildings/>. Acesso em 01 de Agosto de 2011.

Fig. 41: Disponível em http://www.danda.be/gallery/kunsthau_s_bregenz/. Acesso em 01 de Agosto de 2011.

Fig. 42: Disponível em <http://www.stevenholl.com/project-detail.php?type=museums&id=19&page=0>. Acesso em 01 de Agosto de 2011.

Fig. 43: Disponível em http://www.danda.be/gallery/prada_tokyo/. Acesso em 01 de Agosto de 2011.

Fig. 44: Disponível em <http://www.designbuild-network.com/projects/casadamusica/casadamusica1.html>. Acesso em 01 de Agosto de 2011.

Figs. 45, 46, 47: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Iluminação Natural – Parte 3: Procedimento de Cálculo para a Determinação da Iluminação Natural em Ambientes Internos.** NBR15215-3. 2004. p. 4.

Figs 48, 49, 50: Disponível em <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/renzo-piano-nasher-sculpture-24-06-2004.html>. Acesso em 12 de Novembro de 2011.

Figs 51, 52: Disponível em <http://www.arcoweb.com.br/lighting/franco-amp-fortes-lighting-design-luminotecnica-de-09-05-2011.html>. Acesso em 12 de Novembro de 2011.

Figs 53, 54: Disponível em <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/renzo-piano-building-workshop-sole-24-26-10-2005.html> Acesso em 12 de Novembro de 2011.

Figs 55, 56: Disponível em <http://www.arcoweb.com.br/lighting/senzi-consultoria-luminotecnica-luminotecnica-de-04-06-2007.html> Acesso em 13 de Novembro de 2011.

Figs 57, 58: Disponível em <http://www.arcoweb.com.br/lighting/bartenbach-lichtlabor-iluminacao-de-11-01-2001.html>. Acesso em 05 de Dezembro de 2011.


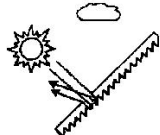

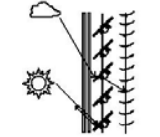

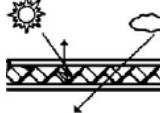



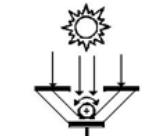

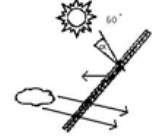
Figs 60, 61; Figs. da Tab. 12 e 14: AMORIM, Cláudia Naves David – **Estratégias Projetuais para Iluminação Natural.** Pós Graduação Latu Sensu em Iluminação e Design de Interiores, IPOG – Instituto de Pós Graduação, 2010. pp. 51, 53; 42, 43, 44, 59

Figs 70, 71: GODOY, Plinio – **Iluminação de Escritórios: Uma Nova Abordagem.** In: Revista Lume Arquitetura, edição número 13, Abril/Maio de 2005. p. 65.

Fig. 77: SANTOS, António José – **A Iluminação nos Edifícios: Uma Abordagem no contexto da Sustentabilidade e Eficiência Energética.** Lisboa : LNEC, 2007. p. 26

Fig. 92: KÖSTER, Helmut – **Dynamic Daylighting Architecture Basics, Systems, Projects.** Berlim : Birkhäuser, 2009. ISBN 3-76436730-X.

ANEXO I
SISTEMAS PARA LUZ NATURAL

CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS PARA A LUZ NATURAL - 1/3											
1. SISTEMAS COM PROTECÇÃO SOLAR											
CATEGORIA – SISTEMAS PARA USO PRIMÁRIO DA LUZ DIFUSA	Sistema		Clima	Localização	Critérios para selecção						
	Tipo				Protecção do ofuscamento	Vista externa	Condução da luz p/ o fundo do ambiente	Uniformidade iluminação	Economia de luz artificial	Necessidade de seguir o percurso solar	Disponibilidade
	Painéis prismáticos 		Todos os climas	AL AZ	D	D	D	D	D	D	S
	Lamelas prismáticas aluminizadas 		Clima temperado	AL	S	D	S	S	S	S	S
	Grelha de microLamelas reflexivas 		Clima temperado	AZ	S	N	N	S	S	N	S
	Abertura zenital anidólica 		Clima temperado	AZ	S	N	N	S	S	N	T
	Concentração c/ elementos holográficos ópticos 		Todos os climas	AL AZ	D	S	N	D	S	S	T
	Reflexão total c/ elem. ópticos holográficos 		Clima temperado	AL AZ	D	S	N	S	S	S	S

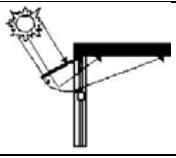
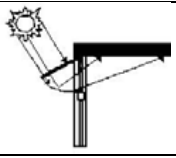
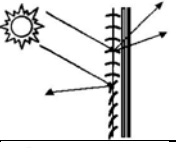
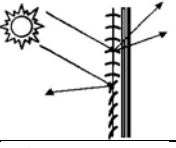
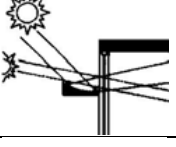
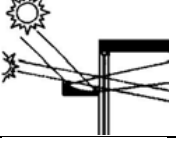
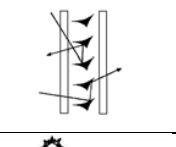
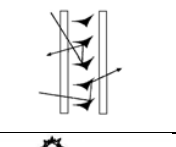
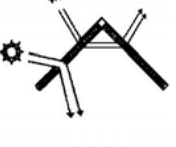
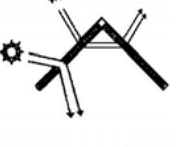


Tab. 01 Classificação dos Sistemas para Luz Natural com Protecção Solar – 1/3¹

◆ Sistema convencional; ■ Sistema avançado.


AL: Abertura Lateral; ALA: Abertura Lateral Alta; AZ: Abertura Zenital.

S: sim; D: depende; N: Não; T: em fase de testes; FD: em fase de desenvolvimento.

¹ AMORIM, Cláudia Naves David – **Estratégias Projetuais para Iluminação Natural**. Pós Graduação Latu Sensu em Iluminação e Design de Interiores, IPOG – Instituto de Pós Graduação, 2010. pp. 42, 43, 44 e 45.

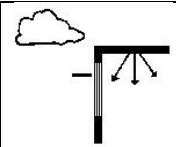
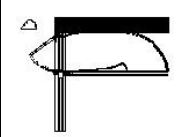
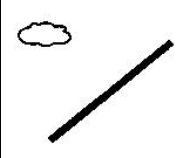
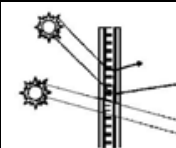
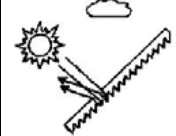
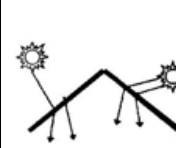
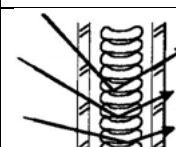
CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS PARA A LUZ NATURAL - 2/3											
1. SISTEMAS COM PROTECÇÃO SOLAR											
CATEGORIA – SISTEMAS PARA USO PRIMÁRIO DA LUZ DIRECTA	Sistema		Clima	Localização	Critérios para selecção						
	Tipo				Protecção do ofuscamento	Vista externa	Condução da luz p/ o fundo do ambiente	Uniformidade iluminação	Economia de luz artificial	Necessidade de seguir o percurso solar	Disponibilidade
	Protecção solar c/ guia de luz 		Clima quente e céu claro	AL	S	S	D	D	D	N	T
	Persianas p/ condução da luz 		Todos os climas	AL	S	S	S	D	D	D	S
	Palas reflectoras p/ redirecciona a luz directa 		Todos os climas	AL	S	D	S	S	S	S	S
	Vidros c/ perfis reflectores 		Clima temperado	ALA Z	S	D	D	D	D	N	S
	Abertura zenital c/ laser-cut panel 		Clima quente, céu claro e baixas latitudes	AZ	D	S	S	S	S	N	D
	Lamelas giratórias 		Clima temperado	AL AZ	D	D	D	S	D	S	S

Tab. 02 Classificação dos Sistemas para Luz Natural com Protecção Solar – 2/3

◆ Sistema convencional;  Sistema avançado.

AL: Abertura Lateral; ALA: Abertura Lateral Alta; AZ: Abertura Zenital.

S: sim; D: depende; N: Não; T: em fase de testes; FD: em fase de desenvolvimento.

CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS PARA A LUZ NATURAL - 3/3											
1. SISTEMAS SEM PROTECÇÃO SOLAR											
	Sistema		Clima	Localização	Critérios para selecção						
	Tipo				Protecção do ofuscamento	Vista externa	Condução da luz p/ o fundo do ambiente	Uniformidade iluminação	Economia de luz artificial	Necessidade de seguir o percurso solar	Disponibilidade
CATEGORIA – SISTEMAS PARA CONDUÇÃO DA LUZ DIFUSA	Palas reflectoras ♦		Todos os climas	AL AZ	D	S	D	D	D	N	S
	Forro anidótico ■		Clima temperado céu encoberto	ALA	-	S	S	S	S	-	FD
	Condução da luz difusa. c/ elementos ópticos holográficos ■		Clima temperado céu encoberto	AL AZ	-	S	S	S	S	-	S
CATEGORIA – SISTEMAS PARA CONDUÇÃO DA LUZ DIRECTA	Laser-cut panel ■		Todos os climas	AL AZ	N	S	S	S	S	N	T
	Painéis prismáticos ■		Todos os climas	AL AZ	D	D	D	D	D	S/N	S
	Concentração de luz c/ elem. ópticos holográficos em abertura zenital ■		Todos os climas	AZ	D	S	S	S	S	N	S
	Vidro para condução da luz ■		Clima temperado	AL AZ	D	N	S	S	S	N	S

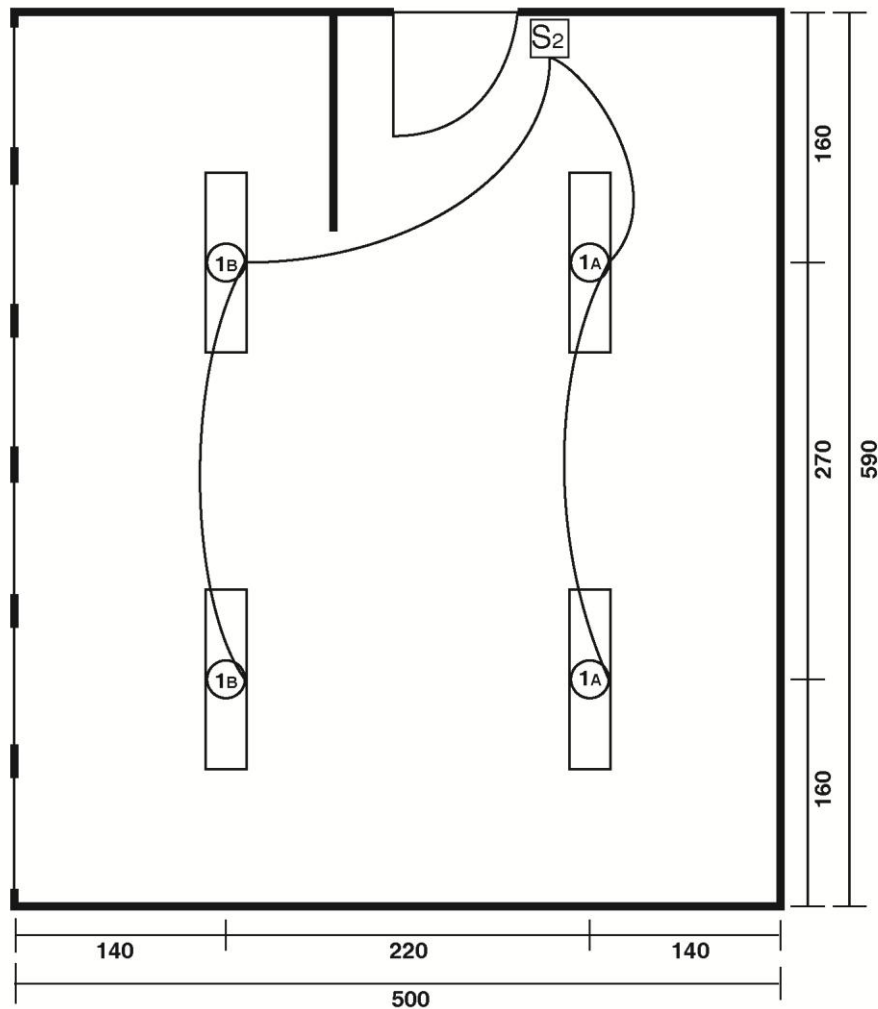
Tab. 03 Classificação dos Sistemas para Luz Natural sem Protecção Solar – 3/3

♦ Sistema convencional; ■ Sistema avançado.

AL: Abertura Lateral; ALA: Abertura Lateral Alta; AZ: Abertura Zenital.

S: sim; D: depende; N: Não; T: em fase de testes; FD: em fase de desenvolvimento.

ANEXO II
DESENHO TÉCNICO
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DO ESCRITÓRIO



Legenda:

- 1A - Luminária: Philips TBS411 1xTL5-32W HFP T C8-VH;
- 1B- Luminária: Philips TBS411 1xTL5-32W HFP T C8-VH, com sistema Luxsense da Philips;
- S2 - Sistema de interruptor com duas teclas.



Universidade de Lisboa - Faculdade de Belas-Artes
Mestrado de Design de Equipamento - Urbanos e Interiores

Práticas de Iluminação Através de Métodos Naturais e Artificiais
Aplicados ao Design de Interiores - Uma Abordagem Sustentável

Sistema de Iluminação Artificial do Escritório - Sala dos Funcionários

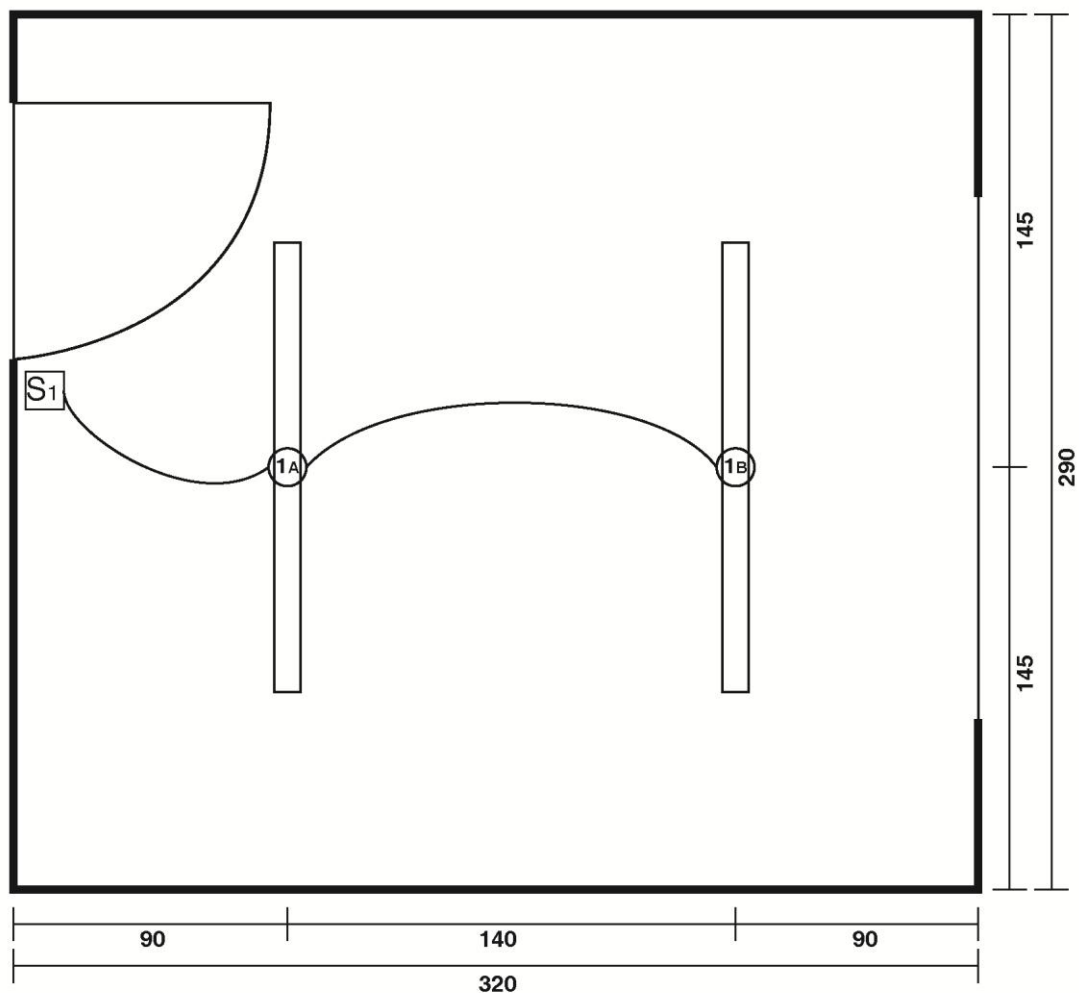
Ida Camila Dantas Granja n.º 5474

Medidas em cm

Escala 1:50

página

187




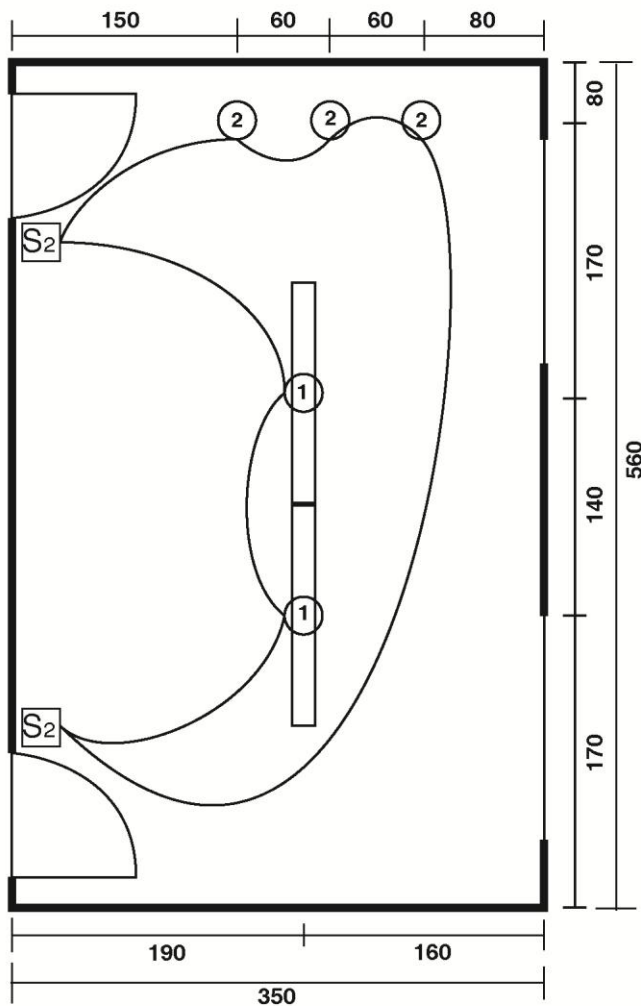
Legenda:

1A - Luminária: Philips TBS411 1xTL5-32W HFP T C8-VH;

1B- Luminária: Philips TBS411 1xTL5-32W HFP T C8-VH, com sistema Luxsense da Philips;

S1 - Sistema de interruptor com uma tecla.

 Universidade de Lisboa - Faculdade de Belas-Artes Mestrado de Design de Equipamento - Urbanos e Interiores	
Práticas de Iluminação Através de Métodos Naturais e Artificiais Aplicados ao Design de Interiores - Uma Abordagem Sustentável	
Sistema de Iluminação Artificial do Escritório - Sala do Director	
Ida Camila Dantas Granja n.º 5474	
Medidas em cm	Escala 1:25
página 188	



Legenda:

- 1 - Luminária: Philips BPS800 1xLXML/WW AC-MLO;
- 2 - Luminária: Philips BBG441 3xLED-K2-10-/CW;
- S₂ - Sistema de interruptor com duas teclas.



Universidade de Lisboa - Faculdade de Belas-Artes
Mestrado de Design de Equipamento - Urbanos e Interiores

Práticas de Iluminação Através de Métodos Naturais e Artificiais
Aplicados ao Design de Interiores - Uma Abordagem Sustentável

Sistema de Iluminação Artificial do Escritório - Sala de Reuniões

Ida Camila Dantas Granja n.º 5474

Medidas em cm

Escala 1:50

página

189

ANEXO III
CENÁRIOS DE LUZ DO DIA DO ESCRITÓRIO
SIMULAÇÕES DA LUZ NATURAL – QUANTIDADE DE LUX

1.2 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO

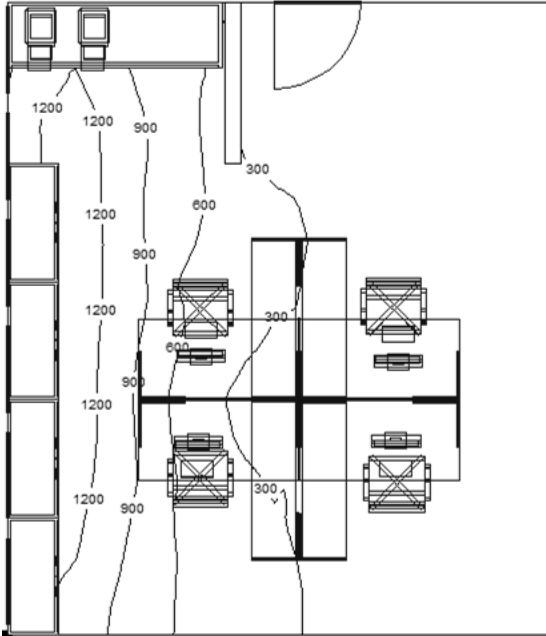


Fig. 05 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

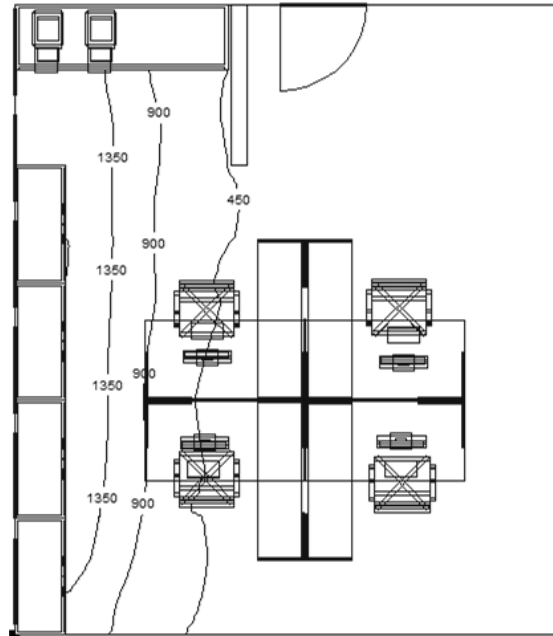


Fig. 06 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

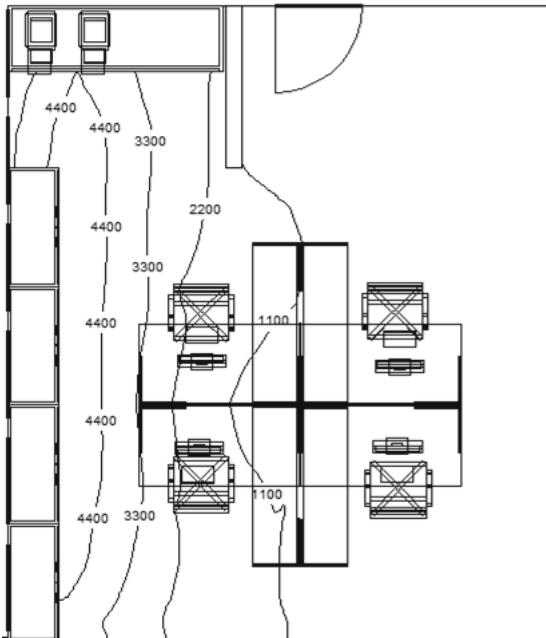


Fig. 07 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

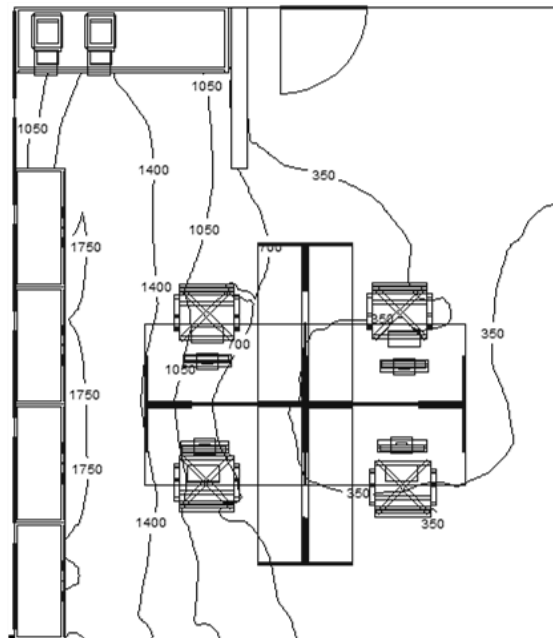


Fig. 08 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

1.3 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU ENCOBERTO

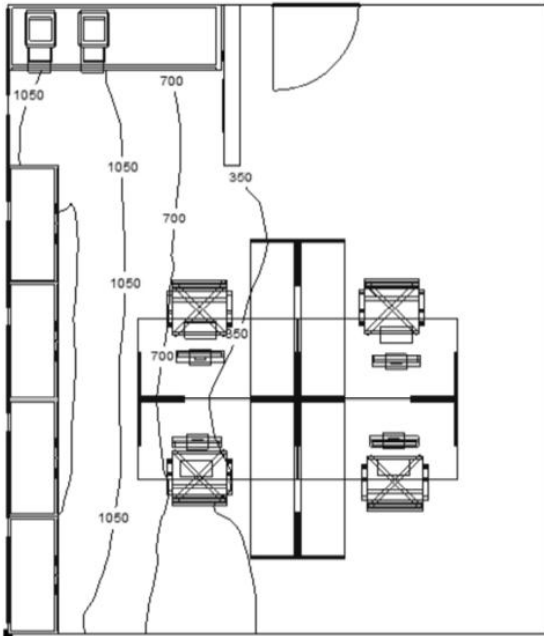


Fig. 09 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

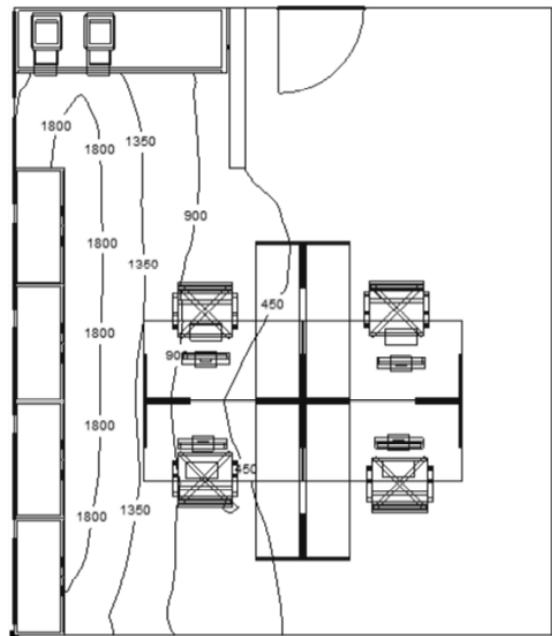


Fig. 10 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

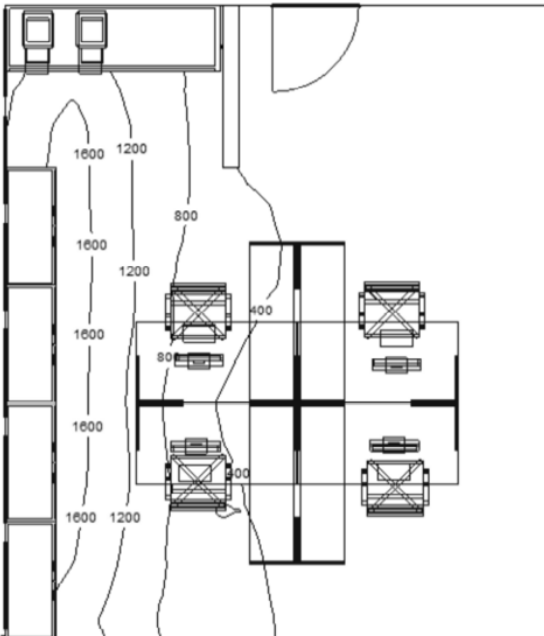


Fig. 11 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

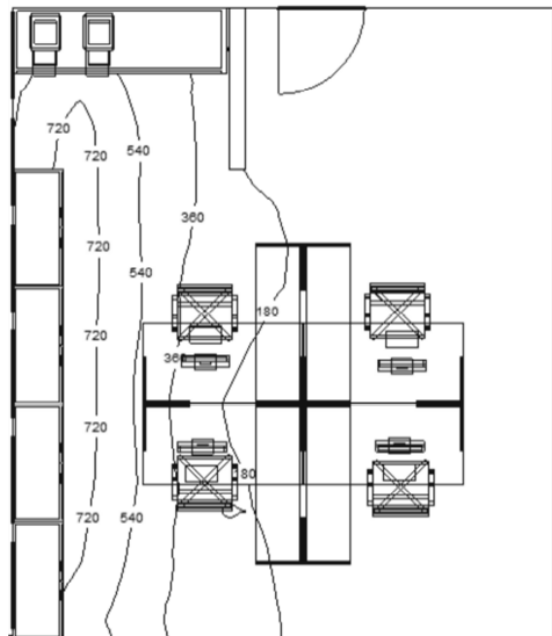


Fig. 12 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

1.4 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU CLARO

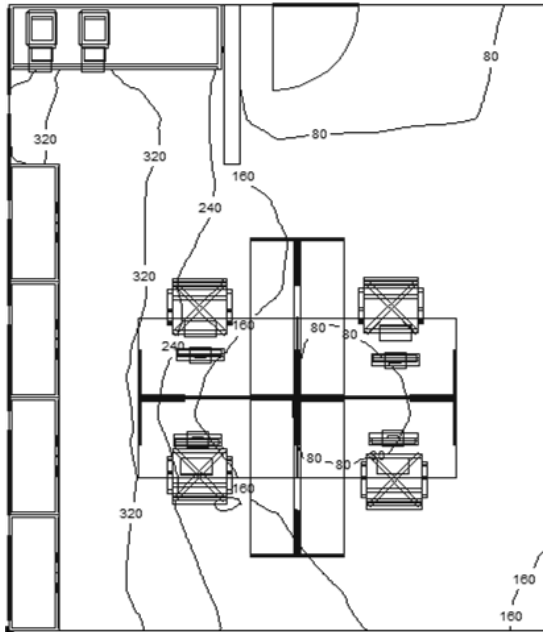


Fig. 13 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

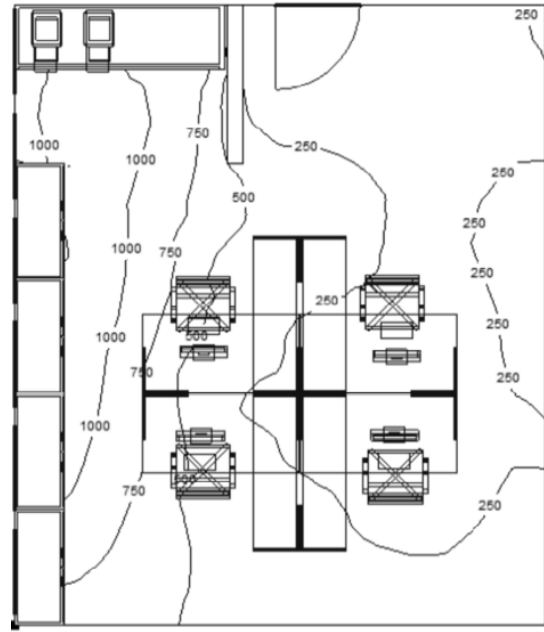


Fig. 14 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

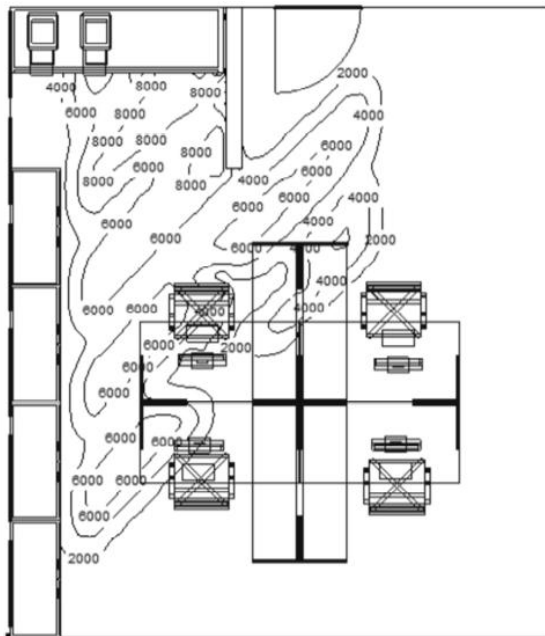


Fig. 15 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

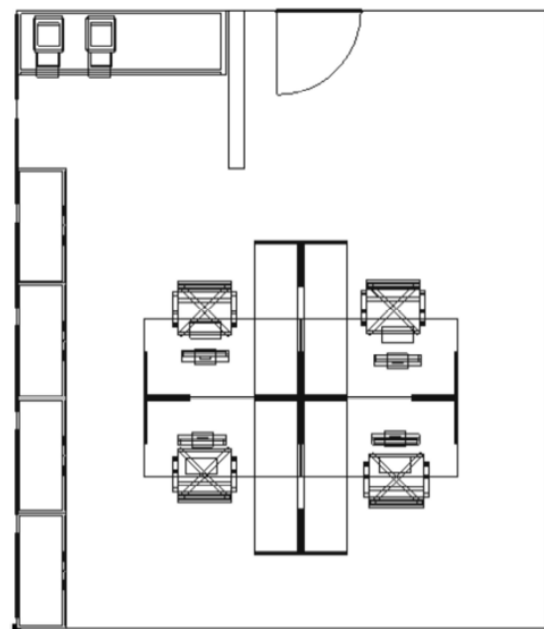


Fig. 16 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

1.5 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO

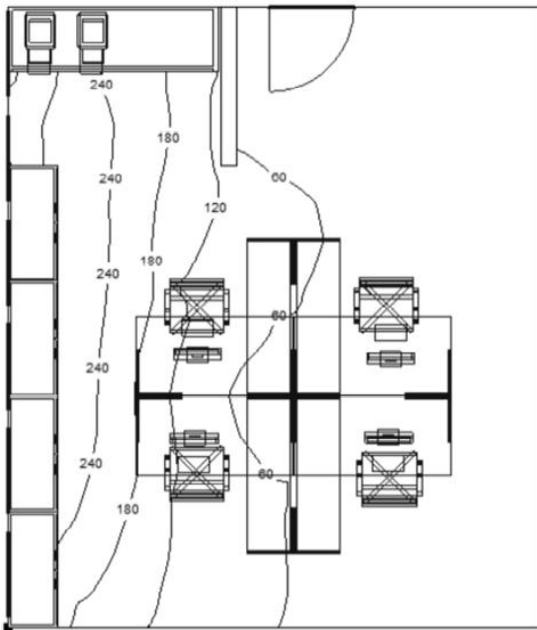


Fig. 17 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

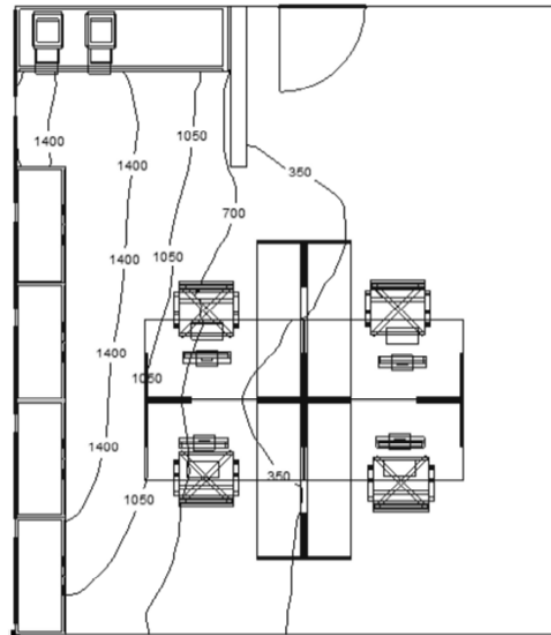


Fig. 18 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

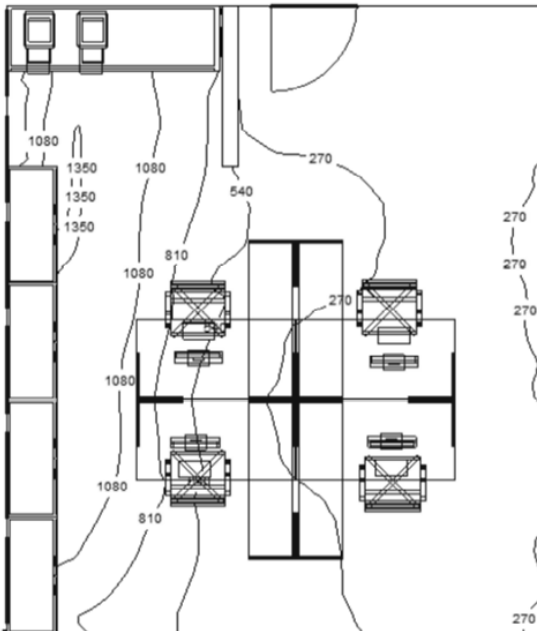


Fig. 19 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

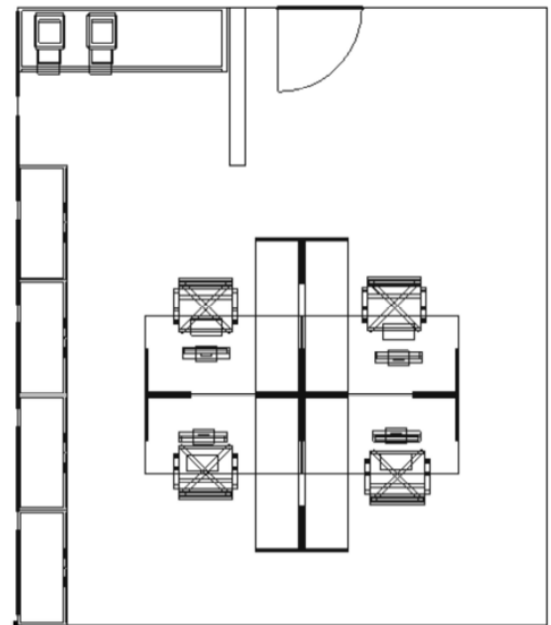


Fig. 20 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

1.6 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU ENCOBERTO

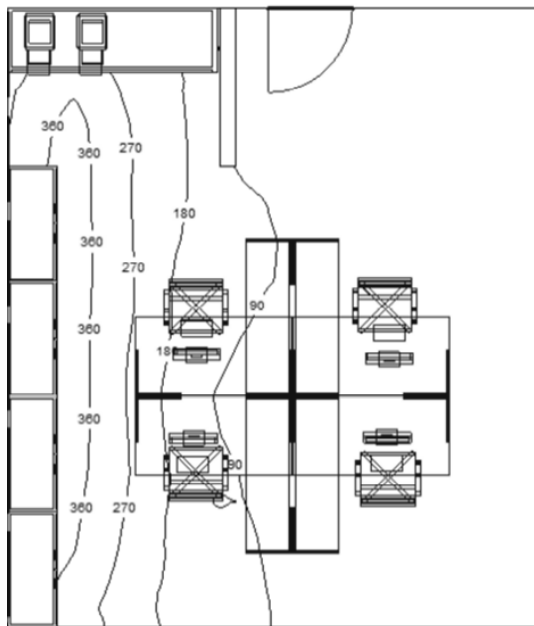


Fig. 21 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

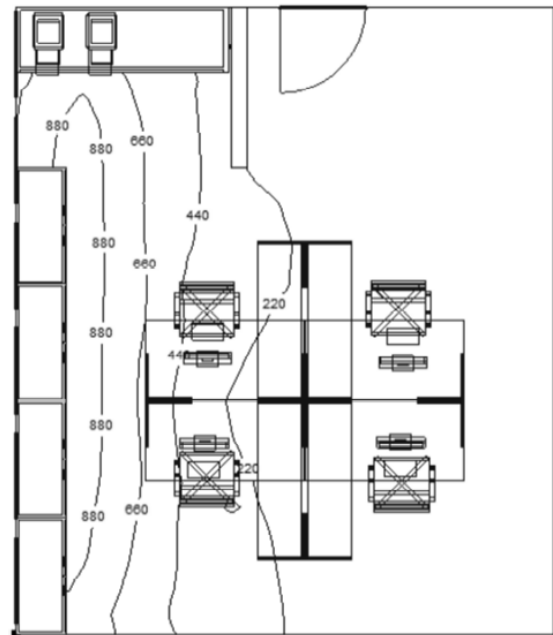


Fig. 22 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

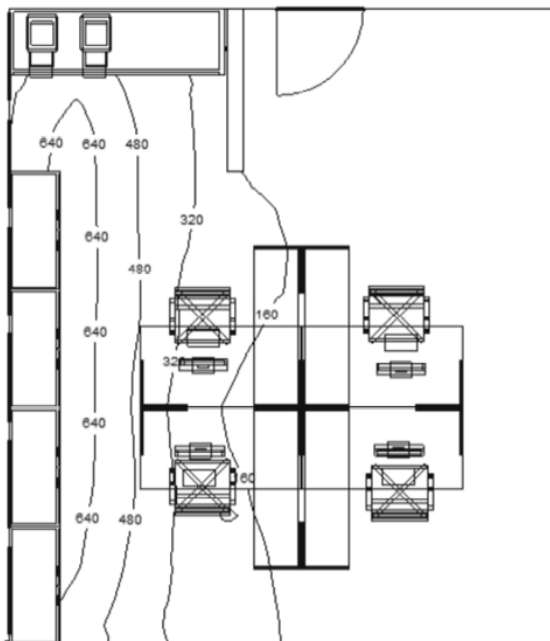


Fig. 23 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

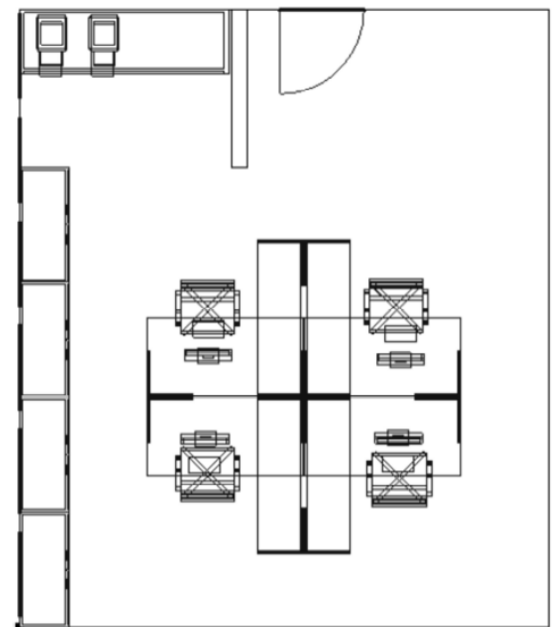


Fig. 24 Sala dos Funcionários (Open Space) – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

2. SALA DO DIRECTOR

2.1 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU CLARO

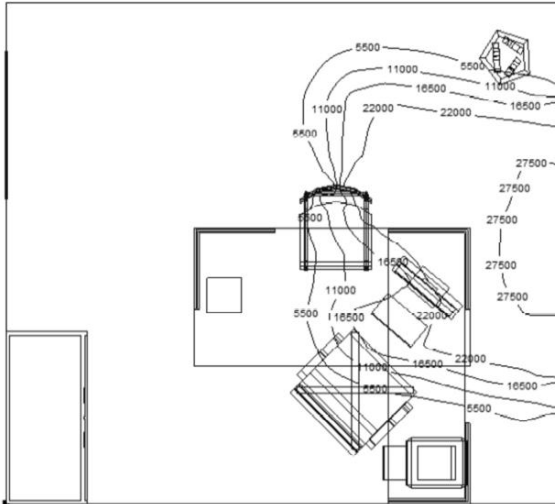


Fig. 25 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

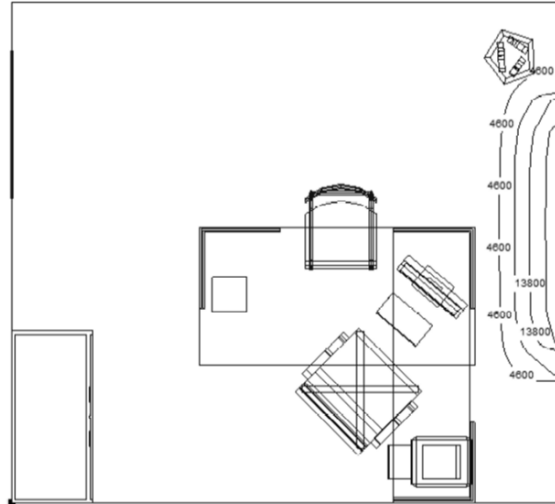


Fig. 26 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

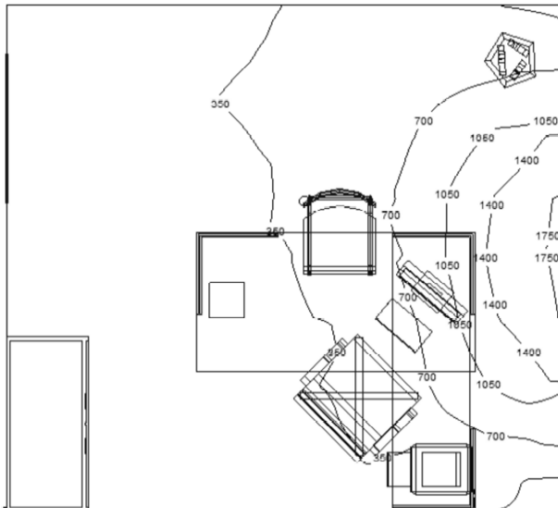


Fig. 27 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

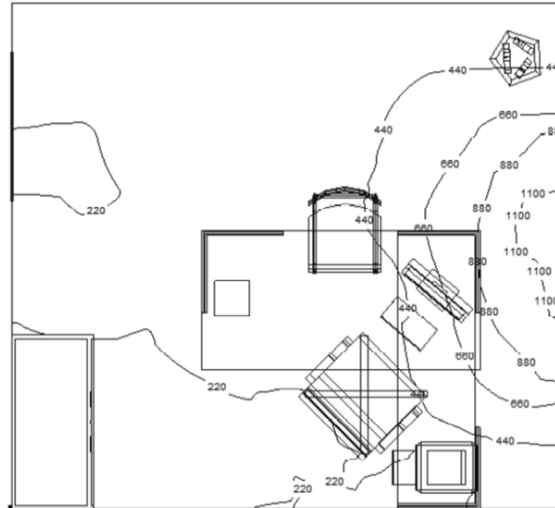


Fig. 28 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

2.2 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO

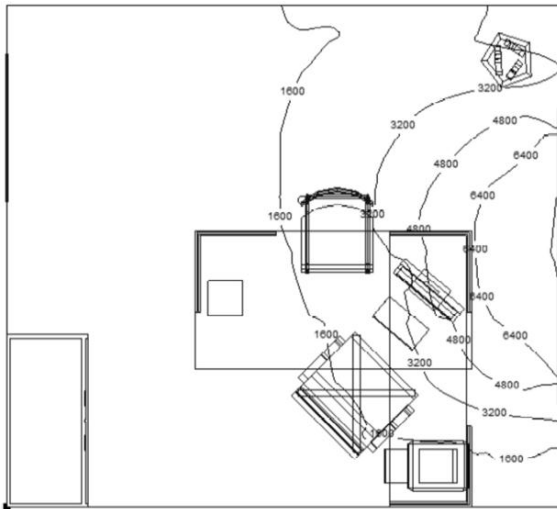


Fig. 29 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

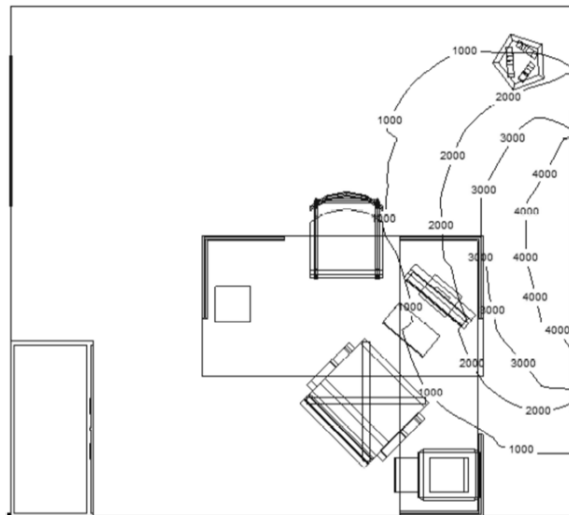


Fig. 30 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

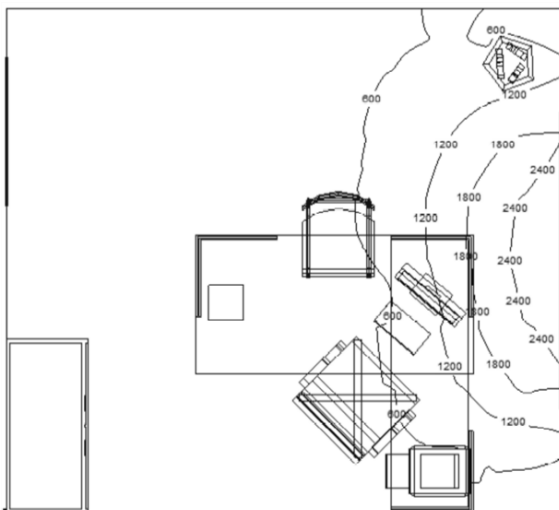


Fig. 31 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

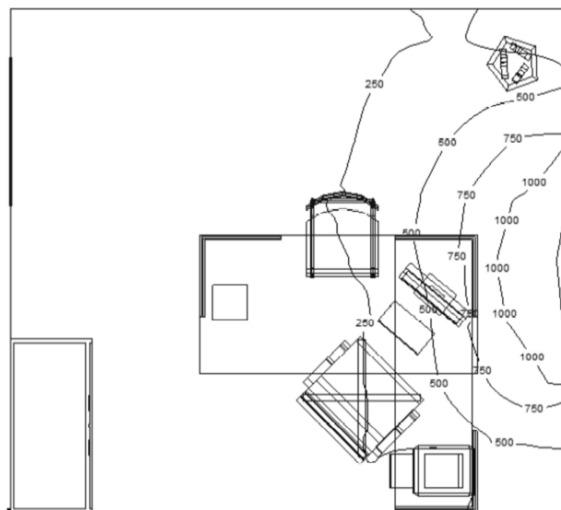


Fig. 32 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

2.3 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU ENCOBERTO

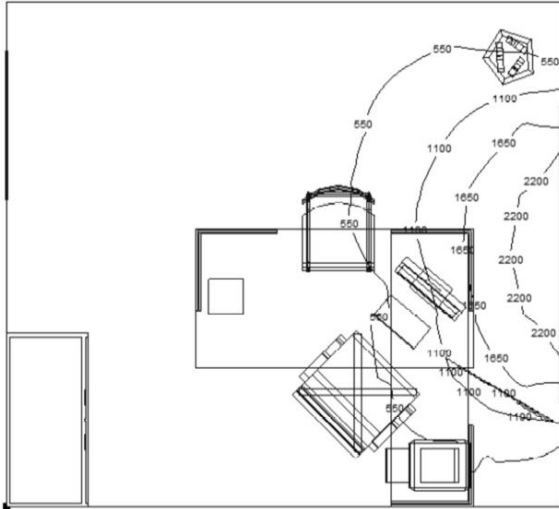


Fig. 33 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

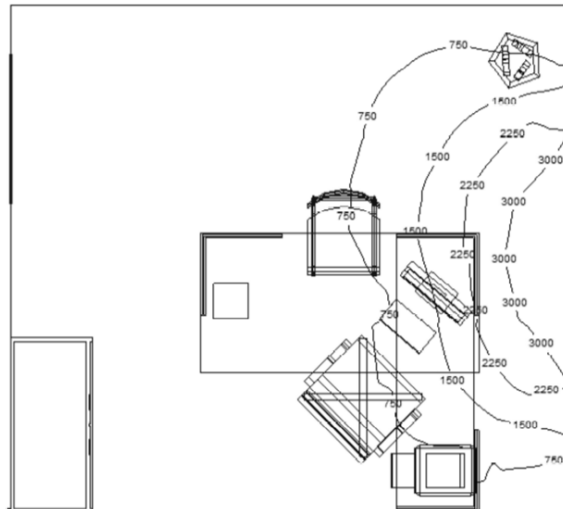


Fig. 34 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

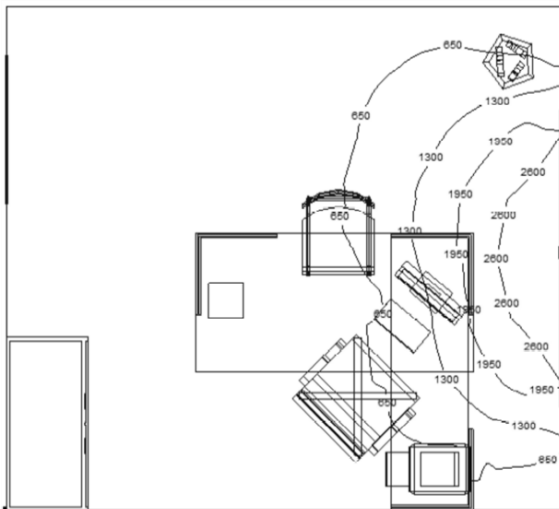


Fig. 35 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

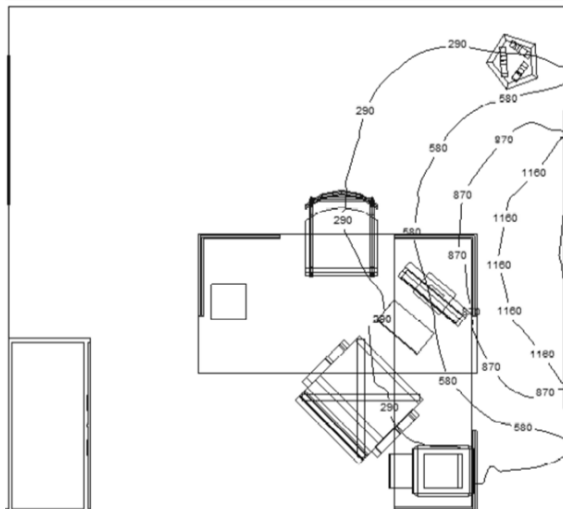


Fig. 36 Sala do Director – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

2.4 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU CLARO

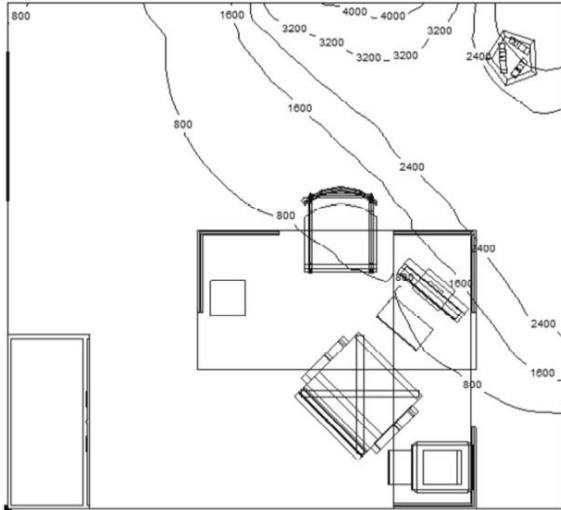


Fig. 37 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

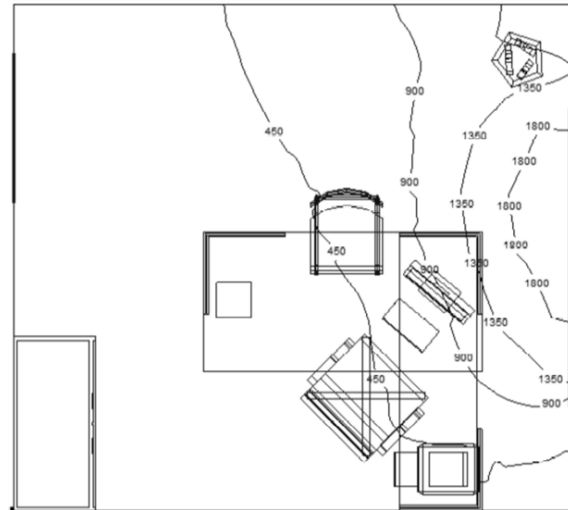


Fig. 38 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

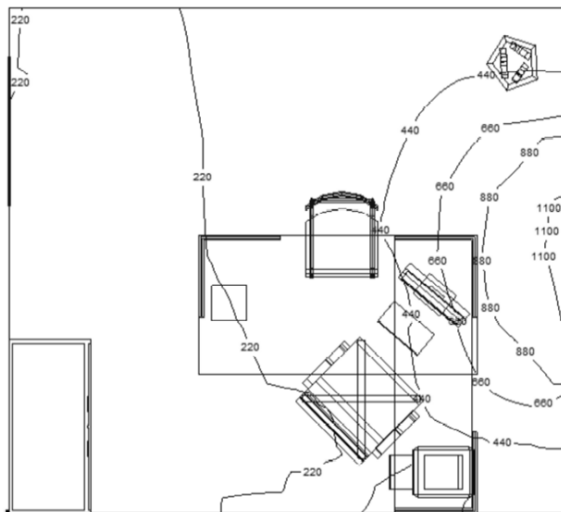


Fig. 39 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

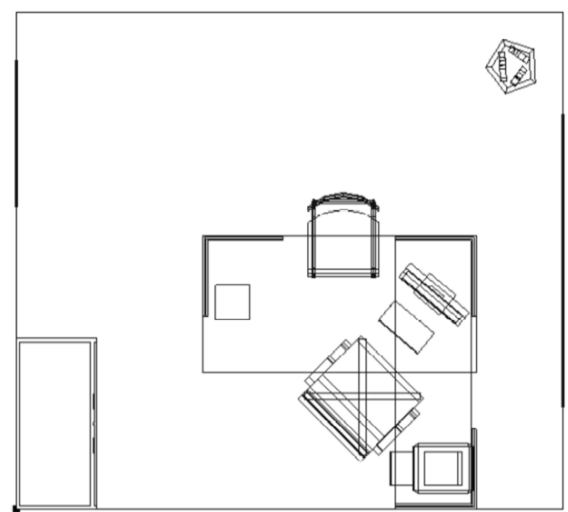


Fig. 40 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

2.5 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO

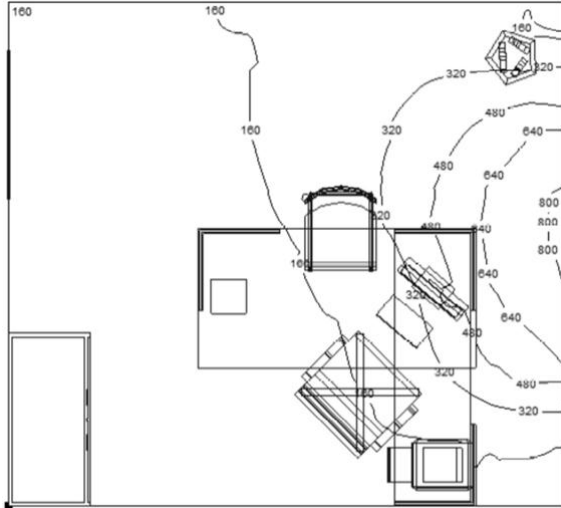


Fig. 41 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

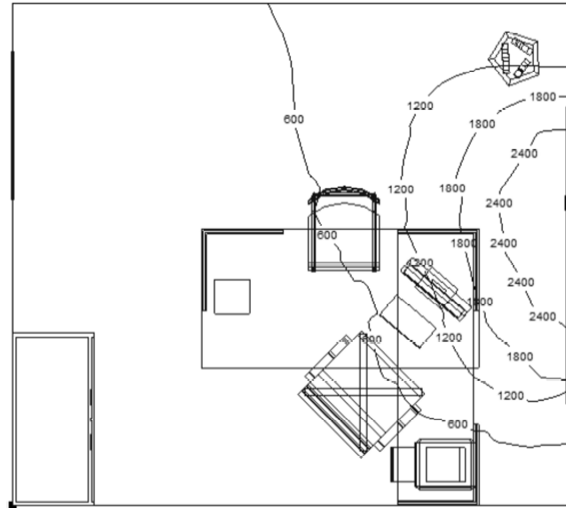


Fig. 42 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

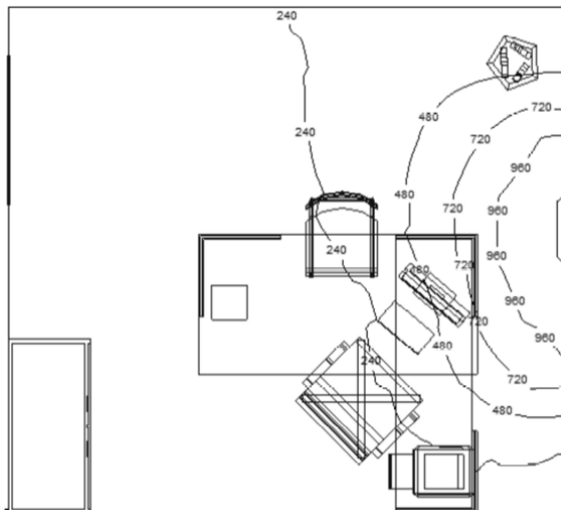


Fig. 43 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

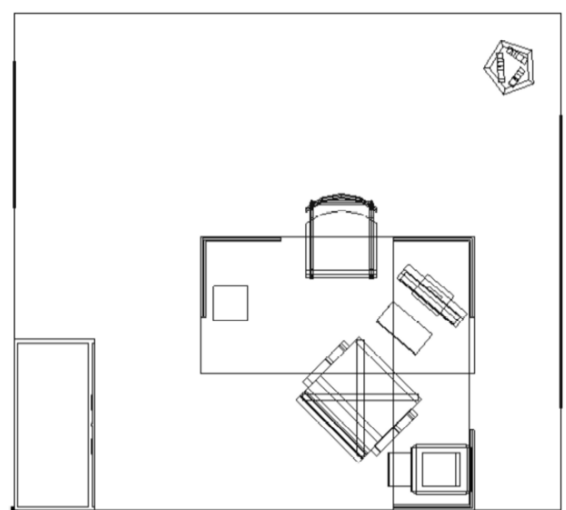


Fig. 44 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

2.6 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU ENCOBERTO

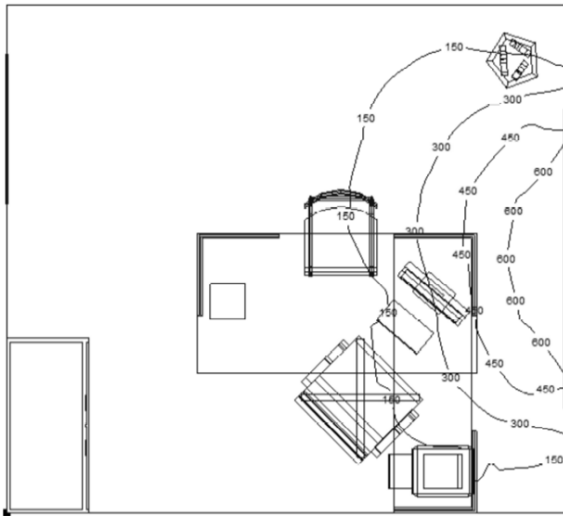


Fig. 45 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

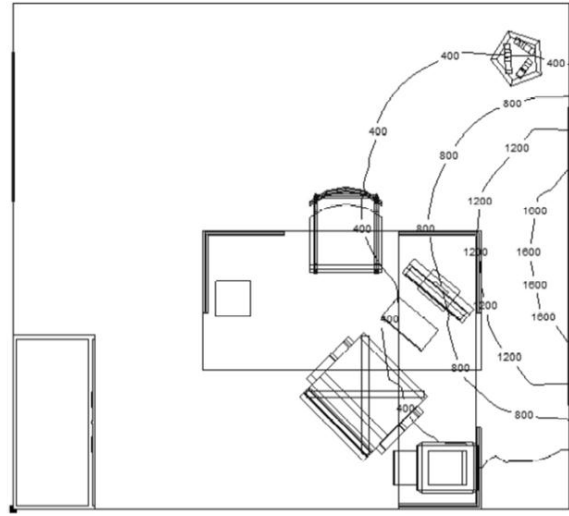


Fig. 46 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

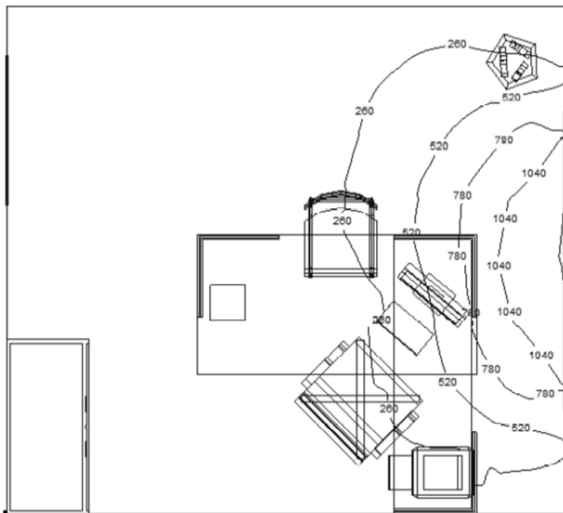


Fig. 47 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

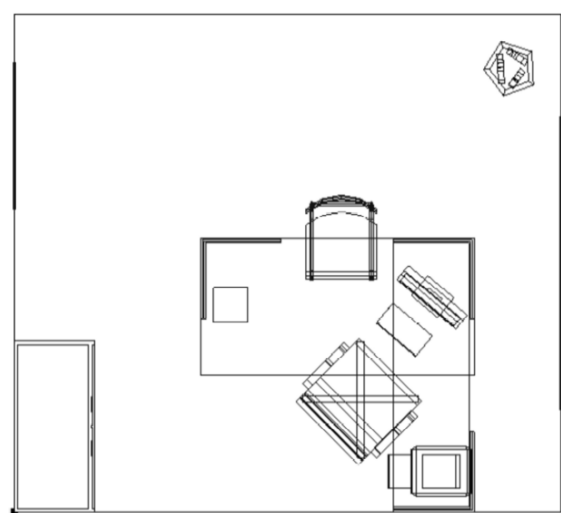


Fig. 48 Sala do Director – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

3. SALA DE REUNIÕES

3.1 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU CLARO

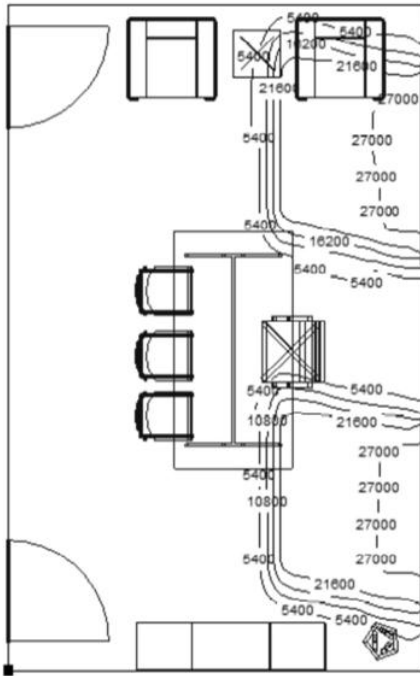


Fig. 49 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

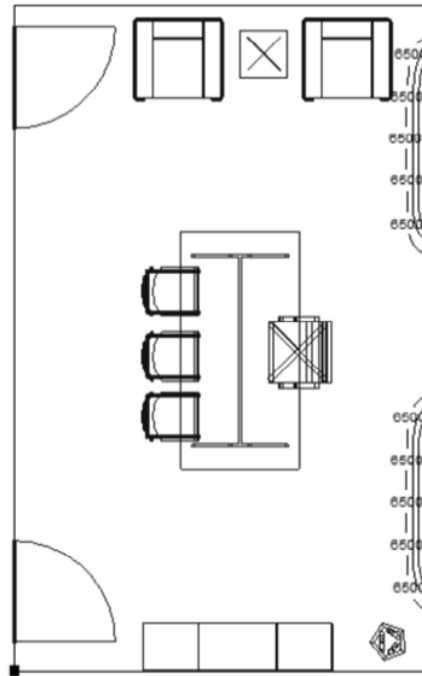


Fig. 50 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

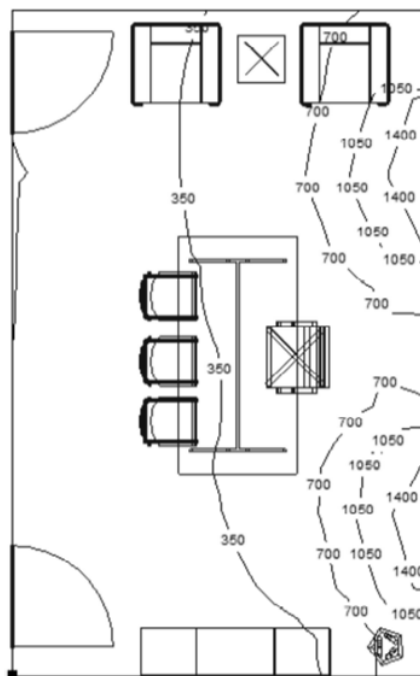


Fig. 51 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

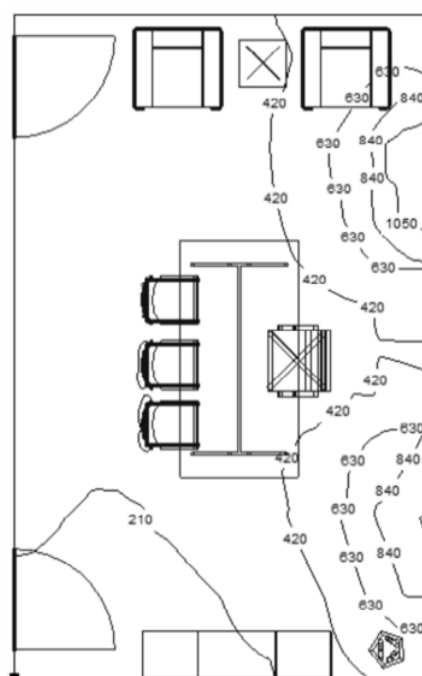


Fig. 52 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

3.2 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO

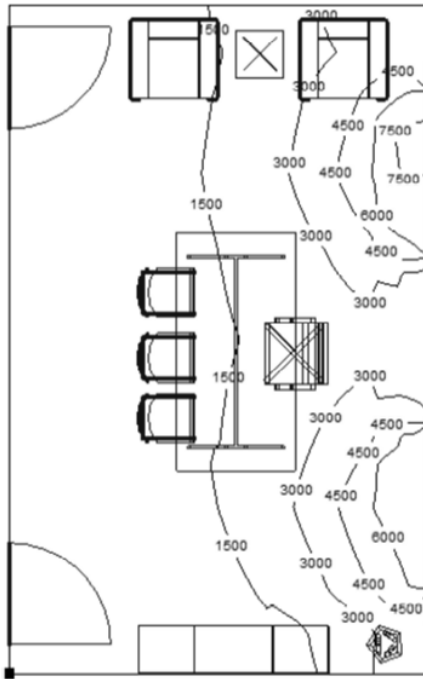


Fig. 53 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

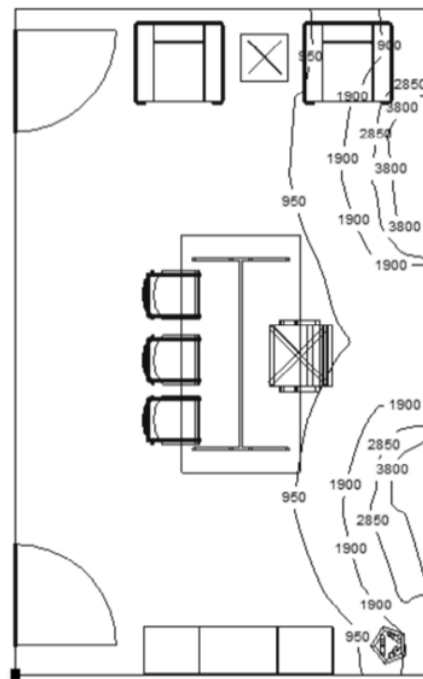


Fig. 54 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

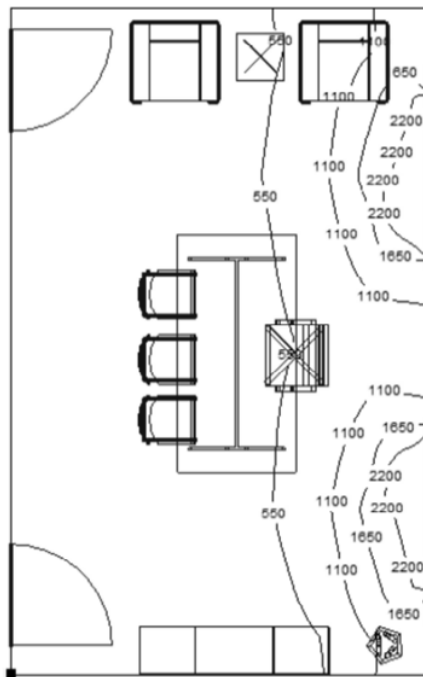


Fig. 55 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

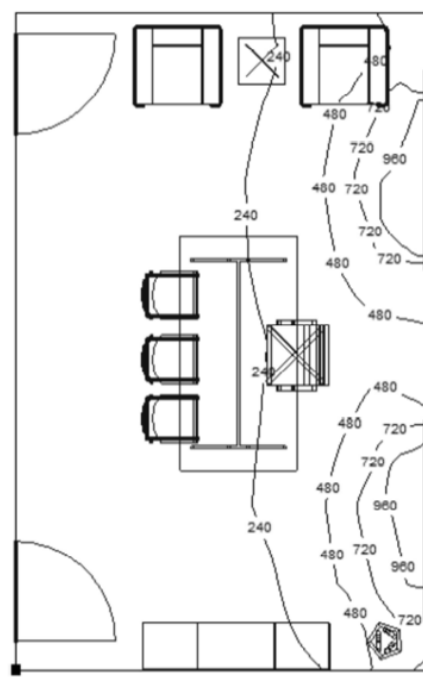


Fig. 56 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

3.3 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU ENCOBERTO

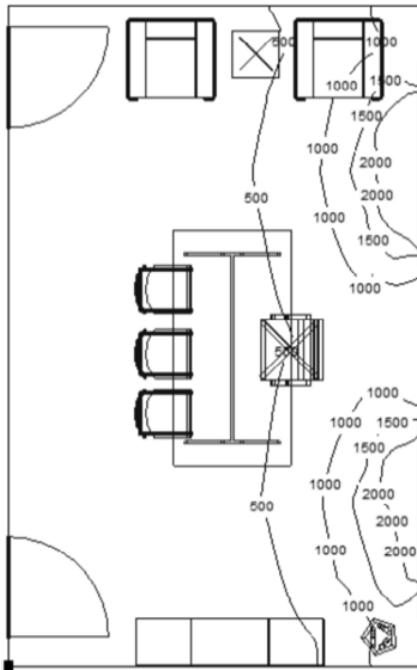


Fig. 57 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

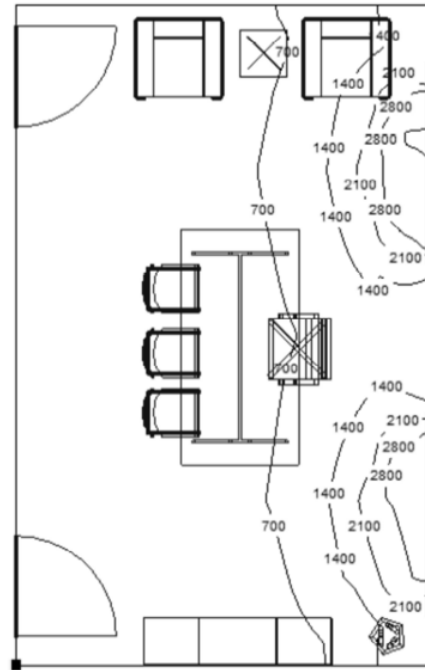


Fig. 58 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

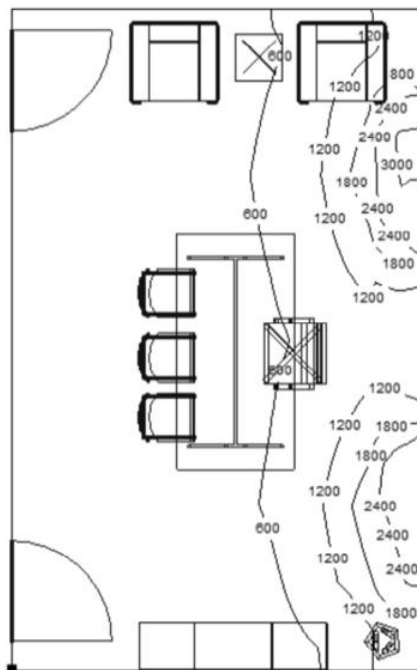


Fig. 59 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

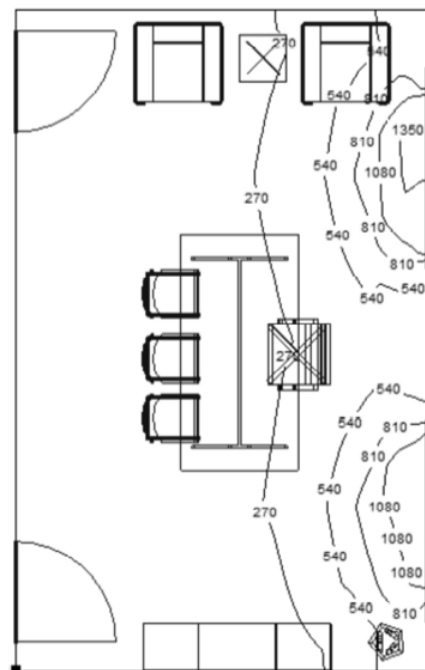


Fig. 60 Sala de Reuniões – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

3.4 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU CLARO

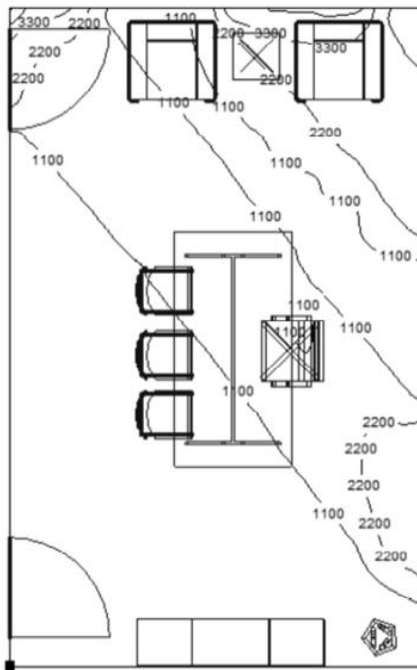


Fig. 61 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

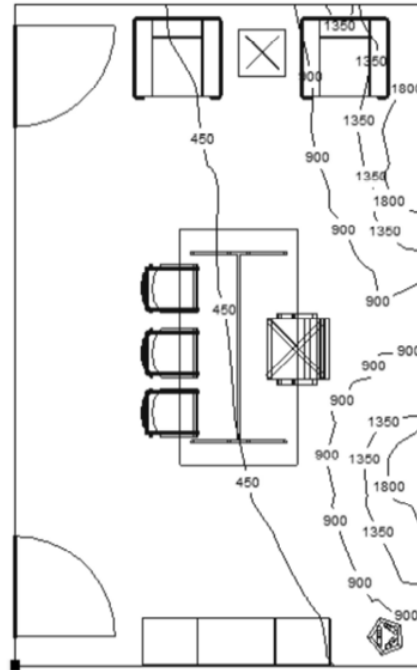


Fig. 62 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

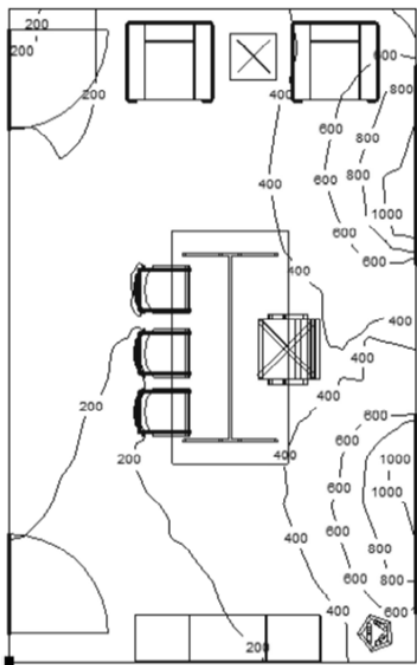


Fig. 63 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

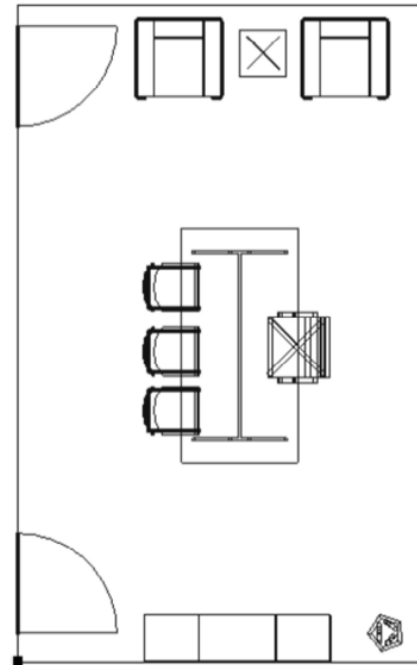


Fig. 64 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

3.5 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO

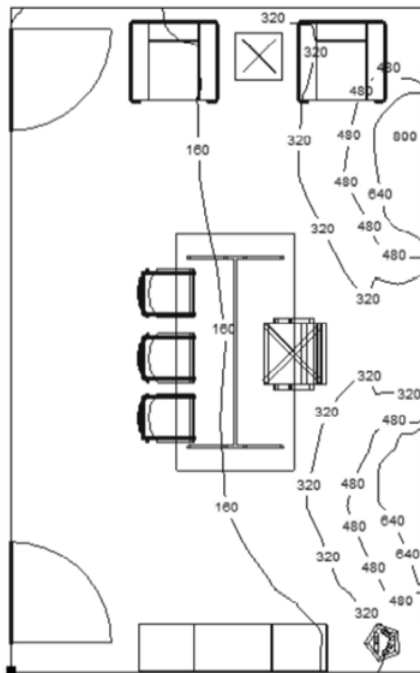


Fig. 65 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

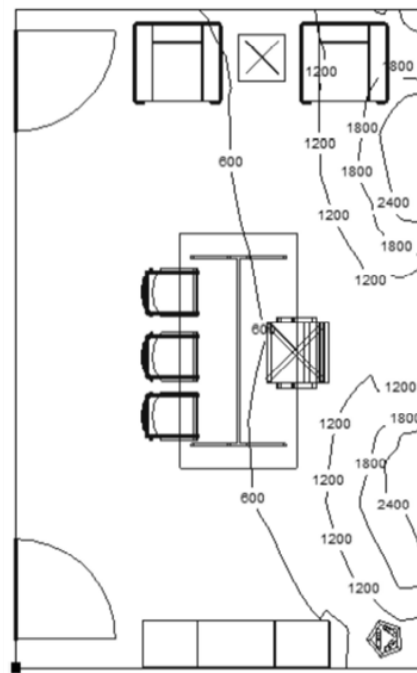


Fig. 66 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

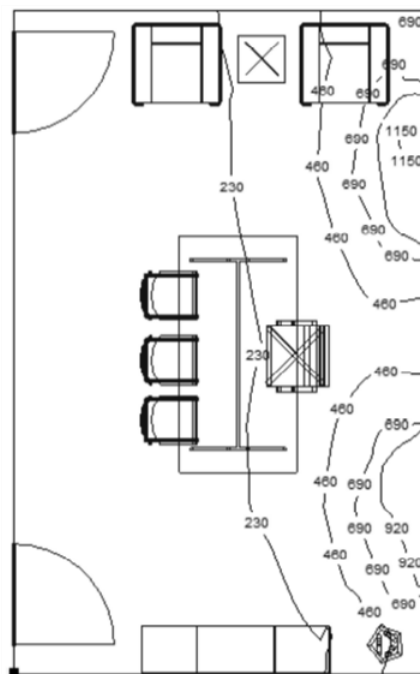


Fig. 67 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

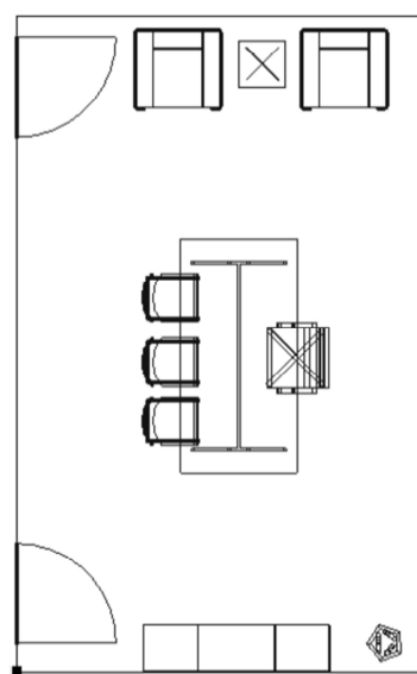


Fig. 68 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

3.6 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU ENCOBERTO

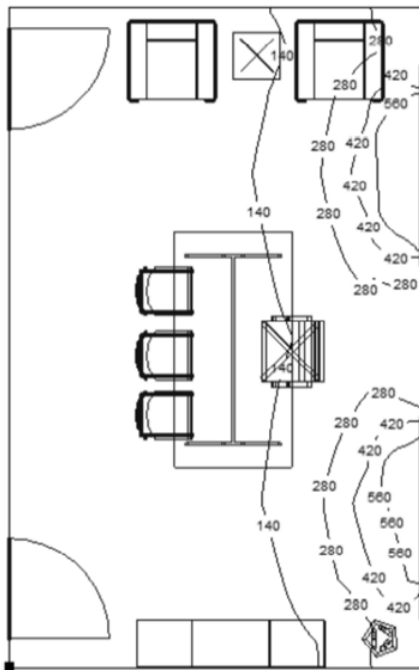


Fig. 69 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

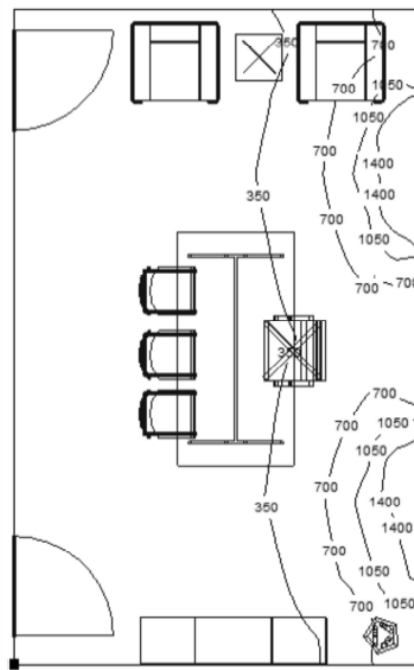


Fig. 70 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

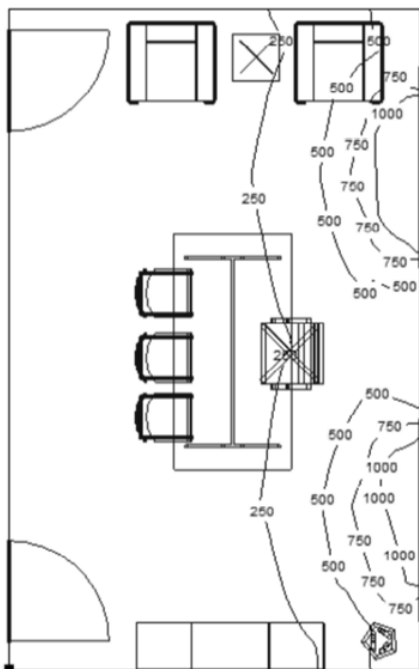


Fig. 71 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

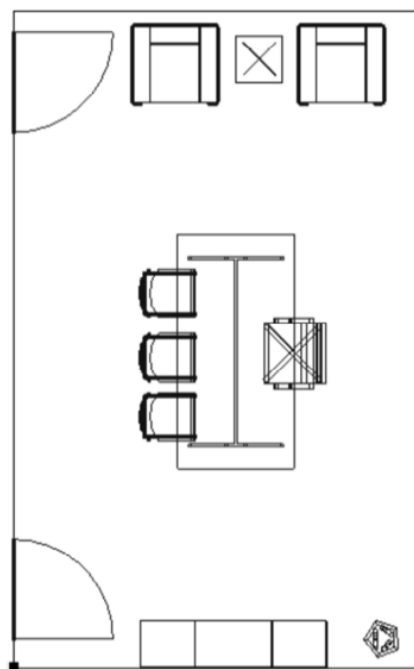
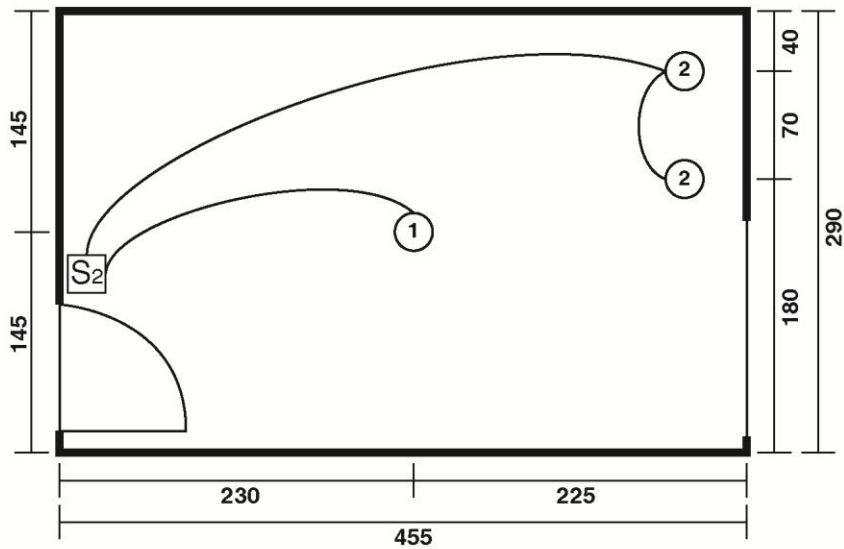


Fig. 72 Sala de Reuniões – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

ANEXO IV
DESENHO TÉCNICO
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL DA RESIDÊNCIA



Legenda:

- 1 - Luminária: Philips Ecomoods 1xTL5 40W;
- 2 - Luminária: Philips BBG463 1xLED-40-4200-GU10;
- S₂ - Sistema de interruptor com duas teclas.



Universidade de Lisboa - Faculdade de Belas-Artes
Mestrado de Design de Equipamento - Urbanos e Interiores

Práticas de Iluminação Através de Métodos Naturais e Artificiais
Aplicados ao Design de Interiores - Uma Abordagem Sustentável

Sistema de Iluminação Artificial da Residência - Quarto

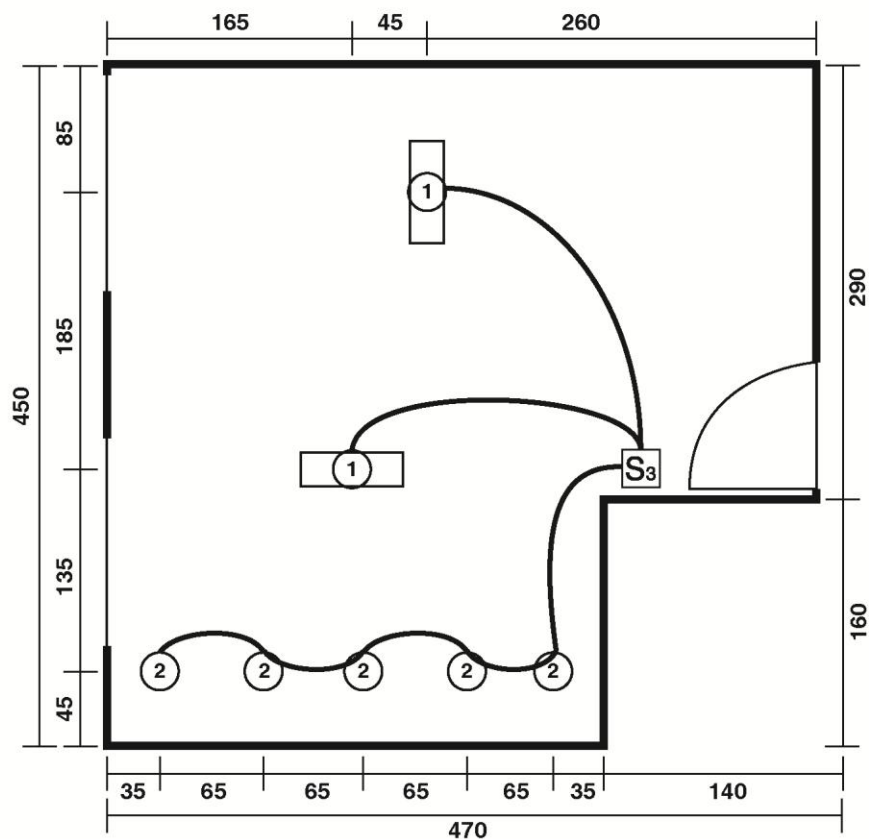
Ida Camila Dantas Granja n.º 5474

Medidas em cm

Escala 1:50

página

213



Legenda:

- 1 - Luminária: Philips Ecomoods 2xTL5 21W;
- 2 - Luminária: Philips BCX414 6xLED-HB-4000;
- S3 - Sistema de interruptor com três teclas.



Universidade de Lisboa - Faculdade de Belas-Artes
Mestrado de Design de Equipamento - Urbanos e Interiores

Práticas de Iluminação Através de Métodos Naturais e Artificiais
Aplicados ao Design de Interiores - Uma Abordagem Sustentável

Sistema de Iluminação Artificial da Residência - Sala de estar, sala
de jantar e cozinha

Ida Camila Dantas Granja n.º 5474

Medidas em cm

Escala 1:50

página

214

ANEXO V
CENÁRIOS DE LUZ DO DIA DA RESIDÊNCIA
SIMULAÇÕES DA LUZ NATURAL - QUANTIDADE DE LUX

1. QUARTO

1.1 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU CLARO

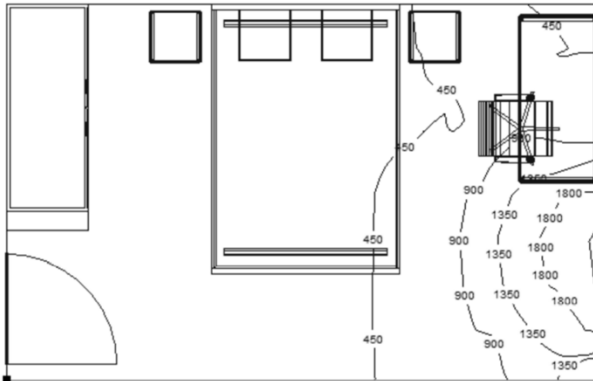


Fig. 73 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

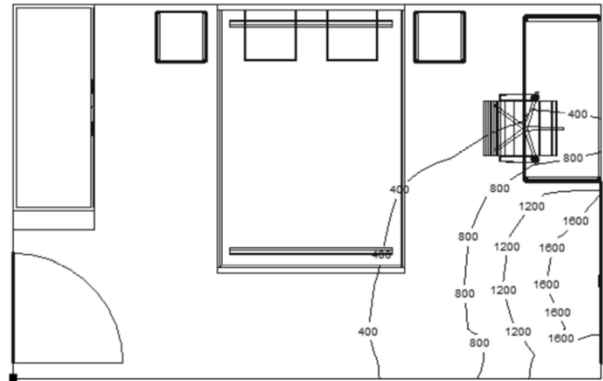


Fig. 74 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

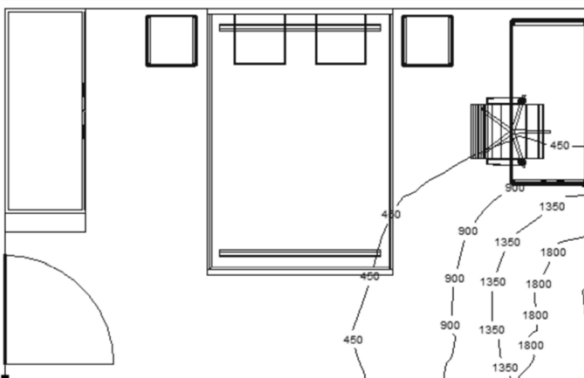


Fig. 75 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

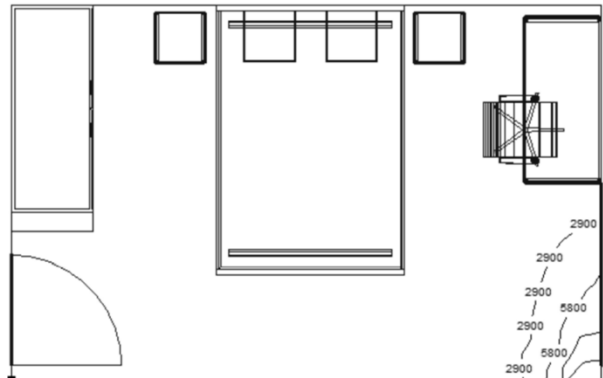


Fig. 76 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

1.2 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO

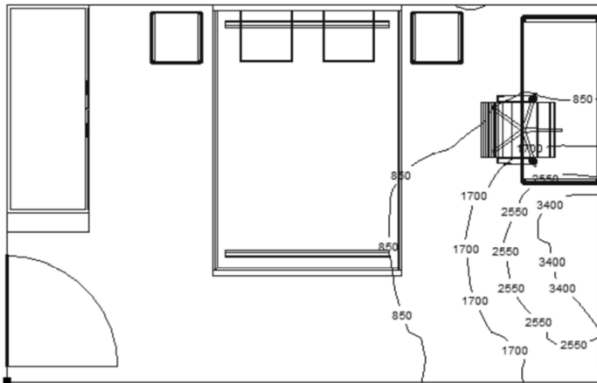


Fig. 77 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

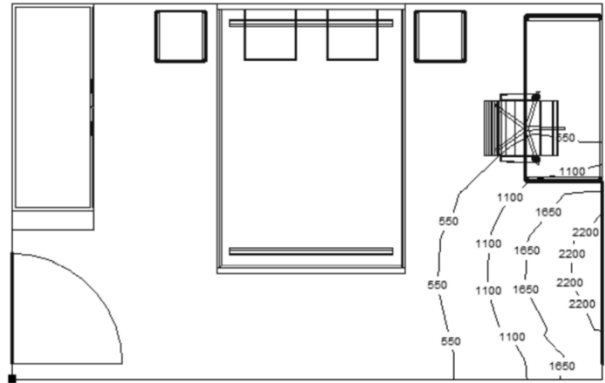


Fig. 78 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

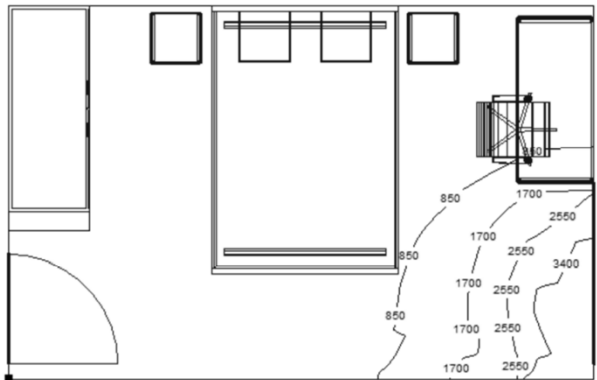


Fig. 79 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

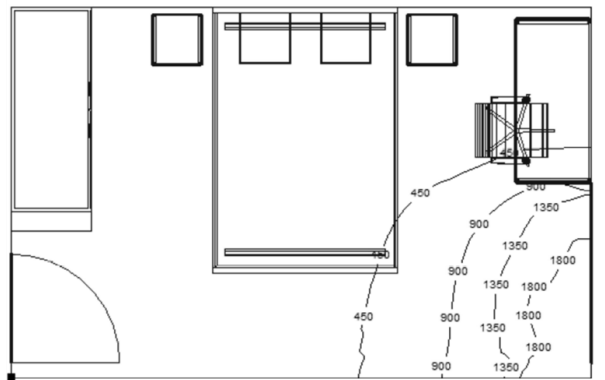


Fig. 80 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

1.3 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU ENCOBERTO

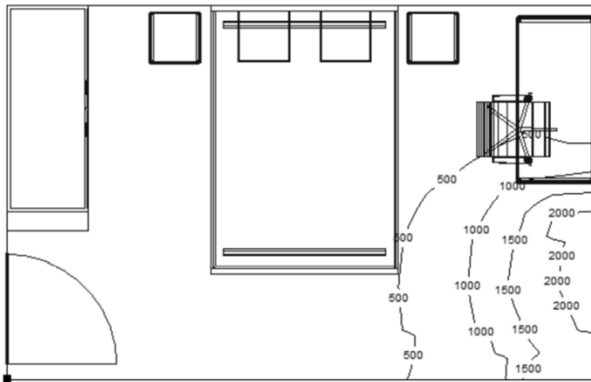


Fig. 81 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

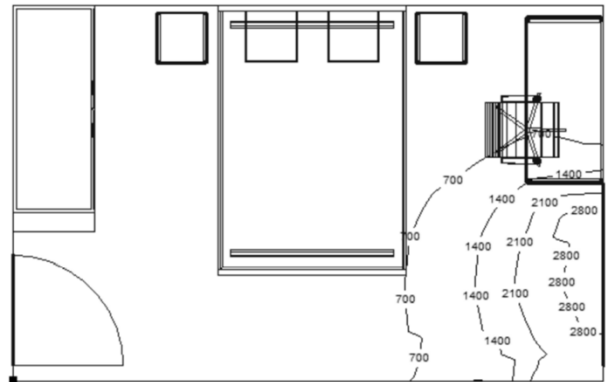


Fig. 82 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

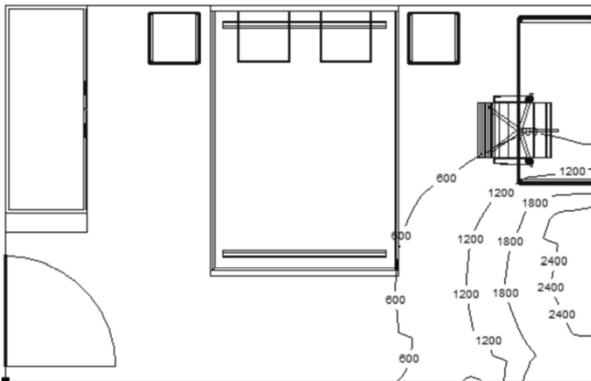


Fig. 83 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

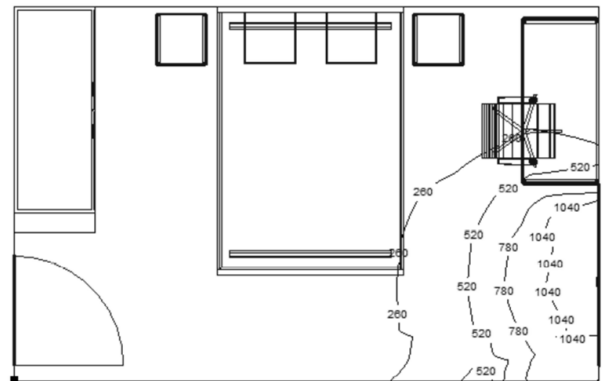


Fig. 84 Quarto – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

1.4 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU CLARO

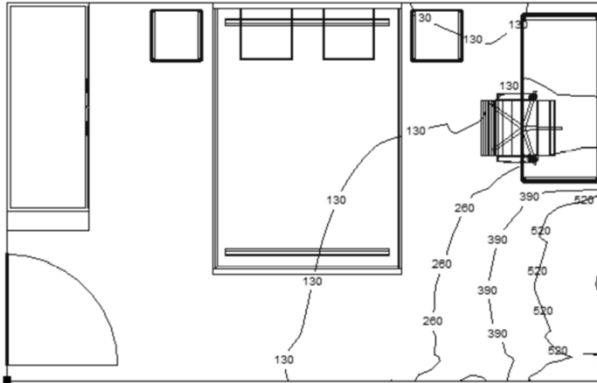


Fig. 85 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

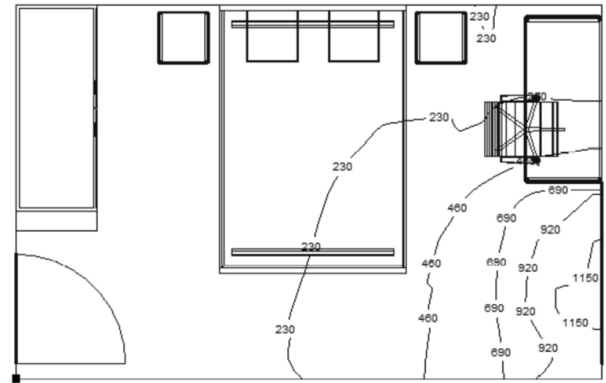


Fig. 86 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

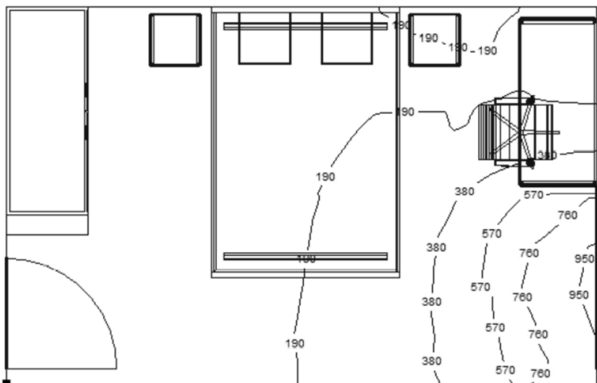


Fig. 87 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

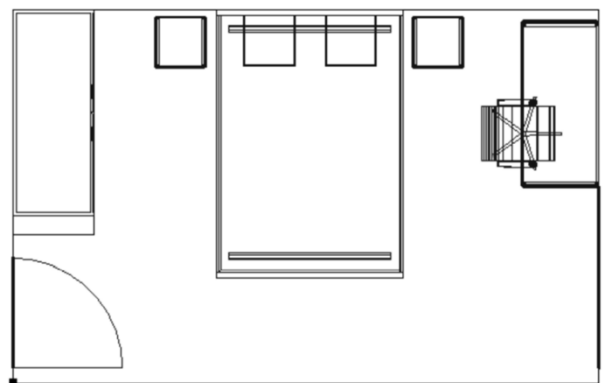


Fig. 88 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

1.5 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO

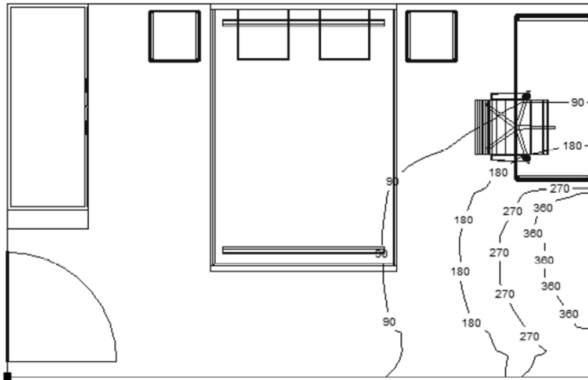


Fig. 89 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

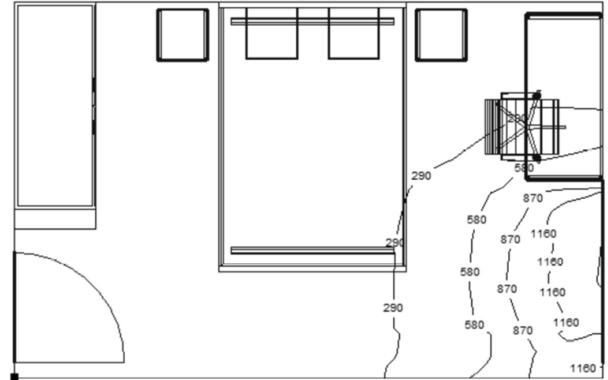


Fig. 90 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

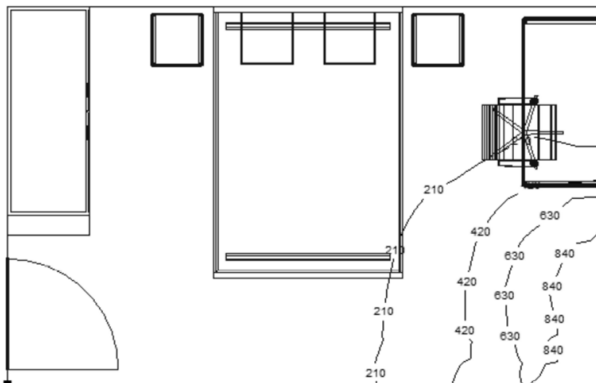


Fig. 91 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

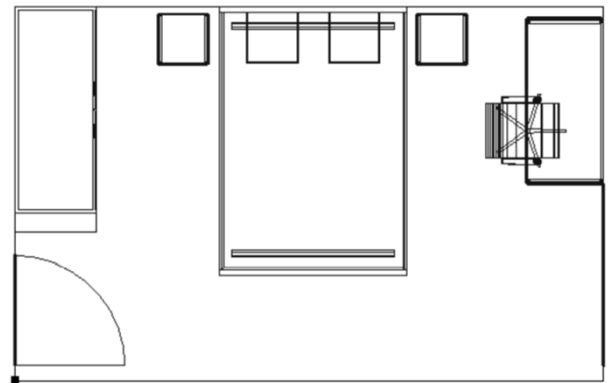


Fig. 92 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

1.6 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU ENCOBERTO

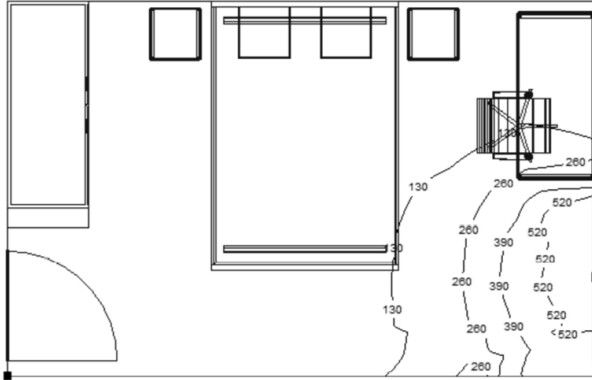


Fig. 93 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

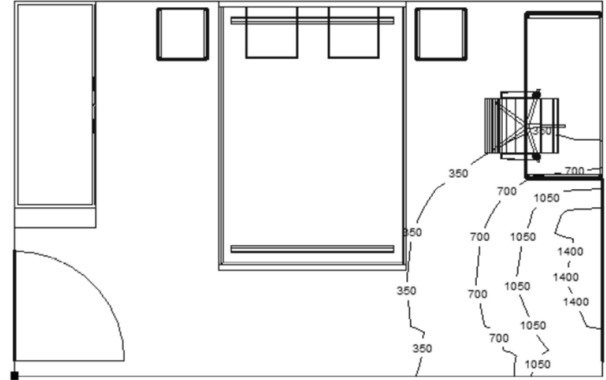


Fig. 94 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

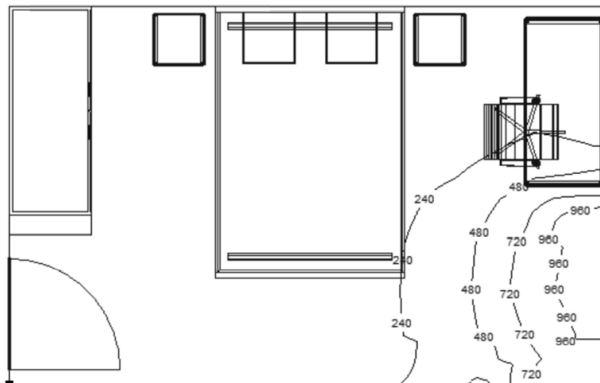


Fig. 95 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

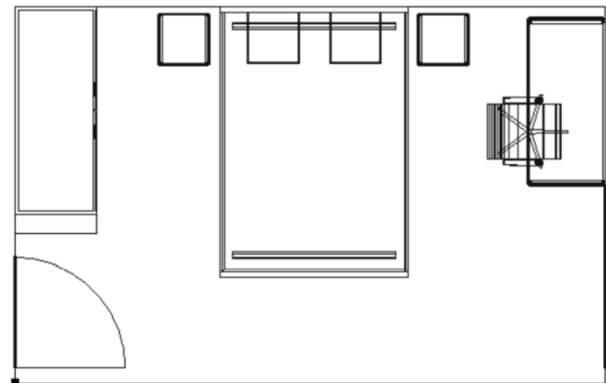


Fig. 96 Quarto – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

2. SALA DE ESTAR, SALA DE JANTAR E COZINHA

2.1 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU CLARO

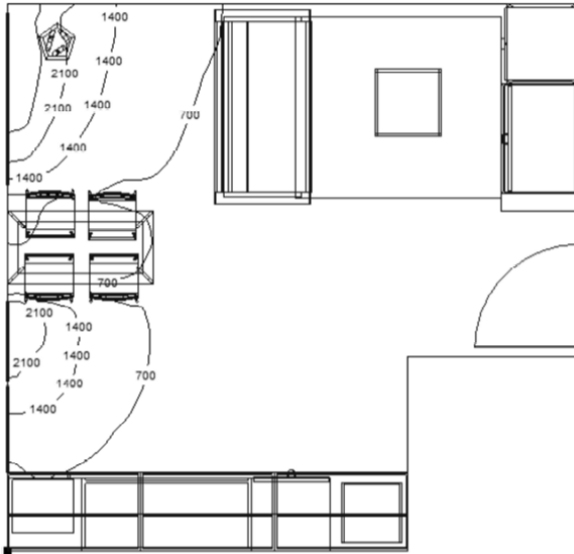


Fig. 97 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

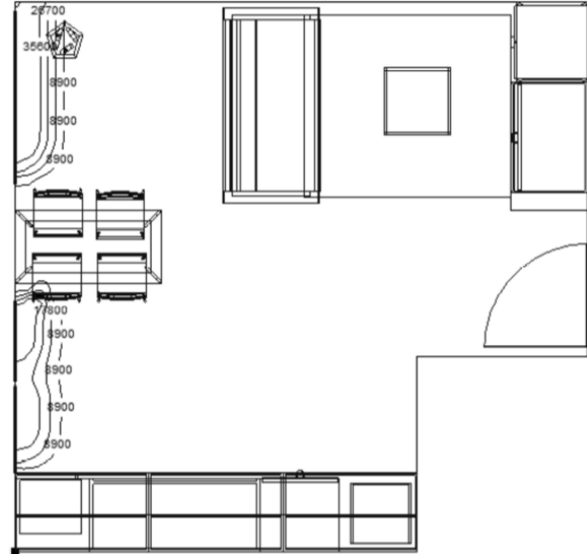


Fig. 98 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

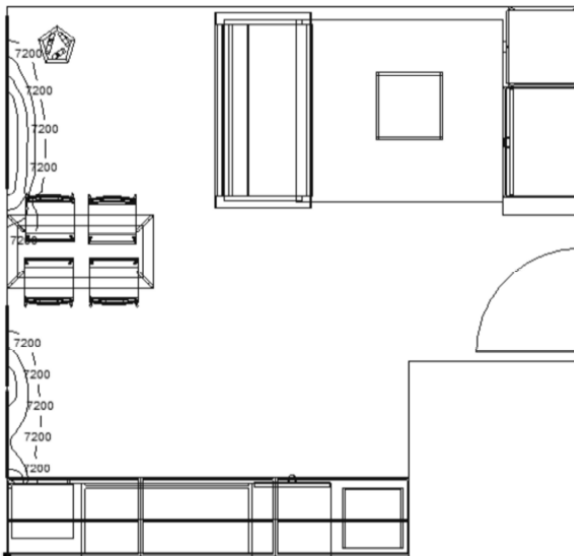


Fig. 99 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

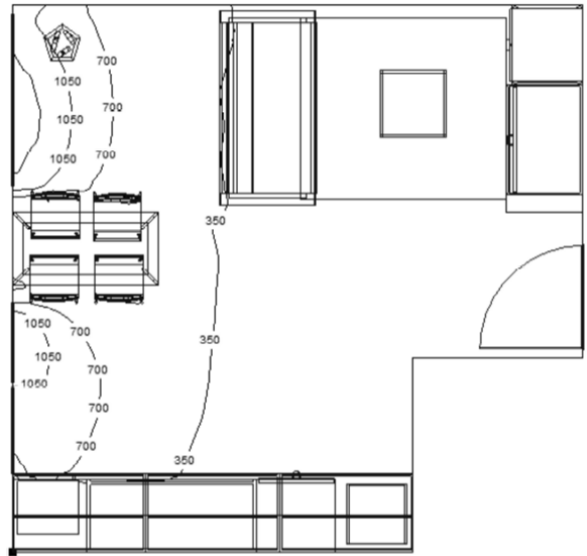


Fig. 100 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

2.2 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO

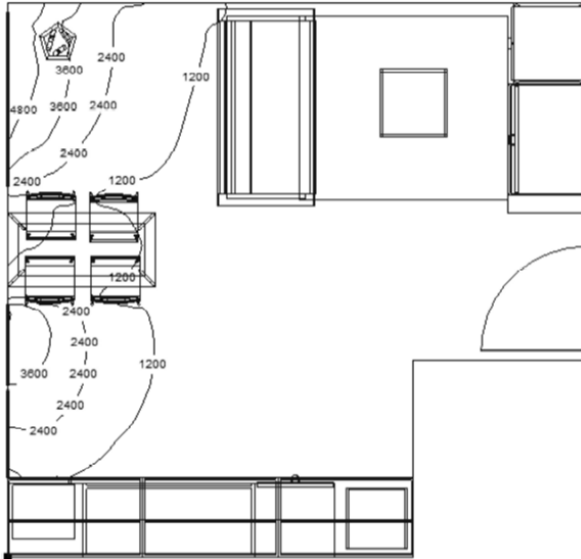


Fig. 101 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

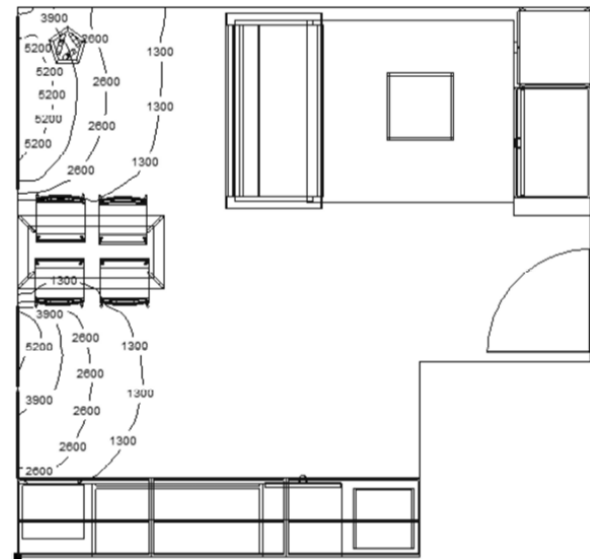


Fig. 102 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

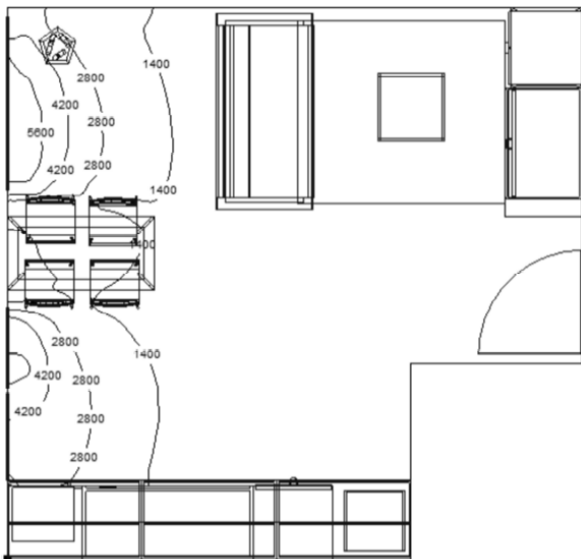


Fig. 103 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

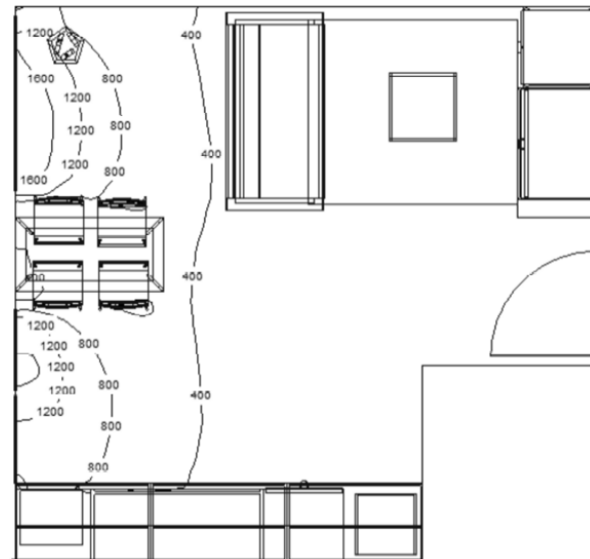


Fig. 104 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

2.3 SOLSTÍCIO DE VERÃO – 21 DE JUNHO – CÉU ENCOBERTO

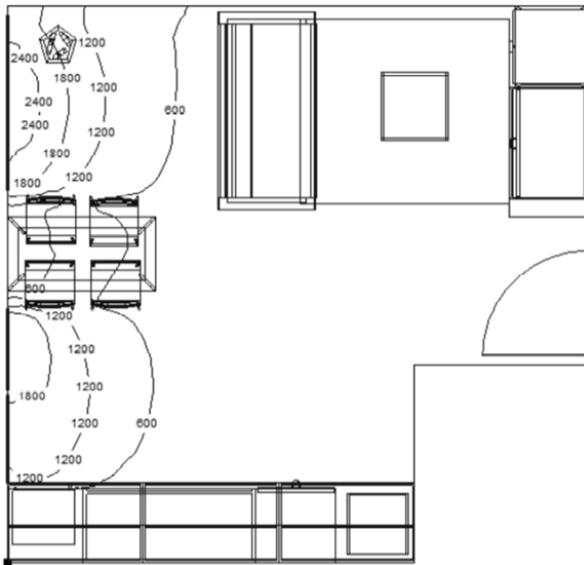


Fig. 105 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

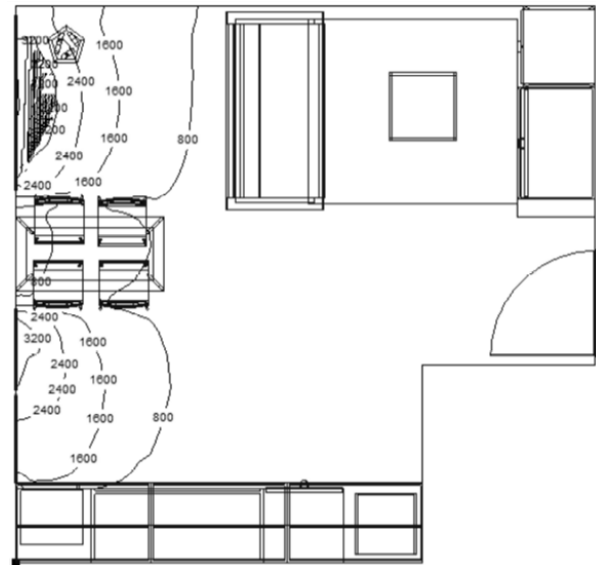


Fig. 106 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

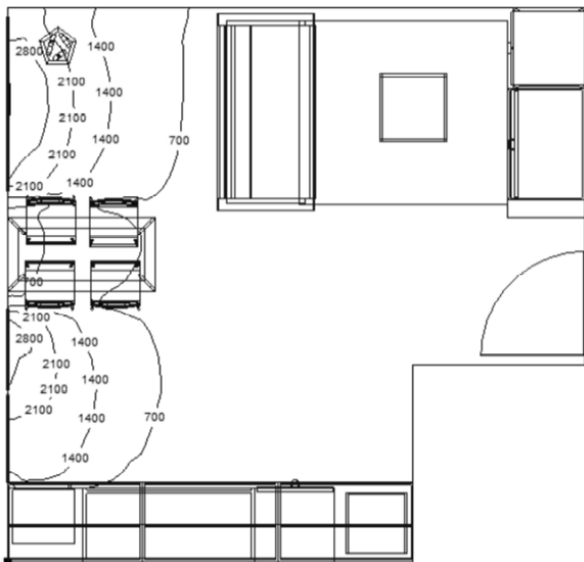


Fig. 107 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

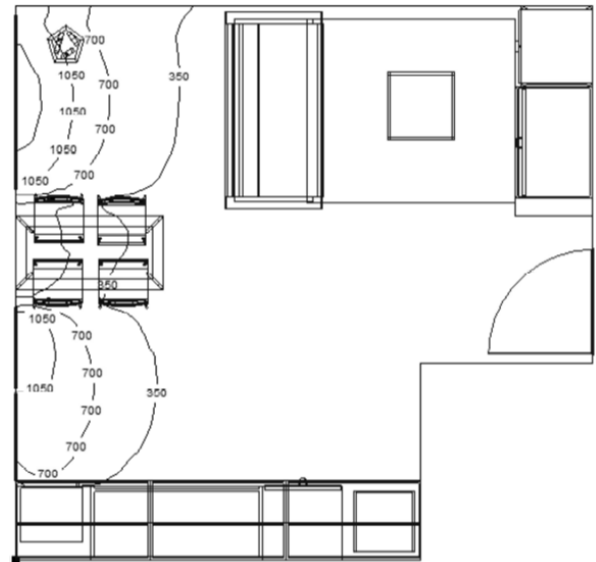


Fig. 108 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Verão – 21 de Junho – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

2.4 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU CLARO

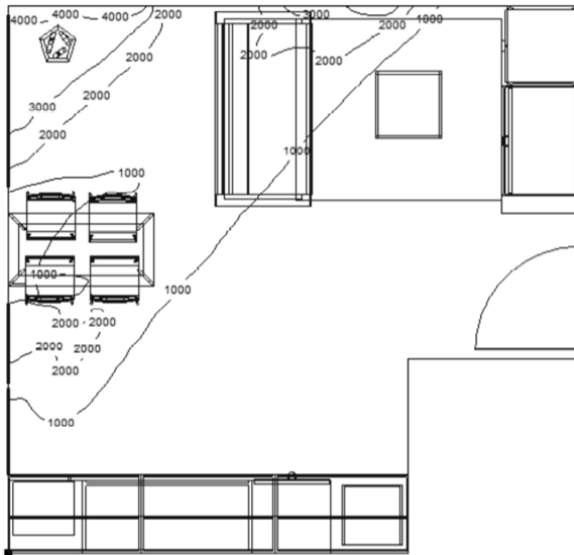


Fig. 109 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

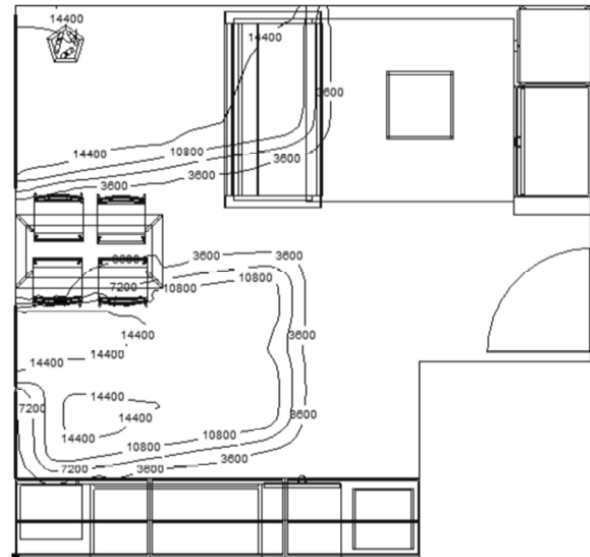


Fig. 110 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

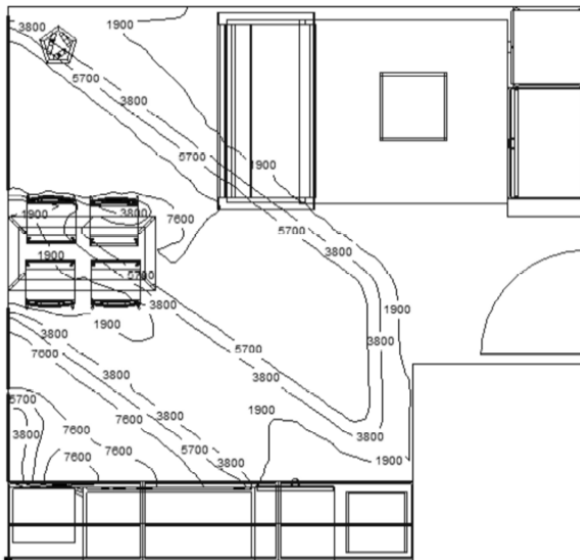


Fig. 111 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia



Fig. 112 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Claro às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

2.5 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO

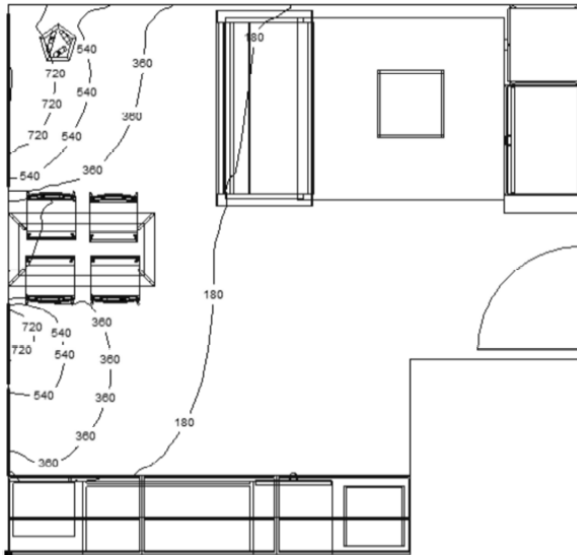


Fig. 113 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

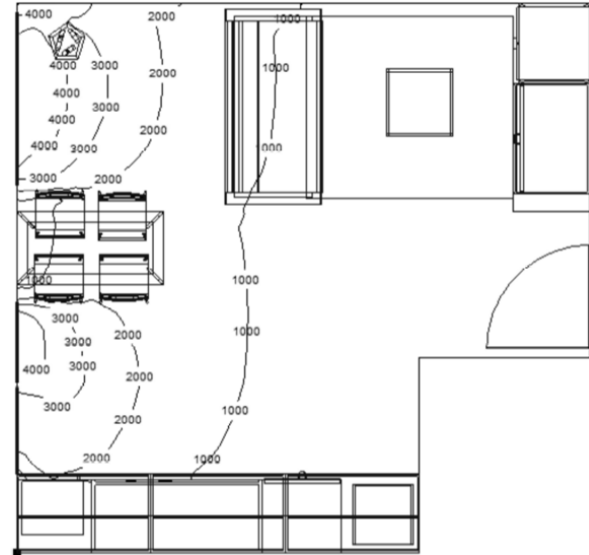


Fig. 114 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

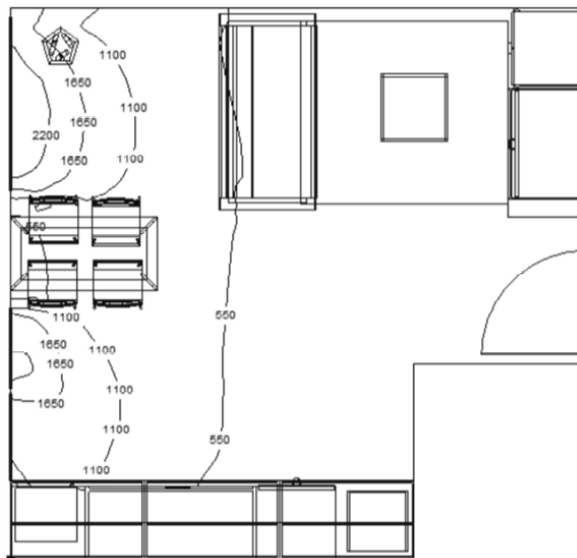


Fig. 115 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

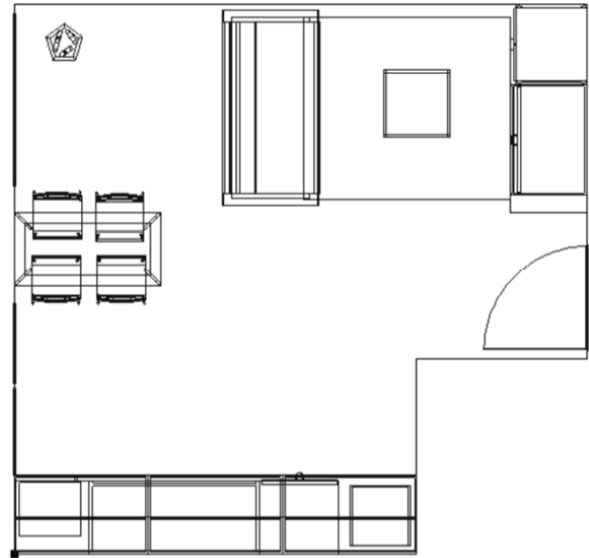


Fig. 116 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Parcialmente Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

2.5 SOLSTÍCIO DE INVERNO – 21 DE DEZEMBRO – CÉU ENCOBERTO

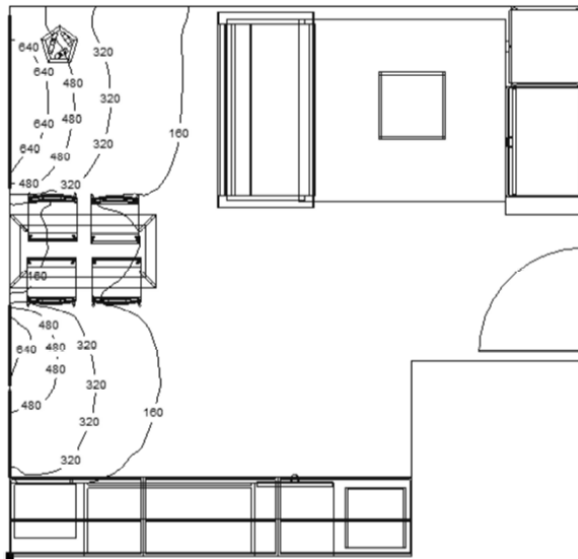


Fig. 117 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 9h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

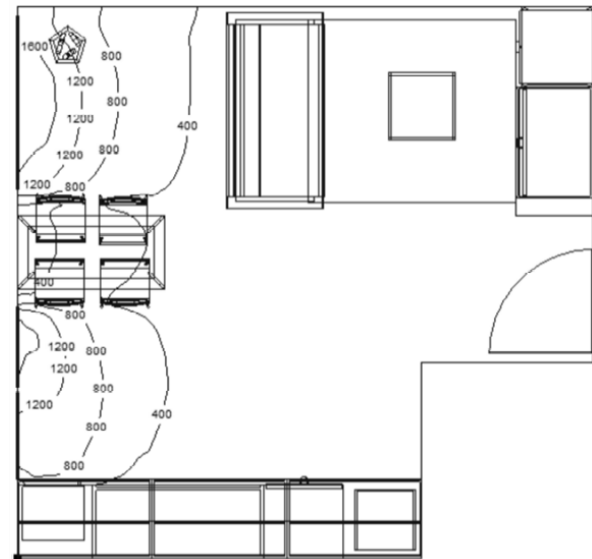


Fig. 118 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 12h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

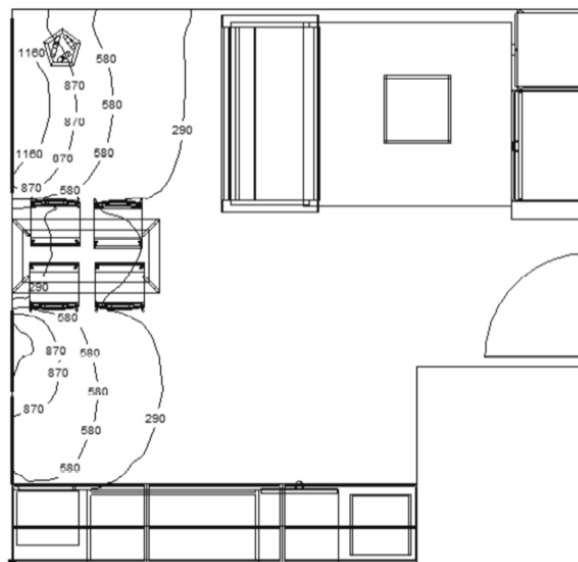


Fig. 119 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 15h – Quantidade de Lux da Luz do Dia

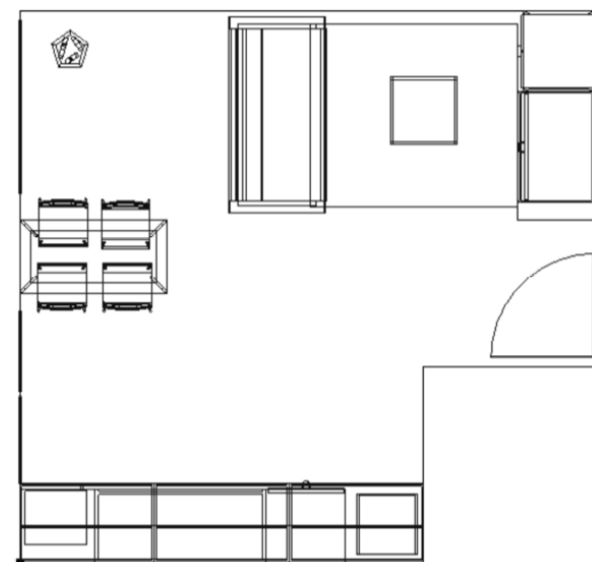


Fig. 120 Sala de Estar, Sala de Jantar e Cozinha – Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – Céu Encoberto às 18h – Quantidade de Lux da Luz do Dia