CRISTIANE MITIKO SATO FURUYAMA

AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL
ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIOS COMERCIAIS E ESCOLA

Dissertação apresentada à Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade de
São Paulo para a obtenção do título de
MESTRE em arquitetura e urbanismo

Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Andrade Roméro

São Paulo

2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E-MAIL: crismitiko@yahoo.com.br

F992a Furuyama, Cristiane Mitiko Sato
Avaliação dos indicadores de iluminação artificial estudo de caso : edifícios comerciais e escola / Cristiane Mitiko Sato Furuyama. – São Paulo, 2013.
193 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) - FAUUSP.

Orientador: Marcelo de Andrade Romero

1. Iluminação artificial 2. Indicadores de sustentabilidade
3. Energia (Eficiência) I.Título

CDU 628:93

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Kozo e Miyoko que sempre incentivaram meus estudos

*Ao meu marido Gustavo Furuyama que sempre acreditou na conclusão desse
mestrado*

Ao meu filho Guilherme que é minha fonte de inspiração sempre

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e principalmente ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo de Andrade Roméro por suas preciosas orientações, idéias e incentivos.

Aos meus grandes colegas e amigos que fiz ao longo do mestrado e que ajudaram, deram idéias e me incentivaram ao longo desses três anos: Silvia Bigoni, Corina Bianco, Altimar Cypriano e Luiz Felipe Xavier.

Aos meus amigos de profissão Juliana Kawasaki, Fábio Falanghe, Rodrigo Jardim, Rodrigo Salerno, Rúbia Mello, Katya Castellini e Paulo Torniziello que me apoiaram na decisão de fazer um mestrado e principalmente pela conclusão do mesmo.

Agradeço aos fabricantes de luminárias Itaim Iluminação, Lumini, Philips e Erco por me fornecerem informações necessárias para as simulações.

Agradeço também às queridas secretárias Fernanda e Ione.

E finalmente agradeço ao meu marido Gustavo, pois sem ele, não seria possível ter iniciado e finalizado este trabalho.

RESUMO

O objetivo desse trabalho é verificar se os critérios e indicadores das certificações LEED New Construction, LEED Existing Building – Operations and Maintenance, LEED Comercial Interiors, AQUA Escritórios e Edifícios escolares e o regulamento brasileiro PROCEL, podem ser atendidos pelas tecnologias disponíveis no Brasil em termos de lâmpadas, luminárias, reatores (sistemas de iluminação), bem como avaliar se tais critérios e indicadores estão de acordo com as normas da ABNT e/ou normas internacionais.

Para verificar os indicadores, foram realizadas simulações através do programa de cálculo Dialux 4.10/2012, utilizando os arquivos fotométricos fornecidos pelos fabricantes mais especificados no Brasil.

Foram escolhidos dois estudos de caso para essa verificação, um escritório e uma escola que são ambientes comuns nas certificações e selos de sustentabilidade que serão analisados.

Os resultados das simulações mostrarão se é possível obter as certificações e/ou selo de sustentabilidade utilizando a tecnologia disponível referente aos sistemas de iluminação comercializados nos dias de hoje.

Palavras chave: iluminação artificial, indicadores de sustentabilidade, sistemas de iluminação, eficiência energética

ABSTRACT

The main goal of this dissertation is to verify if Brazilian available technology can meet some certification's criteria and indicators. The chosen certifications are: LEED New Construction, LEED Existing Building – Operations and Maintenance, LEED Comercial Interiors, AQUA offices and educational buildings and the Brazilian standard PROCEL. Lamps, fixtures, ballasts (lighting systems), were analyzed to check whether these criteria and indicators are in line with the ABNT and / or international standards.

To check the indicators, simulations were performed using DIALUX 4.10/2012, a professional light planning software. In these simulations the most specified photometric files provided by the manufacturers were used.

To this research two cases were chosen for analysis, an regular office and a school, that are common environments in sustainability standards and certifications.

Simulation results will show if it is possible to obtain a certification using the available technology in lighting systems.

Keywords: artificial light, sustainability indicators, lighting systems, energy efficiency

SUMÁRIO

Agradecimentos

Resumo

Abstract

Lista de abreviaturas e siglas

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Glossário

1. INTRODUÇÃO	17
2. MÉTODOS E TÉCNICAS.....	19
2.1. Objetivos	19
2.2. Considerações Preliminares	20
2.2.1. Levantamento de dados secundários	20
2.2.2. Escolha dos estudos de caso	21
2.2.3. Simulações	21
3. INDICADORES DE EFICIÊNCIA EM ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NOS SELOS E CERTIFICAÇÕES DE SUSTENTABILIDADE	25
3.1. Estados Unidos	25
3.1.1. Certificação LEED	25
3.1.2. Norma ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007.....	29
3.1.3. Lighting Handbook Reference & Application – IESNA.....	31
3.2. Brasil	32
3.2.1. Certificação LEED	32
3.2.2. Certificação AQUA.....	33
3.2.3. Regulamento Selo PROCEL Edifica.....	35
3.2.4. NBR 5413 – Iluminância de Interiores	38
3.3. Reino Unido	40

3.3.1.	Certificação BREEAM.....	40
3.3.2.	CIBSE – Code for Lighting.....	42
3.4.	França	44
3.4.1.	Certificação HQE	44
3.4.2.	NF EN 12464.....	46
3.5.	Japão	47
3.5.1.	Certificação CASBEE 2008	47
3.6.	África do Sul.....	49
3.6.1.	Certificação Green Star SA 2011.....	49
3.7.	Hong Kong	50
3.7.1.	Certificação HKBEAM.....	50
3.8.	Conclusões	52
4.	SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO.....	54
4.1.	Luminárias.....	54
4.1.1.	Tipo de luminárias	60
4.1.2.	Luminárias no Brasil	66
4.2.	Lâmpadas	70
4.2.1.	Tipos de lâmpadas	71
4.2.2.	Lâmpadas no Brasil e no mundo	75
4.3.	Equipamentos auxiliares	88
4.4.	Outros equipamentos	89
4.4.1.	Sensor de presença.....	89
4.4.2.	Sistema de controle fotoelétrico.....	90
4.4.3.	Automação no sistema de iluminação	90
4.5.	Conclusões	91
5.	ESCOLHA DOS ESTUDOS DE CASO.....	93
5.1.	Escritório	93

5.2. Escola	95
6. SIMULAÇÕES.....	99
6.1. Escritório	99
6.1.1. Simulação 1ª Etapa	99
6.1.2. Simulação 2ª Etapa	149
6.1.3. Projetos	154
6.2. Escola	157
6.2.1. Simulação 1ª Etapa	159
6.2.2. Projeto	174
7. ANÁLISE DOS RESULTADOS	175
7.1. Certificação LEED e o projeto	175
7.2. Certificação AQUA e o projeto	181
7.3. Selo PROCEL Edifica e o projeto.....	181
8. CONCLUSÕES	184
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	187
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	188
ANEXO – PARTE 1.....	192
ANEXO – PARTE 2.....	193
ANEXO – PARTE 3.....	194

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma – Metodologia.....	20
Figura 2: Curva de distribuição luminosa com refletor pintado na cor branca – luminária nacional	61
Figura 3: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio – luminária nacional tipo 1	62
Figura 4: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio – fecho assimétrico – luminária nacional	62
Figura 5: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio – luminária nacional tipo 2	62
Figura 6: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio – luminária importada tipo 1.....	62
Figura 7: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio – luminária importada tipo 2.....	62
Figura 8: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio e aletas planas – luminária nacional	64
Figura 9: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio e aletas planas – luminária importada.....	64
Figura 10: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio e aletas parabólicas – luminária nacional	64
Figura 11: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio e aletas parabólicas – luminária importada.....	64
Figura 12: Curva de distribuição luminosa com difusor – luminária nacional	65
Figura 13: Curva de distribuição luminosa com difusor – luminária importada.....	65
Figura 14: Curva de distribuição luminosa com LED 15W – luminária nacional.....	66
Figura 15: Curva de distribuição luminosa com LED 14W – luminária importada	66
Figura 16: Voltagem no mundo.	75
Figura 17: Pavimento tipo 1.....	93
Figura 18: Pavimento tipo 2.....	94
Figura 19: Pavimento tipo 3.....	94
Figura 20: Pavimento tipo 4.....	95
Figura 21: Escola tipo 1 – pavimento térreo e superior	96

Figura 22: Escola tipo 2 – Pavimento térreo e superior.....	97
Figura 23: Escola tipo 3 – Pavimento térreo e superior.....	97
Figura 24: Escola tipo 4 – Pavimento térreo, 1º pavimento e 2º pavimento.....	98
Figura 25: Ambientes simulados no escritório.....	99
Figura 26: Área staff a ser simulada.....	100
Figura 27: Simulação staff – luminária nacional tipo 6 com lâmpada fluorescente tubular para forro de gesso liso (Arquivo: ET-ST-FT-BR-1-MX.dlx)	101
Figura 28: Simulação staff – luminária nacional tipo 11 com lâmpada fluorescente tubular para forro de gesso liso (Arquivo: ET-ST-FT-BR-2-MX.dlx)	102
Figura 29: Simulação staff – luminária nacional tipo 6 com lâmpada fluorescente tubular para forro modulado (Arquivo: ET-ST-FT-BR-5-MX.dlx)	103
Figura 30: Simulação staff – luminária nacional tipo 11 com lâmpada fluorescente tubular para forro modulado (Arquivo: ET-ST-FT-BR-6-MX.dlx)	103
Figura 31: Simulação staff – luminária importada tipo 12 com lâmpada fluorescente tubular para forro em gesso liso (Arquivo: ET-ST-FT-EX-3-MX.dlx)	105
Figura 32: Simulação staff – luminária importada tipo 13 com lâmpada fluorescente tubular para forro em gesso liso (Arquivo: ET-ST-FT-EX-4-MX.dlx)	105
Figura 33: Simulação staff – luminária importada tipo 12 com lâmpada fluorescente tubular para forro modulado (Arquivo: ET-ST-FT-EX-7-MX.dlx).....	106
Figura 34: Simulação staff – luminária importada tipo 13 com lâmpada fluorescente tubular para forro modulado (Arquivo: ET-ST-FT-EX-8-MX.dlx).....	106
Figura 35: Simulação staff – luminária nacional tipo 21 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-ST-FC-BR-1-MX.dlx)	108
Figura 36: Simulação staff – luminária nacional tipo 24 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-ST-FC-BR-2-MX.dlx)	108
Figura 37: Simulação staff – luminária importada tipo 33 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-ST-FC-EX-3-MX.dlx)	110
Figura 38: Simulação staff – luminária importada tipo 40 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-ST-FC-EX-4-MX.dlx)	110
Figura 39: Simulação staff – luminária nacional tipo 44 para LED (Arquivo: ET-ST-LE-BR-1-MX.dlx)	111
Figura 40: Simulação staff – luminária nacional tipo 48 para LED (Arquivo: ET-ST-LE-BR-2-MX.dlx)	112

Figura 41: Simulação staff – luminária importada tipo 49 para LED (Arquivo: ET-ST-LE-EX-3-MX.dlx)	113
Figura 42: Simulação staff – luminária importada tipo 54 para LED (Arquivo: ET-ST-LE-EX-4-MX.dlx)	114
Figura 43: Sala individual a ser simulada	115
Figura 44: Simulação sala individual – luminária nacional tipo 26 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-SI-FC-BR-1-MX.dlx).....	116
Figura 45: Simulação sala individual – luminária eficiente nacional tipo 24 para fluorescente compacta	117
Figura 46: Simulação sala individual – luminária importada tipo 33 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-SI-FC-EX-3-MX.dlx)	119
Figura 47: Simulação sala individual – luminária importada tipo 40 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-SI-FC-EX-4-MX.dlx)	120
Figura 48: Simulação sala individual – luminária nacional tipo 60 para halógena (Arquivo: ET-SI-HA-BR-1-MX.dlx)	121
Figura 49: Simulação sala individual – luminária nacional tipo 61 para halógena (Arquivo: ET-SI-HA-BR-2-MX.dlx)	122
Figura 50: Simulação sala individual – luminária importada tipo 62 para halógena (Arquivo: ET-SI-HA-EX-3-MX.dlx)	124
Figura 51: Simulação sala individual – luminária importada tipo 65 para halógena (Arquivo: ET-SI-HA-EX-4-MX.dlx)	124
Figura 52: Simulação sala individual – luminária nacional tipo 69 para LED (Arquivo: ET-SI-LE-BR-1-MX.dlx)	125
Figura 53: Simulação sala individual – luminária eficiente nacional tipo 48 para LED (Arquivo: ET-SI-LE-BR-2-MX.dlx).....	126
Figura 54: Simulação sala individual – luminária importada tipo 54 para LED (Arquivo: ET-SI-LE-EX-3-MX.dlx).....	127
Figura 55: Simulação sala individual – luminária importada tipo 72 para LED (Arquivo: ET-SI-LE-EX-4-MX.dlx).....	128
Figura 56: Sala de reunião a ser simulada	129
Figura 57: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 74 para fluorescente tubular (Arquivo: ET-SR-FT-BR-1-MX.dlx)	130

Figura 58: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 75 para fluorescente tubular (Arquivo: ET-SR-FT-BR-2-MX.dlx)	131
Figura 59: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 79 para fluorescente tubular (Arquivo: ET-SR-FT-EX-3-MX.dlx)	132
Figura 60: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 80 para fluorescente tubular (Arquivo: ET-SR-FT-EX-4-MX.dlx)	133
Figura 61: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 86 – halógena e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FH-BR-1-MX.dlx).....	134
Figura 62: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 84 – halógena e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FH-BR-2-MX.dlx).....	135
Figura 63: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 89 – halógena e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FH-EX-3-MX.dlx)	136
Figura 64: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 92 – halógena e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FH-EX-4-MX.dlx)	137
Figura 65: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 1 – LED e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FL-BR-1-MX.dlx)	138
Figura 66: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 2 – LED e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FL-BR-2-MX.dlx)	139
Figura 67: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 94 – LED e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FL-EX-3-MX.dlx)	140
Figura 68: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 112 – LED e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FL-EX-4-MX.dlx)	141
Figura 69: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 69 – halógena e LED (Arquivo: ET-SR-LH-BR-1-MX.dlx).....	142
Figura 70: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 48 – halógena e LED (Arquivo: ET-SR-LH-BR-2-MX.dlx).....	142
Figura 71: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 52 – halógena e LED (Arquivo: ET-SR-LH-EX-3-MX.dlx)	144
Figura 72: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 71 – halógena e LED (Arquivo: ET-SR-LH-EX-4-MX.dlx)	144
Figura 73: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 69 – LED e LED (Arquivo: ET-SR-LL-BR-1-MX.dlx)	146

Figura 74: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 48 – LED e LED (Arquivo: ET-SR-LL-BR-2-MX.dlx)	146
Figura 75: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 52 – LED e LED (Arquivo: ET-SR-LL-EX-3-MX.dlx).....	148
Figura 76: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 71 – LED e LED (Arquivo: ET-SR-LL-EX-4-MX.dlx).....	148
Figura 77: Simulação Staff – luminária nacional menos eficiente com fluorescente tubular (Arquivo: ET-ST-FT-BR-1-MI.dlx)	150
Figura 78: Simulação sala individual – luminária nacional menos eficiente com fluorescente compacta (Arquivo: ET-SI-FC-BR-1-MI.dlx).....	151
Figura 79: Simulação sala de reuniões – luminária nacional menos eficiente com fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FC-BR-1-MI.dlx)	151
Figura 80: Simulação staff – luminária nacional eficiente seguindo NBR ISO8995 (Arquivo: ET-ST-FT-BR-2-MX-ISO.dlx)	153
Figura 81: Simulação sala individual – luminária eficiente seguindo NBR ISO8995 (Arquivo: ET-SR-FT-BR-2-MX-ISO.dlx).....	154
Figura 82: Ambientes simulados da escola.....	158
Figura 83: Simulação plano horizontal da sala de aula – luminária nacional tipo 101 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-SA-FT-BR-1-MX.dlx).....	160
Figura 84: Simulação plano vertical da sala de aula – luminária nacional tipo 101 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-SA-FT-BR-1-MX.dlx).....	160
Figura 85: Simulação plano horizontal da sala de aula – luminária importada tipo 106 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-AS-FT-EX-1-MX.dlx)	162
Figura 86: Simulação plano horizontal da sala de aula – sistema de iluminação importado tipo 108 com fluorescente tubular.....	162
Figura 87: Simulação plano vertical da sala de aula – luminária importada tipo 106 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-AS-FT-EX-1-MX.dlx)	163
Figura 88: Simulação plano horizontal da sala de aula – luminária nacional com LED tipo 111 (Arquivo: EC-SA-LE-BR-1-MX.dlx)	164
Figura 89: Simulação plano vertical da sala de aula – luminária nacional com LED tipo 111 (Arquivo: EC-SA-LE-BR-1-MX.dlx)	164
Figura 90: Simulação plano horizontal da sala de aula – luminária importada tipo 113 (Arquivo: EC-SA-LE-EX-1-MX.dlx)	165

Figura 91: Simulação plano vertical da sala de aula – luminária importada tipo 113 (Arquivo: EC-SA-LE-EX-1-MX.dlx)	166
Figura 92: Simulação sala dos professores – luminária nacional tipo 101 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-SP-FT-BR-1-MX.dlx)	167
Figura 93: Simulação sala dos professores – luminária nacional tipo 111 com LED (Arquivo: EC-SP-LE-BR-1-MX.dlx)	167
Figura 94: Simulação sala dos professores – luminária nacional tipo 101 com fluorescente tubular – distribuição 3 luminárias.....	168
Figura 95: Simulação sala dos professores – luminária importada tipo 106 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-SP-FT-EX-1-MX.dlx).....	169
Figura 96: Simulação sala dos professores – luminária importada tipo 113 com LED (Arquivo: EC-SP-LE-EX-1-MX.dlx)	170
Figura 97: Simulação refeitório – luminária nacional tipo 114 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-RE-FT-BR-1-MX.dlx).....	171
Figura 98: Simulação refeitório – luminária importada tipo 117 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-RE-FT-EX-1-MX.dlx)	172
Figura 99: Simulação refeitório – luminária nacional tipo 111 com LED (Arquivo: EC-RE-LE-BR-1-MX.dlx)	173
Figura 100: Simulação refeitório – luminária importada tipo 113 com LED (Arquivo: EC-RE-LE-EX-1-MX.dlx)	173

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo de luminárias da simulação - 1ª etapa	22
Tabela 2: Potência dos equipamentos auxiliares utilizados	23
Tabela 3: Classificação de luminárias em relação ao fluxo luminoso.....	56
Tabela 4: Classificação de luminárias de acordo com o grau de proteção contra sólidos	57
Tabela 5: Classificação de luminárias de acordo com o grau de proteção contra umidade	57
Tabela 6: Exemplo de avaliação de ofuscamento (UGR).....	59
Tabela 7: Tabela de lâmpadas halógenas sem refletor no mercado internacional....	76
Tabela 8: Tabela de lâmpadas halógenas sem refletor no mercado nacional	77
Tabela 9: Tabela de lâmpadas halógenas com refletor no mercado internacional....	77
Tabela 10: Tabela de lâmpadas halógenas com refletor no mercado nacional	78
Tabela 11: Tabela de lâmpadas fluorescentes compactas não integradas no mercado internacional	79
Tabela 12: Tabela de lâmpadas fluorescentes compactas não integradas no mercado nacional	81
Tabela 13: Tabela de lâmpadas fluorescentes tubulares T5 no mercado internacional	82
Tabela 14: Tabela de lâmpadas fluorescentes tubulares T5 no mercado nacional...	83
Tabela 15: Tabela de lâmpadas LED com refletor no mercado internacional	84
Tabela 16: Tabela de lâmpadas LED com refletor no mercado nacional	85
Tabela 17: Tabela de lâmpadas fluorescentes tubulares T5 no mercado internacional	85
Tabela 18: Tabela de lâmpadas fluorescentes tubulares T5 no mercado nacional...	87
Tabela 19: Tabela simulação sistema de iluminação nacional com lâmpada fluorescente tubular – forro gesso liso.....	101
Tabela 20: Tabela simulação sistema de iluminação nacional com lâmpada fluorescente tubular – forro modulado	102
Tabela 21: Tabela simulação sistema de iluminação importado com lâmpada fluorescente tubular – forro de gesso liso.....	104

Tabela 22: Tabela simulação sistema de iluminação importado com lâmpada fluorescente tubular – forro de gesso modulado	104
Tabela 23: Tabela simulação sistema de iluminação nacional com lâmpada fluorescente compacta	107
Tabela 24: Tabela simulação sistema de iluminação importados com lâmpada fluorescente compacta	109
Tabela 25: Tabela sistema de iluminação nacional com LED	111
Tabela 26: Tabela sistema de iluminação importado com LED.....	112
Tabela 27: Tabela sistema de iluminação nacional – fluorescente compacta e pendente	115
Tabela 28: Tabela sistema de iluminação importado – fluorescente compacta e pendente	118
Tabela 29: Tabela sistema de iluminação nacional – halógena e pendente	121
Tabela 30: Tabela sistema de iluminação importado – halógena e pendente.....	122
Tabela 31: Tabela sistema de iluminação nacional – LED e pendente	124
Tabela 32: Tabela sistema de iluminação importado – LED e pendente	126
Tabela 33: Tabela sistema de iluminação nacional – fluorescente tubular ou fluorescente compacta longa.....	129
Tabela 34: Tabela sistema de iluminação importado – fluorescente tubular.....	131
Tabela 35: Tabela sistema de iluminação nacional – halógena e fluorescente compacta.....	133
Tabela 36: Tabela sistema de iluminação importado – halógena e fluorescente compacta.....	135
Tabela 37: Tabela sistema de iluminação nacional – LED e fluorescente compacta	137
Tabela 38: Tabela sistema de iluminação importado – LED e fluorescente compacta	140
Tabela 39: Tabela sistema de iluminação nacional – Halógena e LED.....	141
Tabela 40: Tabela sistema de iluminação importado – Halógena e LED	143
Tabela 41: Tabela sistema de iluminação nacional – LED e LED	145
Tabela 42: Tabela sistema de iluminação importado – LED e LED	147
Tabela 43: Tabela sistema de iluminação Staff menos eficiente com fluorescente tubular	149

Tabela 44: Tabela sistema de iluminação sala individual menos eficiente.....	150
Tabela 45: Tabela sistema de iluminação sala de reuniões menos eficiente	150
Tabela 46: Tabela simulação staff seguindo norma NBR ISO8995	152
Tabela 47: Tabela simulação sala individual seguindo norma NBR ISO8995.....	153
Tabela 48: Tabela resultados simulação do escritório	155
Tabela 49: Tabela simulação sala de aula sistema de iluminação nacional – fluorescente tubular.....	159
Tabela 50: Tabela simulação sala de aula sistema de iluminação importado.....	161
Tabela 51: Tabela simulação sala de aula sistema de iluminação nacional – LED.	163
Tabela 52: Tabela simulação sala de aula sistema de iluminação importado – LED	165
Tabela 53: Tabela de resultado da simulação de luminárias nacionais – sala dos professores.....	166
Tabela 54: Tabela de resultado da simulação de luminárias importadas – sala dos professores.....	169
Tabela 55: Tabela simulação refeitório sistema de iluminação nacional com fluorescente tubular.....	171
Tabela 56: Tabela de resultado da simulação de luminária fluorescente tubular importado - refeitório	171
Tabela 57: Tabela de resultado da simulação de luminária LED - refeitório	172
Tabela 58: Tabela resultados simulação - escola	174
Tabela 59: Resultado simulação sistema de iluminação mais eficiente do Brasil utilizando luminária LED (Projeto 1)	175
Tabela 60: Resultado simulação sistema de iluminação mais eficiente do Brasil utilizando luminária LED (Projeto 2)	176
Tabela 61: Resultado simulação sistema de iluminação mais eficiente do Brasil utilizando luminária fluorescente tubular (Projeto 3).....	176
Tabela 62: Resultado simulação sistema de iluminação mais eficiente importado utilizando luminária fluorescente tubular (Projeto 4).....	177
Tabela 63: Resultado simulação sistema de iluminação eficiente nacional utilizando luminária fluorescente tubular no staff e fluorescente compacta nas salas individuais (Projeto 5).....	177

Tabela 64: Resultado simulação sistema de iluminação eficiente nacional sem a utilização de luminárias com LED (Projeto 6).....	178
Tabela 65: Resultado simulação sistema de iluminação menos eficiente nacional (Projeto 7).....	179
Tabela 66: Resultado simulação sistema de iluminação nacional com valores da norma ISO8995. (Projeto 8)	179
Tabela 67: Resultado simulação sistema de iluminação eficiente nacional com fluorescentes tubulares (Projeto 9).....	180
Tabela 68: Resultado simulação sistema de iluminação eficiente nacional com LED (Projeto 10).....	180
Tabela 69: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido	182
Tabela 71: Resumo do nível de eficiência alcançado nos projetos	182

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABILUX	Associação Brasileira da Indústria de Iluminação
ANSI	American National Standard Institute
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environmental Efficiency
CIBSE	Chartered Institution of Building Services Engineers
CIE	Comission Internationale de L'Eclairage
COBEE	Congresso Brasileiro de Eficiência Energética
IES	Illuminating Engineerring Society
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
HKBEAM	Hong Kong Building Environmental Assessment Method
HQE	Haute Qualité Environnementale
LED	Light Emitting Diode
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
NBR	Norma Brasileira
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
UGR	Unified Glare Rating

GLOSSÁRIO

Consumo de energia	Quantidade de energia utilizada na conversão de energia primária em energia secundária, na produção de energia útil ou na utilização final.
Depreciação do fluxo luminoso	Redução do fluxo luminoso de uma lâmpada devido ao próprio desgaste da lâmpada e pelo acúmulo de poeira sobre sua superfície externa.
Dimmer	Dispositivo que possibilita variar o fluxo luminoso das lâmpadas em uma instalação para ajustar o nível de iluminância
Eficiência luminosa (η)	Medida que indica a eficiência de uma lâmpada, “ é o indicador da eficiência do processo de emissão de luz sob o ponto de vista do aproveitamento energético. É a razão entre o fluxo luminoso e a potência da lâmpada, em lúmen/Watt (lm/W).
Fluxo luminoso (ϕ)	Quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa em todas as direções, e é medida em lúmen (lm)
Fator de manutenção	Razão da iluminância média no plano de trabalho, após um período especificado de uso de uma instalação de iluminação, pela iluminância média obtida nas mesmas condições para uma instalação nova.
Iluminância (E)	Fluxo luminoso que incide em uma superfície, é a luz refletida que não é visível. Sua unidade de medida é o fluxo luminoso em lúmen dividido pela área, conhecido com lux (lx). Também conhecido como nível de iluminância .
Índice de reprodução de cor (R_a)	Medida que indica a cor real e aparente de um objeto ou superfície, onde quanto mais alto o valor mais fiel é a cor do objeto ou superfície. Ele varia de uma escala de 0 a 100 e não possui unidade de medida. Também conhecido com IRC da lâmpada.
Intensidade luminosa (I)	Quantidade de luz emitida por uma fonte de luz em uma determinada direção dentro de um determinado ângulo, e sua medida é dada dividindo o fluxo luminoso (ϕ) pelo ângulo sólido unitário

	(esferorradiano), mais conhecido pela medida chamada candela (cd).
Luminância (L)	Intensidade luminosa produzida ou refletida por uma superfície, é a luz refletida visível. Sua unidade de medida é candela/m ² (cd/m ²)
Potência elétrica	Trabalho realizado pela corrente elétrica em um determinado intervalo de tempo
Temperatura de cor (T _{cp})	Aparência de cor da luz, onde quanto mais alto o valor, mais branca é a cor da luz emitida. Sua emitida é dada em Kelvin (K)
Vida média	Média aritmética do tempo de duração de cada lâmpada ensaiada, dada em horas.
Vida útil	Número de horas decorrido quando se atinge 70% da quantidade de luz inicial devido à depreciação do fluxo luminoso de cada lâmpada, somado ao efeito das respectivas queimas ocorridas no período.

1. INTRODUÇÃO

As discussões sobre sustentabilidade tiveram início na Conferência de Estocolmo em 1972 e ao longo do tempo, tornaram-se cada vez mais presentes e constantes, incluindo a busca de soluções sustentáveis em relação a aspectos ambientais, sociais e econômicas.

O interesse no setor energético, no que diz respeito à sustentabilidade, é amplo e engloba questões como saneamento, uso e racionamento da água, transportes, o ambiente construído e seus impactos na cidade, entre outros.

De acordo com os professores Dr. Marcelo Romero e Dr. Lineu dos Reis, o conceito de eficiência energética surgiu como decorrência da crise do petróleo e permanece ativo nos dias de hoje devido ao sucesso das ferramentas criadas para conter essa crise e pela constante elevação de tarifas energéticas. Da mesma forma, na construção civil, ela desencadeou o desenvolvimento de normas reguladoras visando a economia de energia. (ROMERO; REIS, 2012).

Atualmente, contribui para o aumento do interesse nas normas reguladoras e na obtenção do selo de sustentabilidade, o constante aumento das tarifas de energia.

A primeira certificação sustentável é atribuída ao BREEAM do Reino Unido, seguido pela certificação HQE da França e LEED dos Estados Unidos. Com a globalização, muitos países passaram a adotar em seus países essas certificações e regulamentos sustentáveis relacionados à eficiência energética. O Brasil acompanha esse processo e certifica seus edifícios com os selos LEED e AQUA e a etiquetagem do PROCEL Edifica.

Em todas as certificações e selos de sustentabilidade que serão analisados, o quesito energia está sempre presente, e a iluminação natural e artificial são seus itens.

Segundo a Eletrobrás juntamente com a PROCEL ¹, *“a iluminação é responsável por, aproximadamente, 24% do consumo de energia elétrica no setor*

---

¹ Eletrobrás/PROCEL Educação. Conservação de Energia. Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações. Itajubá. Universidade Federal de Itajubá, 2006. P. 216

residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial”, ou seja, uma grande porcentagem dos gastos com iluminação provém da iluminação artificial.

Apesar do projeto que otimiza a iluminação natural ser considerado um dos fatores que reduzem o uso de energia elétrica e mesmo sabendo que, em proporções variáveis, a iluminação natural deve ser completada pela iluminação artificial, ele não foi objeto de estudo deste trabalho, optando por somente estudar a iluminação artificial.

2. MÉTODOS E TÉCNICAS

2.1. Objetivos

O objetivo desse trabalho é verificar se os critérios e indicadores das certificações LEED New Construction, LEED Existing Building – Operations and Maintenance, LEED Comercial Interiors, AQUA Escritórios e Edifícios escolares e o regulamento brasileiro PROCEL, podem ser atendidos pelas tecnologias disponíveis no Brasil em relação às lâmpadas, luminárias e reatores (sistemas de iluminação), bem como avaliar se tais critérios e indicadores estão de acordo com as normas da ABNT e/ou das normas internacionais.

A normatização tem aumentado muito nos últimos anos, e atualmente, as certificações e selos de sustentabilidade que são voluntários, tendem a se tornar compulsórios. O selo PROCEL, por exemplo, será obrigatório a partir de 2020 para edifícios públicos.

Portanto, é importante saber, se os sistemas de iluminação comercializados no Brasil atualmente, atendem os indicadores de iluminação artificial das certificações e selos de sustentabilidade.

2.2. Considerações Preliminares

Os métodos e técnicas utilizados para a pesquisa seguem as seguintes etapas e o fluxograma mostrado na figura 1.

FLUXOGRAMA DA PESQUISA

Figura 1: Fluxograma – Metodologia.

Fonte: autora

2.2.1. Levantamento de dados secundários

Foi realizado um levantamento dos seguintes dados:

- 1) Indicadores de eficiência em luz artificial nos selos e certificações de sustentabilidade mais atuantes do mundo, inclusive no Brasil.

Foram levantados os dados das certificações LEED, AQUA, BREEAM, HQE, CASBEE, GREEN STAR AS e HKBEAM, além do selo PROCEL Edifica.

- 2) Normas internacionais e nacionais em vigor.

As normas internacionais e nacionais são referentes à iluminação artificial dos países onde as certificações e selos de sustentabilidade foram levantados:

- Estados Unidos: Norma ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007

- Brasil: NBR 5413 – Iluminância de Interiores
- Reino Unido: CIBSE – Code for Lighting
- França: NF EN 12464

3) Tecnologias dos sistemas de iluminação

Foi pesquisada a tecnologia existente no Brasil e no exterior, comparando a eficiência em:

- Luminárias
- Lâmpadas
- Equipamentos auxiliares (transformadores, reatores, fontes e drivers)
- Sistemas de LED

2.2.2. Escolha dos estudos de caso

Como estudos de caso, foram escolhidos dois: um escritório e uma escola. A justificativa da escolha desses ambientes é que ambos possuem indicadores e/ou mencionam parâmetros de indicadores de iluminação artificial nas certificações e selos de sustentabilidade presentes no Brasil.

Para o estudo de caso do escritório, foram escolhidas plantas que simulassem um ambiente de escritório e escola padrões.

2.2.3. Simulações

Optou-se por fazer simulações ao invés de analisar ambientes existentes, pois assim pode-se analisar os resultados baseados nos mesmos parâmetros, sem a interferência da iluminação natural, manutenção em relação à limpeza e depreciação dos sistemas de iluminação.

O programa escolhido para realizar os cálculos foi o Dialux 4.10/2012, que segundo o professor Luis Lancelle², engenheiro especialista em softwares de iluminação, é um dos que possuem mais recursos. Além disso, muitos lighting designers e professores, como Antônio Carlos Mingrone e Nelson Solano, recomendam seu uso por seus resultados serem o mais próximo do real.

Nos parâmetros de dados de cálculo, optou-se por não utilizar o fator de depreciação pois os fornecedores do sistema em LED, como mostra pesquisa realizada pela equipe do prof. Antônio Carlos Saidel³, ainda não fornecem valores compatíveis de depreciação com o aplicado. Para a pesquisa, utilizou-se apenas o fator de manutenção do ambiente como sendo de 0,80, considerando um ambiente limpo conforme indicação do programa de cálculo.

Para encontrar o valor do fator de manutenção total de um sistema de iluminação, se leva em consideração os seguintes fatores: declínio da potência em lúmen de uma lâmpada, envelhecimento da lâmpada, efeitos de redução de potência de luz devido ao acúmulo de sujeira nas luminárias e a redução da refletância devido ao acúmulo de sujeira do ambiente.

As simulações foram realizadas em 2 (duas) etapas, onde na primeira etapa foram selecionadas diversas luminárias de determinados fabricantes, para analisar qual sistema de iluminação consome menos energia. Nessa seleção, foram incluídas apenas as luminárias que proporcionassem conforto visual ao usuário. Considerou-se um pé direito padrão de 2,70m em ambos os casos.

Para verificação do menor consumo do sistema de iluminação, além das simulações, foi criada a seguinte tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Comparativo de luminárias da simulação - 1ª etapa

Código luminária	Qtde peças	Emédio	Emín	Emáx	Potência Conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária

Fonte: Autora

² LANCELLE, Luis. Softwares para projetos de iluminação. São Paulo. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/softwares.html>

³ 9ª COBEE, 2012, Centro de convenções Frei Caneca. Avaliação da Tecnologia LED – Estudos.

Onde os dados de quantidade de peças, Emédio, Emín e Emáx foram retirados dos resultados fornecidos pelo Dialux 4.10/2012. Os sistemas de iluminação que apresentarem menor consumo serão utilizados para análise dos resultados. Os mesmos ficarão assinalados em negrito e itálico.

A coluna Tipo/Anexo luminária é para indicar no Anexo Parte 2, a ficha técnica de cada luminária utilizada nas simulações. As fichas foram fornecidas pelos fabricantes. Caso não haja ficha técnica disponível, será gerada uma ficha técnica simples através do programa Dialux 4.10/2012.

Para cálculo da potência consumida pelo conjunto foram utilizados os seguintes equipamentos auxiliares listados conforme tabela 2 abaixo:

Tabela 2: Potência dos equipamentos auxiliares utilizados

Lâmpada	Equipamento auxiliar	Marca/modelo	Potência consumida (W)
Fluorescente tubular 14W	Reator eletrônico dimerizável 2x14W	Osram / QT <i>i</i> 2x14/24/220-240 DIM	30,6
	Reator eletrônico dimerizável 1x14W	Osram / QT <i>i</i> 1x14/24/220-240 DIM	15,4
Fluorescente tubular 28W	Reator eletrônico dimerizável 1x28W	Osram / QT <i>i</i> 1x28/54/220-240 DIM	30,5
	Reator eletrônico dimerizável 2x28W	Osram / QT <i>i</i> 2x28/54/220-240 DIM	60,3
Fluorescente tubular 24W	Reator eletrônico dimerizável 2x24W	Osram / QT <i>i</i> 2x14/24/220-240 DIM	50
Fluorescente compacta longa 36W	Reator eletrônico dimerizável 2x36W	Osram / QT <i>i</i> 2x36/220-240 DIM	69
Fluorescente compacta dupla 4P 26W	Reator eletrônico dimerizável 2x26W	Osram / QT <i>i</i> -T/E 2x18-42/220-240 DIM	56
	Reator eletrônico dimerizável 1x26W	Osram / QT <i>i</i> -T/E 1x18-42/220-240 DIM	29
Fluorescente compacta dupla 4P 32W	Reator eletrônico dimerizável 1x32W	Osram / QT <i>i</i> -T/E 1x18-42/220-240 DIM	36
	Reator eletrônico dimerizável 2x32W	Osram / QT <i>i</i> -T/E 1x18-42/220-240 DIM	69
Fluorescente compacta dupla 4P 42W	Reator eletrônico dimerizável 1x42W	Osram / QT <i>i</i> -T/E 2x18-42/220-240 DIM	47
	Reator eletrônico dimerizável 2x42W	Osram / QT <i>i</i> -T/E 2x18-42/220-240 DIM	90

Fonte: Autora

No caso das luminárias com LED, considerou-se uma perda de 10% para equipamentos auxiliares, pois nenhum dos fabricantes fornece esse valor.

Considerou-se também que os equipamentos auxiliares serão dimerizáveis, pois em algumas certificações e selos, a possibilidade de controle dos sistemas de iluminação é considerada.

Foram escolhidos para simulações iniciais, aplicadas no estudo de caso do escritório, 2 (dois) tipos de sistema de iluminação com mesma lâmpada utilizada em maior escala em projetos luminotécnicos de escritórios. Após os cálculos realizados, obtemos os sistemas mais eficientes no Brasil e no exterior.

À medida que são feitas as simulações na primeira etapa, descarta-se uma série de sistemas de iluminação, pois o consumo final mostrado nas simulações não atenderia um projeto eficiente.

Na segunda etapa das simulações com os sistemas mais eficientes no Brasil e no exterior, foi feito um projeto luminotécnico na planta base escolhida. Dessa forma, podemos compara-los e verificar se atendem os indicadores de iluminação artificial dos certificados e selos de sustentabilidade.

Todos os ambientes foram simulados para que se alcançasse o nível médio solicitado na norma.

3. INDICADORES DE EFICIÊNCIA EM ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL NOS SELOS E CERTIFICAÇÕES DE SUSTENTABILIDADE

Nesse capítulo, foi feito o levantamento dos indicadores de iluminação artificial existentes nas principais certificações de sustentabilidade atuantes no mundo, nomeadamente nos países: Estados Unidos, Brasil, Reino Unido, França, Japão, África do Sul e Hong Kong.

Foram também levantadas as principais normas e leis referentes à iluminação artificial de alguns desses países. Citaremos apenas aquelas referentes à escritórios e escolas.

3.1. Estados Unidos

3.1.1. Certificação LEED

A certificação LEED nos Estados Unidos teve início em 1998 e foi concebida por uma ONG americana, a U.S. Green Building Council (USGBC).

Para análise, nesse trabalho, foram levantados 4 tipos de certificações conforme diferentes tipos de uso: *Commercial Interiors 2009*, *Existing Buildings 2009* e *New Construction 2009*.

O guia faz referências em relação à iluminação artificial nas seguintes categorias:

- Espaço sustentável (*Sustainable Sites – SS*) que pede a redução da poluição luminosa.
- Energia e atmosfera (*Energy & Atmosphere – EA*) que leva em consideração o desempenho energético eficiente e o consumo mínimo de energia conforme norma ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007.
- Qualidade ambiental interna (*Indoor Environmental Quality – EQ*) que leva em consideração o controle da iluminação.

De acordo com a pontuação atribuída a cada requisito, o edifício obtém a certificação dividida em: *Certified*, *Silver*, *Gold* ou *Platinum*.

3.1.1.1. LEED for New Construction and Major Renovation 2009

De acordo com o guia no Anexo I, em relação ao espaço sustentável (SS), o edifício recebe pontos por reduzir a poluição luminosa noturna do edifício.

- Iluminação interna: entre 23:00h e 5:00h deve-se reduzir a potência luminosa em 50% das linhas de luminárias não emergenciais próximas às aberturas para o exterior. Depois do horário do expediente podem-se providenciar sensores de presença ou interruptores manuais que não ultrapassem 30 minutos ou em todas as aberturas do edifício para vista externa haja controle/ fechamento para redução de 10% transmissão de luz do interior para o exterior.
- Iluminação exterior: Iluminar somente áreas para segurança e conforto. A densidade de potência da iluminação exterior deve seguir a norma ANSI / ASHRAE / IESNA Standard 90.1-2007. E dependendo da zona que o edifício se encontra (áreas em desenvolvimento, áreas residenciais, áreas de alta densidade residencial ou baixa comercial e áreas comerciais intensas), também deve cumprir os requisitos da IESNA RP-33 em relação ao nível de iluminação geral externa.

No quesito Energia e Atmosfera (EA), deve-se seguir a norma ANSI / ASHRAE / IESNA Standard 90.1-2007⁴ que traz a densidade de potência para consumo mínimo de energia ou a ASHRAE *Advanced Energy Guide* (conforme região/estado dos Estados Unidos).

Por fim, para iluminação artificial a certificação leva em consideração, para Qualidade ambiental interna (IEQ), o controle de iluminação artificial para 90% dos ocupantes, promovendo assim a produtividade, o bem-estar e o conforto. Desta

---

⁴ Ver tabela no capítulo 3.1.2

forma permite-se que cada indivíduo possa se adequar às suas necessidades individuais e às necessidades da tarefa a ser executada.

3.1.1.2. LEED for Existing Buildings – Operations and Maintenance 2009

Conforme o guia no Anexo II, para prédios existentes no crédito do espaço sustentável (SS) o edifício deve reduzir a poluição luminosa interna e externa.

No interior do edifício, as linhas de luminárias não emergenciais próximas às aberturas devem ser desligadas automaticamente durante o período noturno após horário de expediente. Esse período não pode ultrapassar 2.190 horas por ano (50% das horas noturnas anuais). Para utilizar o edifício após horário de expediente deverá ser previsto controle/ interruptores manuais.

Para iluminação externa, existem três opções para a obtenção de pontos. Ganham-se pontos se houver redução na poluição luminosa, desde que anteriormente o edifício tenha sido certificado em LEED *New Construction* ou *Schools* ou se ele foi certificado pelo LEED *Core & Shell Development*, além de ter 75% da área certificada pelo *LEED Commercial Interiors*. Ou ainda, se as luminárias externas de 50W ou mais não emitirem luz diretamente para o céu. Na opção três, resumidamente deve-se medir os níveis de iluminação em espaços regulares no perímetro da construção e o nível medido não deve ser maior que 20% do nível medido com as luzes apagadas. É proibido utilizar a média das medições.

No crédito Qualidade ambiental interna (IEQ), assim como para obter a certificação LEED *New Construction and Major Renovation*, pontua os edifícios onde 50% dos usuários possam controlar o sistema de iluminação artificial para ajuste de necessidades e de acordo com a exigência de cada tarefa.

3.1.1.3. LEED for Commercial Interiors 2009

Para obtenção de pontos no quesito Espaço Sustentável (SS), pode-se obter pontos se houver redução na potência luminosa em 50% das linhas de luminárias não emergenciais próximas às aberturas para o exterior entre 23:00h e 5:00h. Ou ainda, após horário do expediente pode-se providenciar sensores de presença ou interruptores manuais que não ultrapassem 30 minutos.

No LEED *Commercial Interiors*, no quesito Energia e Atmosfera (EA), pode-se obter até 5 pontos se o edifício reduzir a densidade de potência relacionado à iluminação abaixo do permitido pela norma ANSI / ASHRAE / IESNA Standard 90.1-2007 através do método espaço por espaço (*Space-by-Space Method*) ou pela área construída (*Space Method*). Abaixo conforme guia do LEED no Anexo III segue a pontuação de acordo com porcentagem reduzida:

Lighting Power Density Reduction Below the Standard	Points
15%	1
20%	2
25%	3
30%	4
35%	5

Fonte: LEED 2009 for Commercial Interiors – USGBC (updated February 2011)

Ainda em Energia e Atmosfera (EA) podem-se obter pontos caso haja medição e monitoramento dos sistemas de iluminação e automação em 75% ou mais da área total do edifício.

Assim como nas certificações mencionadas anteriormente, em Qualidade Ambiental Interna (IEQ), há pontuação se houver o controle individual de iluminação artificial para no mínimo 90% dos ocupantes.

3.1.1.4. *LEED for Schools – New Construction and Major Renovations 2009*

Como podemos ver no Anexo IV, o guia em questão segue praticamente o guia *LEED for New Construction and Major Renovations* no que diz respeito à redução da poluição visual da iluminação artificial, porém faz ressalva à iluminação de quadras esportivas, que não precisam seguir a densidade de potência da norma ANSI/ ASHRAE/ IESNA Standard 90.1-2007, mas devem ser programados para apagar após às 23:00h e em casos de eventos esportivos após esse horário, deve ser previsto acendimento/ apagamento manual.

Assim como para outras certificações LEED deve seguir em relação a densidade de potência a norma ANSI/ ASHRAE/ IESNA Standard 90.1-2007 para áreas internas.

Para o item Qualidade ambiental interna (IEQ) o controle de iluminação artificial é levado em conta da seguinte maneira:

- Caso 1: Em escritórios administrativos e outros espaços com ocupação regular devem prever controle de iluminação individual para 90% dos ocupantes permitindo ajustes necessários individuais e de tarefas e providenciar controle do sistema de iluminação para espaços destinados à aprendizagem como salas de aulas, laboratórios, sala de artes, sala de música, ginásios, etc.

Caso 2: Em salas de aula prever 2 sistemas de iluminação: geral e para vídeo conferência.

3.1.2. Norma ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007

Essa norma americana traz requisitos mínimos de eficiência energética na construção de edifício e é utilizada para obtenção do certificado LEED.

O capítulo que nos interessa é o capítulo 9 que traz recomendações referentes à iluminação artificial, onde se encontram tabelas para o cálculo da potência instalada permitida em W/m^2 ou W/fs^2 e pode ser feita por dois métodos: o de área construída (*Area Method*) ou pelo método espaço por espaço (*Space-by-Space Method*). Há tabelas com recomendações de densidade de potência tanto para espaços internos como para espaços externos. Ver Anexo IV onde temos as tabelas completas recomendadas pela norma.

Abaixo seguem alguns dos valores recomendados da norma que serão utilizados na dissertação:

Área interna – Método área construída (<i>Area Method</i>)	
Ambiente	Densidade de potência luminosa máxima
Centro de convenções	13 W/m^2
Ginásio	12 W/m^2
Biblioteca	14 W/m^2
Escritórios	11 W/m^2
Escola / Universidade	13 W/m^2

Área interna – Método espaço por espaço (<i>Space-by-Space Method</i>)	
Ambiente	Densidade de potência luminosa máxima
Escritório (espaço fechado)	12 W/m^2
Escritório (espaço aberto) ou <i>Staff</i>	12 W/m^2
Sala de conferência/ reunião/ multiuso	14 W/m^2
Sala de aula/ leitura / treinamento	15 W/m^2
Auditório/ platéia – para ginásio	4 W/m^2

Auditório/ platéia – para centro de convenções	8 W/m ²
Laboratório	15 W/m ²
Corredor / circulação	5 W/m ²
Escada – uso ativo	6 W/m ²
Espaços específicos das edificações	
Ambiente	Densidade de potência luminosa máxima
Ginásio / Academia	
Área de jogos	15 W/m ²
Área de exercícios	10 W/m ²
Biblioteca	
Arquivos de fichas e catalogação	12 W/m ²
Estantes	18 W/m ²
Área de leitura	13 W/m ²

Fonte: ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007

Essa norma tem a finalidade de trazer economia de energia ao edifício com gastos referentes à iluminação artificial.

3.1.3. Lighting Handbook Reference & Application – IESNA

O guia *Lighting Handbook* trata de iluminação em geral e foi estabelecido pelo IESNA desde 1979. O capítulo que nos interessa é o capítulo 11 que trata de considerações importantes para o projeto de iluminação e traz o nível em lux e *footcandles* adequados de iluminação para tarefas específicas.

Ao utilizar o guia, o projetista deve levar em consideração o tipo de atividade a serem realizadas, características da tarefa visual, idade dos ocupantes, importância do desempenho visual no que diz respeito à velocidade e precisão e

reflexão da luz. Como podemos ver no Anexo VI, o guia traz o passo a passo dos procedimentos para utilização adequada dos valores do mesmo.

Abaixo, temos alguns valores que serão importantes para a dissertação:

Ambiente	Categoria de iluminância	Intervalos de iluminância
		Lux
Salas de aula – geral	D	200-300-500
Laboratório de ciências	E	500-750-1000
Salas de leitura	F	1000-1500-2000
Bibliotecas – áreas de leitura	D	200-300-500
Estante de livros	D	200-300-500
Escritório	D/E*	200-300-500-750-1000

Fonte: Lighting Handbook Reference & Application – IESNA – Cap.11

* Para algumas tarefas específicas, o nível dependerá da atividade a ser realizada. O guia faz referência para busca do nível adequado de iluminação dessas outras tarefas mais específicas.

3.2. Brasil

3.2.1. Certificação LEED

A certificação LEED no Brasil teve início em 2008 e é concebida pelo GBC Brasil (Green Building Concil Brasil).

Até o momento a certificação LEED no país deve seguir as mesmas diretrizes do LEED americano, mas está em andamento um projeto de regionalização do LEED para o país.

Inclusive a norma ANSI/ASHRAE/IESNA STANDARD 90.1-2007 deve ser seguida em relação à densidade de potência luminosa. Atualmente, a obtenção da certificação é voluntária.

3.2.2. Certificação AQUA

A certificação AQUA teve início em 2007 e é dada pela Fundação Vanzolini. O seu referencial técnico foi baseado no HQE da França.

Os manuais estão disponíveis na internet e para este trabalho serão considerados os referenciais técnicos: Edifícios do setor de serviços - Escritórios e edifícios escolares 2007 e Qualidade Ambiental de Edifícios em Renovação - Edifícios do Setor de Serviços 2010. A certificação é dividida em desempenhos Bom, Superior e Excelente.

Diferente do LEED, o AQUA faz referência apenas a norma que diz respeito ao nível de iluminação dos ambientes, seguindo a NBR 5413 – 1992.

Para questões referentes à iluminação artificial analisaremos as seguintes categorias:

- Eco-construção: que leva em conta a relação do edifício com o seu entorno e escolha de produtos para a construção
- Eco-gestão: que leva em consideração a gestão da energia com a redução do consumo de energia primária e dos poluentes associados e a manutenção do desempenho ambiental adquirido no que diz respeito à iluminação artificial.
- Conforto visual em relação à iluminação artificial

3.2.2.1. Referencial Técnico de Certificação. Edifícios do setor de serviços. Escritórios – Edifícios escolares 2007

Da relação do edifício com seu entorno, o referencial técnico diz respeito à iluminação exterior não somente para criar um conforto visual satisfatório, mas é importante também a questão da sensação de segurança, principalmente das áreas de circulação externa entre saída dos usuários do edifício até estacionamentos ou

saídas do terreno, nas áreas onde há iluminação natural é fraca e nas áreas de estocagem de resíduos de uso e operação.

No capítulo que diz respeito à escolha de produtos para a construção, é levado em consideração se no projeto luminotécnico são especificados lâmpadas fluorescentes que apresentam o selo PROCEL. Como o próprio referencial técnico cita essas lâmpadas através de testes, apresentam menor consumo de energia e menor substituição ao longo do tempo, contribuindo assim para menor geração de poluentes, uma vez que são compostas por mercúrio.

Na gestão de energia o referencial técnico solicita a redução do consumo de energia primária e dos poluentes associados, e é levada em consideração a área e a potência instalada. Porém o AQUA faz recomendações referentes ao consumo $\text{KWh/ano.m}^2_{\text{área útil}}$ (Cep: Coeficiente de consumo de energia primária), e nesse valor está incluso também o consumo de energia em relação ao resfriamento, ao aquecimento da água, ventilação e outros equipamentos auxiliares além do consumo com iluminação artificial.

Ainda na questão da gestão de energia, é importante permanência do desempenho dos sistemas de iluminação onde deve haver um acompanhamento e controle do desempenho dos sistemas de iluminação durante o uso e operação do edifício. A escolha dos sistemas de iluminação deve ser concebida de modo a facilitar a manutenção, inclusive no que diz respeito ao acesso desses sistemas.

Por fim, o referencial técnico para obtenção da certificação, pede alguns requisitos para o conforto visual do usuário. Em relação à iluminação artificial as recomendações se referem ao nível de iluminância média conforme norma brasileira NBR 5413, uniformidade na iluminação de um ambiente, cuidados com ofuscamentos e qualidade da luz emitida (temperatura de cor e IRC adequados), além do controle do meio visual individual pelos usuários.

Como podemos ver no Anexo VII e na tabela de quadro de avaliação, o nível de iluminância média mantida é de 500 lux para escritórios e 300 lux para edifícios escolares em salas de aula de ensino fundamental e médio. Para salas de aula no período noturno, o nível aumenta para 500 lux.

3.2.2.2. Referencial Técnico de Certificação da Qualidade Ambiental de Edifícios em Renovação. Edifícios do setor de serviços 2010

Da relação do edifício com seu entorno, esse referencial técnico de renovação solicita as mesmas condições do referencial técnico de certificação onde se deve pensar na iluminação exterior em função do conforto e da segurança. Para renovação de edifícios, deve-se ainda tomar o cuidado para que a iluminação exterior não cause incômodos visuais noturnos para a vizinhança.

Na gestão de energia, há a preocupação de melhorar a aptidão do edifício de maneira a reduzir as necessidades energéticas inclusive da iluminação artificial. Assim como no referencial técnico para certificação, é solicitada a redução do consumo de energia primária e dos poluentes associados, onde parte desse consumo é relacionada ao consumo com os sistemas de iluminação artificial.

Há também a preocupação na concepção dos sistemas para garantir uma manutenção simplificada, além do acompanhamento do consumo de energia inclusive para detecção de falhas.

Como pode ser visto no Anexo VIII, os requisitos de conforto visual para iluminação artificial são os mesmos do referencial técnico para certificação em edifícios do setor de edifícios onde a norma NBR 5413 deve ser seguida e os requisitos em relação à qualidade da luz também.

3.2.3. Regulamento Selo PROCEL Edifica

O selo PROCEL Edifica é emitido pelo INMETRO e é também conhecido como RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos). A etiquetagem ainda é voluntária, e assim como ocorreu em países europeus tem previsão de ser compulsiva para edifícios públicos a partir de 2020.

A etiquetagem é aplicada para construções com área útil superior a 500m². O documento analisado é de 2010.

A regulamentação leva em consideração em relação à iluminação artificial a eficiência e potência instalada, a divisão do acionamento dos circuitos, desligamento automático do sistema de iluminação e deve seguir a tabela do método de cálculo da densidade de potência de iluminação conforme estabelecido pelo regulamento técnico da qualidade.

Para o cálculo da densidade de potência, como pode ser visto no Anexo IX, deve se aplicar o método da área do edifício ou o método das atividades do edifício. O primeiro deve ser utilizado para edifícios com até três atividades principais ou que estas atividades ocupem mais de 30% do edifício e o segundo é utilizado para avaliar separadamente os ambientes do edifício.

Para utilizar a avaliação do método da área do edifício conforme o manual RQT-C deve-se:

- a. Identificar a atividade principal do edifício, de acordo com a Tabela 4.1, e a densidade de potência de iluminação limite ($DPI_L - W/m^2$) para cada nível de eficiência;
(...)
- b. Determinar a área iluminada do edifício;
- c. Multiplicar a área iluminada pela DPI_L , para encontrar a potência limite do edifício;
- d. Quando o edifício for caracterizado por até três atividades principais determina-se a densidade de potência de iluminação limite (DPI_L) para cada atividade e a área iluminada para cada uma. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites para cada atividade do edifício;
(...)
- e. Comparar a potência total instalada no edifício e a potência limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação;
- f. Após determinar o nível de eficiência alcançado pelo edifício deve-se verificar o atendimento dos pré-requisitos em todos os ambientes;
- g. Se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o EqNum deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis

de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação.⁵

E para utilizar o método das atividades do edifício deve-se:

- a. Identificar adequadamente as atividades encontradas no edifício, de acordo com a tabela 4.2;
- b. Consultar a densidade de potência de iluminação limite (DPI_L – W/m^2) para cada nível de eficiência para cada uma das atividades, na tabela 4.2;
- (...)
- c. Multiplicar a área iluminada de cada atividade pela DPI_L , para encontrar a potência limite para cada atividade. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites das atividades;
- d. Calcular a potência instalada no edifício e compará-la com a potência limite do edifício, identificando o EqNum (equivalente numérico) do sistema de iluminação;
- e. Se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o EqNum deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação.
- (...)

$$K = \frac{A_t + A_{pt}}{A_{pt}} \quad \text{Eq. 4.1}$$

Onde:

K = índice de ambiente (adimensional)

A_t = área de teto (m^2)

A_{pt} = área do plano de trabalho (m^2)

A_p = áreas de parede entre o plano iluminante e plano de trabalho (m^2)

---

⁵ PROCEL Edifica. RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) – p.40 a 41

$$RCR = \frac{2,5 \times H_p \times P}{A} \quad \text{Eq. 4.2}$$

Onde:

RCR: Room Cavity Ratio (adimensional);

H_p: Altura de parede, considerar altura entre o plano iluminante e o plano de trabalho (m²);

P: Perímetro do ambiente (m²);

A: Área do ambiente (m²);

Quando existirem ambientes que utilizem este recurso (K/RCR), o EqNum será encontrado através da ponderação dos equivalentes numéricos destes ambientes e do edifício por suas potências.⁶

O regulamento abre exceções para o cálculo de potência de algumas situações como, por exemplo: iluminação de destaque de galerias, museus, iluminação de vitrines, entre outros.

3.2.4. NBR 5413 – Iluminância de Interiores

A norma brasileira de Iluminância de Interiores foi revisada pela última vez em 1992. Segundo o engenheiro eletricitista Elvo Calixto que participou do comitê de estudos de revisão da norma em 1982, a atual norma foi baseada no documento americano “Illuminating Engineering of Society North America” (IESNA)⁷.

⁶ PROCEL Edifica. RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) – p.43 a 44

⁷ Portal Lumière. Notícias: NBR 5413: O que e por que deve mudar? 29/09/08 -15:25 por Nara Faria.

A norma atual tem como objetivo estabelecer “os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras.”

A norma traz tabelas com três valores de iluminância por tipo de atividade. Em geral, para cálculo é utilizado o valor mediano, com exceção de refletâncias ou contrastes altos, onde a velocidade e/ou precisão não são tão importantes e quando a tarefa é executada ocasionalmente é utilizado o valor mais baixo. E em casos onde a tarefa se apresente com refletâncias e contrastes baixos, onde há necessidade de precisão na tarefa ou a capacidade visual do observador está abaixo da média, utilizaremos o valor mais alto.

No Anexo X podemos notar que a tabela de níveis de iluminância é bem semelhante ao documento da IESNA. Abaixo, alguns valores em lux que serão utilizados na dissertação:

“ 5.3.5. Bibliotecas

- sala de leitura ..... 300 – 500 – 750
- recinto das estantes ..... 200 – 300 – 500 ”

“ 5.3.13. Escolas

- salas de aula ..... 200 – 300 – 500
- quadros negros ..... 300 – 500 – 750 (...)
- laboratórios
- geral ..... 150 – 200 – 300
- local ..... 300 – 500 – 750 ”

“ 5.3.14. Escritórios

- escritórios de:
- registros, cartografia, etc. .... 750 – 1000 – 1500
- desenho, engenharia mecânica

arquitetura	750 – 1000 – 1500	
- desenho decorativo e esboço	300 – 500 – 750	”

3.3. Reino Unido

3.3.1. Certificação BREEAM

A certificação BREEAM no Reino Unido teve início em 1990 e foi estabelecida pelo Building Research Establishment (BRE) Global.

Para análise de indicadores será levado em conta apenas o manual técnico do BREEAM New Construction 2011 disponível para *download* na internet. Estará presente nesse trabalho apenas os indicadores de iluminação artificial referentes à escritórios e edifícios escolares.

Para a obtenção dessa certificação, o edifício deve atender requisitos e dependendo da pontuação alcançada o edifício recebe uma classificação com número de estrelas, de 0 (zero – desclassificado) até 6 (seis – acima do nível).

A seguir levantaremos os principais requisitos que o BREEAM traz em relação à iluminação artificial:

- Saúde e bem estar (*Health and Wellbeing* – Hea): que leva em consideração o conforto visual e proteção e segurança.
- Energia (Energy – Ene): que considera o monitoramento do consumo de energia e iluminação externa.
- Poluição (Pollution – Pol): que leva em consideração a redução da poluição luminosa noturna.

No quesito de conforto visual, para iluminação artificial, em questões de nível de iluminância deve seguir a CIBSE *Code for Lighting 2009* para áreas internas e para áreas externas o BS5489-1:2003+A2:2008 *Lighting of roads and public amenity areas*.

O BREEAM traz uma série de tópicos que devem ser levados em conta para o projeto de iluminação artificial tais como: cuidado especial ao projetar em áreas com telas de computadores; em ambientes de escritórios separar os circuitos em áreas próximas às janelas que recebem contribuição da luz natural e longe da janela; e em bibliotecas separar as áreas de leitura, balcão de trabalho e estantes. No Anexo XI, podemos ver os outros tópicos que o guia técnico traz.

Ao final de cada quesito, o guia técnico traz algumas definições que devem ser levados em consideração ao projetar, como por exemplo, a separação de circuitos, o controle individual parcial de alguns sistemas de iluminação, o uso de reatores de alta frequência, plano de trabalho que deve normalmente ser considerado 0,70m acima do piso, etc.

No tópico Proteção e Segurança, para áreas externas o nível de iluminação deve seguir a norma BS5489-1:2003+A2:2008 para segurança no acesso dos usuários ao edifício.

Na gestão de energia do edifício, a certificação BREEAM assim como o AQUA considera se há monitoramento do consumo de energia em relação à iluminação artificial.

Ainda relacionado à energia, a certificação pontua o edifício que especifica e se preocupa com a eficiência energética das luminárias para áreas externas, onde o sistema de iluminação deve atender os seguintes requisitos:

- Equipamentos de iluminação para circulações, acesso e vias devem ter uma eficácia de no mínimo “*50 lamp lumens/circuit Watt*” quando o IRC é maior ou igual a 60 e se for menor que 60 uma eficácia de “*60 lamp lumens/ circuit Watt*”.
- Equipamentos de iluminação para áreas de estacionamento, acesso à ruas/ estradas e holofotes, devem ter uma eficácia de no mínimo “*70 lamp lumens/circuit Watt*” quando o IRC é maior ou igual a 60 e se for menor que 60 uma eficácia de “*80 lamp lumens/ circuit Watt*”.
- Equipamentos de iluminação externa para sinalização e luz de balizamento no piso devem ter uma eficácia de pelo menos 60 lumens/

Watt quando a potência é maior ou igual á 25W ou 50 lumens/Watt quando a potência é menor que 25W.

- As luminárias externas devem ter sensor de luz ou programação para que apague durante o dia, porém também é aceitável que haja um sistema manual de acendimento.

O guia ainda traz para recomendações para uma iluminação eficiente dentro dos elevadores onde se a eficácia for maior que 55 lumens/ Watt a iluminação deve ser desligada caso fique ociosa por um determinado período.

Na certificação BREEAM assim como no LEED, é importante a redução da poluição luminosa noturna assim como o consumo de energia do mesmo. Com exceção da iluminação destinada à segurança a iluminação externa pode ser desligado automaticamente das 23:00h às 07:00h. Para iluminação de segurança que será utilizada nesse horário, poderá ter dispositivos que reduzam o nível de iluminação dos mesmos permanecendo no limite do nível mínimo permitido.

3.3.2. CIBSE – Code for Lighting

O Código para Iluminação do CIBSE é publicado desde 1936 e segue normas internacionais como o CIE (ver Anexo XX) e abrange vários aspectos da iluminação desde o nível de iluminância adequado até o limite de ofuscamento. No Anexo XII temos as principais recomendações em relação à iluminação artificial. Abaixo seguem exemplos que serão utilizados na dissertação, e estão separadas por tipo e locais de uso.

Edifícios escolares

Ambientes	Iluminância mantida (lux)	Índice limite de ofuscamento unificado	Índice de reprodução de cor mínimo (R_a)
Salas de aula	300	19	80
Salas de aula para período noturno e educação para adultos	500	19	80
Laboratórios	500	19	80
Sala de computação	300	19	80
Circulação, corredores	100	25	80
Sala de professores	300	19	80

Fonte: CIBSE – Code for lighting

Escritórios

Ambientes	Iluminância mantida (lux)	Índice limite de ofuscamento unificado	Índice de reprodução de cor mínimo (R_a)
Arquivamento, cópia, etc.	300	19	80
Escrever, digitar, ler, processar dados	500	19	80
Desenho técnico	750	16	80
Estações de CAD	500	19	80
Conferência e sala de reunião	500	19	80
Recepção	300	22	80
Arquivos	200	25	80

Fonte: CIBSE – Code for lighting

Além disso, o código explica o passo a passo para fazer um bom projeto de iluminação.

3.4. França

3.4.1. Certificação HQE

A Associação HQE foi criada em 1996 e é quem emite o selo verde de edificações na França. Os guias para obtenção da certificação estão disponíveis na internet e serão levados em consideração para esse trabalho: Escritório/ Educação 2008 e Reforma de escritório / educação 2010.

Para o edifício ter o certificado HQE deve cumprir os seguintes requisitos que variam de acordo com o desempenho (*Niveau BASE*, *Niveau PERFORMANT* e *Niveau TRES PERFORMANT*):

- Localização e construção: que leva em consideração a relação da construção com seu entorno no que diz respeito à iluminação artificial externa.
- Gestão: que leva em consideração a gestão de energia, e a manutenção e sustentabilidade do desempenho ambiental em relação à iluminação artificial.
- Conforto: que leva em consideração o conforto visual em relação à iluminação artificial.
- Saúde: que considera a qualidade sanitária dos espaços, a qualidade sanitária do ar e da água.

3.4.1.1. HQE – Guide Pratique du referentiela pour la qualite environnementale des bâtiments – Bureau / Enseignement 2008

Da relação da construção com o entorno, o guia traz preocupações em relação à iluminação exterior de um projeto que visa segurança e conforto para os usuários. Recomenda-se que sejam iluminadas as áreas de circulação externa

ligadas ao estacionamento, às saídas dos edifícios, as áreas estocagem de resíduos de uso e operação e áreas onde a iluminação natural é insuficiente.

Há preocupação ainda com o incômodo visual causada pela própria iluminação interna do edifício ou pelos displays ou sinalização do mesmo.

No item que se refere à gestão de energia, o HQE faz referência para redução de energia (incluso pela iluminação artificial) e pede que se minimize o uso da iluminação artificial nas áreas externas, estacionamentos, etc. conforme norma RT 2005 e sugere que se usem LEDs para reduzir assim o consumo de energia.

Ainda com relação à gestão de energia, o edifício que reduzir o consumo de energia primária, incluso iluminação, ganhará pontos adicionais onde o consumo é medidos em $\text{KWh/ano.m}^2_{\text{área útil}}$ (Cep: Coeficiente de consumo de energia primária).

Está presente no regulamento, a importância do monitoramento do consumo e desempenho de energia ligados à iluminação artificial e a facilidade de manutenção dos equipamentos utilizados e instalados.

No que diz respeito ao conforto visual, o guia faz referência ao nível de iluminação artificial no plano de trabalho que deve obedecer à norma NF EN 12464. O nível de iluminação deve também ser uniforme e a luz deve ter uma boa reprodução de cor de acordo com a tarefa realizada, e uma boa qualidade de luz emitida (temperatura de cor adequada). Deve-se ainda, evitar o ofuscamento e os usuários devem ter o controle visual da iluminação individual.

O guia traz como nível ideal de iluminação o valor abaixo:

- Escritórios e salas de aula (educação primária e secundária): 300 lux
- Salas de aula (para educação de adultos e aula noturna): 500 lux

Apesar da norma NF EN 12464 pedir para escritórios o valor de 500 lux, os profissionais que elaboraram este guia sugerem que o valor de 300 lux é suficiente para realizar a tarefa (Ver Anexo XIII – item 10.2.1).

3.4.1.2. *Guide Pratique du Referentiel pour la Qualite Environnementale des Bâtiments em Renovation – Bureau / Enseignement 2010*

Com relação do edifício e seu entorno, assim como no guia para se obter a certificação, há uma preocupação na questão da iluminação exterior com o conforto e segurança do usuário em áreas de circulação principal do edifício para os estacionamentos e saída até a via. O guia também pede para redução da poluição visual noturna do edifício e de displays.

Em gestão de energia, assim como nos outros referencias, o edifício deve reduzir o consumo de energia primária em relação à iluminação interna e externa. Deve também prever divisão de circuitos, zonas de sensor de presença, etc., enfim deve haver um monitoramento e controle da iluminação artificial.

No item conforto visual, assim como nos guias referenciais anteriores do HQE, o guia faz referência ao nível de iluminação artificial no plano de trabalho que deve obedecer à norma NF EN 12464, deve ser uniforme e a luz deve ter uma boa reprodução de cor de acordo com a tarefa realizada e uma boa qualidade de luz emitida (temperatura de cor adequada). Deve-se ainda, evitar o ofuscamento e os usuários devem ter o controle visual da iluminação individual. Ver Anexo XIV para maiores detalhes.

3.4.2. NF EN 12464

A norma NF EN 12464 de 2002 é uma norma europeia que segue basicamente a norma CIE 8995 e leva em consideração o nível de iluminação mínimo na área de trabalho, a uniformidade da luz, a preocupação com o ofuscamento, a aparência de cor e a reprodução de cor da luz emitida.

No Anexo XV temos as tabelas com o nível de iluminância, e abaixo segue uma tabela com os principais valores que serão utilizados:

Escritórios

Ambientes	Iluminância mantida (lux)	Índice limite de ofuscamento unificado	Índice de reprodução de cor mínimo (R _a)
Arquivamento, cópia, etc.	300	19	80
Escrever, digitar, ler, processar dados	500	19	80
Desenho técnico	750	16	80
Estações de CAD	500	19	80
Conferência e sala de reunião	500	19	80
Recepção	300	22	80
Arquivos	200	25	80

Fonte: NF EN 12464/2002

Edifícios escolares

Ambientes	Iluminância mantida (lux)	Índice limite de ofuscamento unificado	Índice de reprodução de cor mínimo (R _a)
Salas de aula	300	19	80
Salas de aula para período noturno e educação para adultos	500	19	80
Laboratórios	500	19	80
Sala de computação	300	19	80
Circulação, corredores	100	25	80
Sala de professores	300	19	80

Fonte: NF EN 12464/2002

3.5. Japão

3.5.1. Certificação CASBEE 2008

A certificação CASBEE teve início em 2002 e é promovido pelo *Japan Sustainable Building Consortium*.

Os manuais estão disponíveis na internet mediante cadastro e são gratuitos. Será estudado nesse trabalho somente o *New Construction 2008*.

Para obtenção do certificado o edifício deve cumprir requisitos em relação à qualidade ambiental da construção e da redução de carga ambiental do edifício. Dividindo a pontuação do primeiro pelo segundo obtemos a classificação do edifício em *Excellent, Very Good, Good, Fairly Poor* e *Poor*.

Entre as novas construções alguns requisitos não são aplicados à todos os edifícios. Os requisitos estão assinalados por tipo de edifícios que serão obrigatórios ou que são aplicáveis. Os edifícios estão divididos nas seguintes categorias: escritórios, escolas, varejo, restaurantes, halls, hospitais, hotéis, apartamentos e fábricas. O trabalho entrará apenas no que diz respeito à escritórios e escolas.

No Anexo XVI, temos os quesitos que estão relacionados à iluminação artificial e serão comentados abaixo.

No quesito Qualidade ambiental da construção (Q), em Ambiente Interno (Q1): que leva em consideração o conforto luminoso, onde se deve tomar o cuidado com o ofuscamento das luminárias obedecendo ao *Technical Guideline for Office Illumination* JIEC-001. Esse cuidado deve ser tomado em escritórios.

O manual traz também algumas referências que devem ser seguidas em relação ao nível de iluminação na área de trabalho. Para salas de exame e escritórios o guia considera com sendo um nível ideal até 500 lux, para salas de espera até 150 lux e para escolas até 400 lux. Os níveis considerados anteriormente foram baseados no *Lighting of Indoor Work Places* JIES-008, 1999. O nível de iluminação também deverá ser uniforme e deve haver um controle individual da luz artificial para alguns casos.

No quesito Redução da carga ambiental do edifício (L), em Energia (LR1), considera a eficiência dos sistemas de serviço do edifício obtido através da escolha dos sistemas de iluminação mais eficientes, divisão de circuitos e métodos que evitem o desperdício de energia como sensores de presença, sensor de luz natural, ajuste de iluminação individual, etc.. E o monitoramento do consumo de energia em relação à iluminação artificial também é levado em consideração.

No item Ambiente externo (LR3), assim como o BREEAM, o LEED e o HQE a certificação japonesa faz referência à redução da poluição luminosa conforme diretrizes locais, eficiência dos equipamentos utilizados, ofuscamento do edifício iluminado e seu impacto no meio ambiente e os impactos dos outdoors luminosos.

3.6. África do Sul

3.6.1. Certificação Green Star SA 2011

A certificação GREEN STAR SA foi baseada no GREEN STAR da Austrália e foi desenvolvido por um grupo técnico voluntário. O primeiro guia publicado oficialmente foi em 2008 para escritórios. A certificação é dada pelo *Green Building Concil of South Africa*.

Na África do Sul estão disponíveis os guias para certificação de escritórios, centros comerciais e uma versão piloto para unidades residenciais. Para estudo neste trabalho, serão levados em conta apenas o guia para escritórios.

A certificação é dada dependendo da somatória do número de pontos obtidos em cada categoria e há 3 classificações: *Best Practice*, *South African Excellence* e *World Leadership*. As categorias relacionadas com iluminação artificial são as seguintes:

- Qualidade ambiental interna (*Indoor environment quality*): que levam em consideração os níveis de iluminação artificial.
- Energia (*Energy*): que considera a densidade de potência de iluminação.
- Emissão (Emission): que considera a redução da poluição luminosa.

Para iluminação artificial, o manual recomenda, por exemplo, o nível de iluminação média mantida de 400 lux para área de trabalho em escritórios de acordo com as boas práticas internacionais segundo o *Green Building Concil* da África do Sul (GBCSA) em resposta ao guia piloto de 2008 (Ver Anexo XVII). Porém, segundo

a norma SANS 0114-1 – *Interior lighting* – part 1: *Artificial lighting of interiors*, a norma exige que se tenha o nível de 500 lux para a mesma área de trabalho.

Por outro lado, para certificação do edifício, a densidade de potência em iluminação artificial sugere que o valor seja de 12W/m^2 conforme tabela contida no guia referente à energia. (Ver Anexo XVII).

Ainda no quesito para economia de energia, a ferramenta de avaliação concede pontos para os seguintes valores para consumo de energia, considerando o fator de manutenção de 0,80:

- 1 ponto para o uso de energia de $3,0\text{W/m}^2$ por 100lux;
- 2 pontos para o uso de energia de $2,5\text{W/m}^2$ por 100 lux;
- 3 pontos para o uso de energia de $2,0\text{W/m}^2$ por 100lux;
- 4 pontos para o uso de energia de $1,5\text{W/m}^2$ por 100lux.

Ainda é levado em consideração o controle de iluminação por circuitos e controle individual.

Em relação à poluição luminosa do edifício, a certificação leva em consideração o edifício cuja fachada não produza luminosidade acima de 10 candelas/ m^2 , e que 95% dos espaços externos obedeçam aos requisitos da CIBSE LG06 (*Lighting Guide – the Outdoor Environment*) em relação aos níveis de iluminância.

3.7. Hong Kong

3.7.1. Certificação HKBEAM

A certificação HKBEAM teve início em 1996 e é de iniciativa privado do *The Real Estate Developers Association of Hong Kong*.

Estão disponíveis na versão em inglês os guias referentes à *New Buildings* (novas construções) e *Existing Buildings* (construções existentes). Ambos serão levados em consideração para esse trabalho e foram atualizados em 2010.

Para obtenção do certificado o edifício deve somar pontos cumprindo os seguintes requisitos em iluminação artificial:

- Aspectos do terreno: redução da poluição luminosa noturna
- Uso da energia: onde é levado em consideração o sistema de iluminação dos estacionamentos
- Qualidade ambiental interna: que considera a qualidade da iluminação artificial

3.7.1.1. HKBEAM New Buildings 2010

A certificação pontua em casos de redução da poluição luminosa noturna e caso não haja quantidade de luz desnecessária. Para isso deve seguir o guia CIBSE Factfile conforme a tabela presente no guia no Anexo XVIII.

Para economia de energia, a certificação leva em consideração o uso de equipamentos eficientes nos estacionamentos. Nas áreas internas do edifício, são consideradas a qualidade e a quantidade da iluminação artificial, se é atendido o nível de iluminação do ambiente de acordo com a tarefa a ser realizada, se a UGR está dentro dos valores limite, se a temperatura de cor da lâmpada utilizada está adequada para a tarefa, e ainda um ponto extra é dado se há o controle do sistema de iluminação artificial com sensores de presença e sensores de iluminação natural.

Os valores a serem seguidos são de acordo com o código CIBSE Lighting Guide como na certificação BREEAM, como pode ser visto no Anexo XI. Para áreas que não são de ocupação contínua, pode-se seguir o guia da IESNA.

No Apêndice do guia, ainda há referência para a eficiência energética do edifício, no entanto deve ser considerado somente em casos em que não haja

prejuízo nas condições de qualidade e quantidade de iluminação artificial. Podemos ver no Anexo XVIII a tabela 8.4. que mostram esses valores.

3.7.1.2. *HKBEAM Existing Buidings 2010*

Como podemos ver no Anexo XIX, em relação à iluminação artificial, o guia traz as mesmas recomendações/ exigências para novas construções, exceto no Apêndice onde não faz referência à densidade de potência em relação à iluminação artificial.

3.8. Conclusões

Com o levantamento das certificações, normas e regulamentos dos Estados Unidos, Brasil, Reino Unido, França, Japão, África do Sul e Hong Kong, percebemos que em alguns países, com relação à iluminação artificial, a importância da economia de energia é mais importante que a qualidade do projeto de iluminação.

Na certificação LEED tanto nos Estados Unidos quanto no Brasil e no Green Stars da África do Sul o mais importante é a eficiência energética dos sistemas de iluminação versus a área, medida pela densidade de potência em W/m^2 . Enquanto que nas outras certificações, está claro que a qualidade da luz no projeto tem mais importância.

Nas certificações AQUA, BREEAM, HQE, CASBEE e HKBEAM em termos de iluminação artificial fazem sempre referência às normas de iluminação interior dos seus países referentes ao nível de iluminação, além de fazerem referência às características voltadas à qualidade da luz como temperatura de cor da lâmpada, índice de reprodução de cor da lâmpada, uniformidade no nível de iluminação.

Por se tratarem de certificações sustentáveis fazem referência à eficiência energética do sistema luminárias, lâmpadas e equipamentos auxiliares, mas é claro que em primeiro plano vem a qualidade de projeto em termos de iluminação artificial.

Pelo levantamento das normas vigentes nos países em geral em relação à iluminação artificial, a grande maioria é baseada na norma internacional CIE 8995 como podemos ver nos valores de nível de iluminação comparando, por exemplo, a CIE 8995, com a CISBE e a NF EN 12464. Praticamente os valores e as recomendações são as mesmas.

Outro ponto importante do levantamento é em relação à regulamentação do PROCEL Edifica no Brasil, onde procura avaliar a eficiência energética do sistema com os níveis de iluminação vigentes na norma NBR 5413. No entanto, o que se a regulamentação tem mostrado é que ainda no país é difícil obter a classificação máxima.

Em relação aos níveis de iluminação das normas, guias dos diferentes países, pelo estudo realizado pela arquiteta Claudia N. D. Amorim em comparação aos níveis, 34% dos valores da CIE são maiores que os da NBR 5413, 34% são menores e 32% são equivalentes. Essa diferença de níveis é um ponto interessante a ser estudado, pois quanto menor o valor, mais fácil seria obter a certificação em casos onde a densidade de potência é mais importante. No caso do Brasil para a certificação LEED e da regulamentação de etiquetagem do selo PROCEL Edifica.

Com os dados do levantamento desse trabalho, é possível analisar as certificações e regulamentações referentes à iluminação artificial verificando se no Brasil são aplicadas adequadamente.

4. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Após o levantamento dos indicadores das certificações e selos de sustentabilidade mais atuantes do mundo, foi realizado um levantamento dos principais sistemas de iluminação do mundo, com ênfase no Brasil e nos sistemas que são utilizados em projetos para obtenção das certificações/selos de sustentabilidade.

Considerou-se como sistema de iluminação o conjunto luminária, lâmpada e quando necessário um equipamento auxiliar.

O levantamento tem como objetivo comparar os sistemas de iluminação disponíveis no exterior e no Brasil, para posteriormente analisar se a tecnologia disponível no país consegue atender os principais indicadores referentes à iluminação artificial das certificações de sustentabilidades mais atuantes no país.

4.1. Luminárias

As luminárias são equipamentos que servem para controlar e distribuir a luz proveniente da lâmpada. Uma luminária eficiente é aquela que otimiza o desempenho do conjunto lâmpada e equipamento auxiliar e é medida através da relação entre a luz emitida pela luminária e a luz emitida pela lâmpada.

Uma luminária é formada basicamente por corpo, porta-lâmpada e dispositivos para modificar a distribuição espacial da luz como refletores, aletas, difusor, refrator e *louver*.

- **Corpo da luminária:** é a estrutura básica da luminária que pode ser composta de diversos materiais adequados de acordo com sua utilização e que proporcionem segurança aos usuários e onde ela será instalada.

- **Porta-lâmpada ou receptáculo para fonte luminosa:** é um elemento de fixação que funciona como contato elétrico entre o circuito de alimentação e a lâmpada.
- **Refletores:** servem para modificar a distribuição do fluxo luminoso de uma fonte através da reflexão da luz. Os refletores podem ser parabólicos, elipsoidais, esféricos ou hiperbólicos. Podem ser também calandrados ou multifacetados, e geralmente são feitos de alumínio ou chapa de aço pintada.
- **Refratores:** servem para modificar a distribuição do fluxo luminoso de uma fonte através da refração da luz. Em muitas luminárias os refratores são utilizados com a finalidade de vedar a luminária protegendo a parte interna contra poeira, chuva, impactos, etc.
- **Aletas:** possibilitam o controle de ofuscamento causado pela fonte luminosa. Podem ser parabólicas ou planas e são feitas em alumínio ou em chapa de aço pintada.
- **Difusores:** são elementos translúcidos, foscos ou leitosos que são colocadas nas luminárias a fim de reduzir a luminosidade e o ofuscamento da fonte de luz, e podem também ser utilizada para aumentar a abertura de fecho de uma luminária. São feitas geralmente de vidro fosco, acrílico ou policarbonato.
- **Louvers:** são elementos semelhantes a uma grelha e possibilitam assim com as aletas, controlar o ofuscamento causado pela fonte luminosa. Esses elementos impedem a visão direta das lâmpadas sob determinados ângulos.

As luminárias podem ser classificadas de acordo com a *Comission Internationale de L'Eclairage* (CIE) conforma a porcentagem de luz emitida para cima e para baixo tomando com base um plano horizontal de referência. A seguir segue uma tabela para melhor compreensão dessa classificação:

Tabela 3: Classificação de luminárias em relação ao fluxo luminoso

Classificação da luminária	Fluxo luminoso em relação ao plano horizontal (%)		
	Para o teto	Para o plano de trabalho	Figura ⁸
Direta	0-10%	90-100%	
Semi-indireta	10-40%	60-90%	
Indireta	90-100%	0-10%	
Semi-indireta	60-90%	10-40%	
Difusa	40-60%	40-60%	
Direta-Indireta	40-60%	40-60%	

Fonte: Autora

A CIE também classifica as luminárias de acordo com seu grau de proteção representado pelas letras IP (*Ingress Protection*) seguidos de dois números. O primeiro representa a proteção contra penetração de poeira e objetos sólidos e o segundo número indica o grau de proteção contra penetração de água. A seguir temos a Tabela 4 e Tabela 5 com os valores do IP:

⁸ Figura tirada do catálogo geral de produtos Itaim Iluminação 2008 – página 23

Tabela 4: Classificação de luminárias de acordo com o grau de proteção contra sólidos

1º algarismo	Descrição
0	Sem proteção
1	Proteção contra objetos sólidos maiores de 50mm
2	Proteção contra objetos sólidos maiores de 12mm
3	Proteção contra objetos sólidos maiores de 2,5mm
4	Proteção contra objetos sólidos maiores de 1,0mm
5	Proteção contra poeira
6	Hermética contra poeira

Fonte: Catálogo Itaim Iluminação 2008

Tabela 5: Classificação de luminárias de acordo com o grau de proteção contra umidade

2º algarismo	Descrição
0	Sem proteção
1	Proteção contra gotas de água
2	Proteção contra gotas de água, inclinação 15º
3	Proteção contra água pulverizada até 60º
4	Proteção contra água pulverizada em qualquer direção
5	Proteção contra jatos de água (Bico: 6,3mm / Pressão: 30Kpa)
6	Proteção contra jatos de água (Bico: 12,5mm / Pressão: 100Kpa)
7	Proteção contra efeitos de imersão até 1m
8	Proteção contra submersão

Fonte: Catálogo Itaim Iluminação 2008

Segundo Nelson Solano⁹, podemos considerar a classificação das luminárias quanto à distribuição e o efeito da luz no ambiente. Esta classificação é conhecida como Sistema principal divididas em iluminação geral, localizada e de tarefa; e Sistema secundário que é dividido em luz de destaque, de efeito, decorativa, modulação de intensidade e luz arquitetônica.

- **Iluminação geral:** onde as luminárias estão distribuídas regularmente pelo teto e a iluminação produzida no plano horizontal é homogênea.

⁹ Manual Osram, Iluminação: Conceitos e projetos. Impresso em 22/12/2006. Página 10

- **Iluminação localizada:** onde as luminárias estão concentradas somente em locais onde se tenha interesse em iluminar onde a iluminação produzida no plano de trabalho é maior que das outras áreas.
- **Iluminação de tarefa:** onde as luminárias estão perto da tarefa visual e do plano de trabalho em uma área mais concentrada e pequena.
- **Iluminação de destaque:** onde as luminárias dão ênfase em objetos arquitetônicos. A quantidade de luz é de 3,5 a 10 vezes maior para que realmente se tenha essa diferença da quantidade de luz.
- **Iluminação de efeito:** é quando se quer utilizar a luz como sendo o destaque, como por exemplo: contraste de luz e sombra, jogos de fechos de luz, etc.
- **Iluminação decorativa:** é quando o objeto a ser destacado é a própria luminária, como por exemplo, lustres antigos.
- **Modulação de intensidade (dimerização):** é um dispositivo onde podemos reduzir ou aumentar a intensidade da luz de uma ou um conjunto de luminárias.
- **Luz arquitetônica:** é quando um elemento arquitetônico serve de suporte à luz, como por exemplo: sancas, corrimãos, cornijas, etc.

Outro parâmetro que é levado em conta em normas européias é o índice de ofuscamento unificado – *Unified Glare Rating* (UGR) que a CIE define como o nível de desconforto por ofuscamento. O valor que será utilizado para projeto será o *Limiting Unified Glare Rating* (UGR_L) que é o valor máximo permitido para o nível de ofuscamento em projeto.

Para encontrar o UGR de uma luminária aplicamos a seguinte fórmula:

$$UGR = 8 \log \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{\rho^2} \right), \text{ onde}$$

L_b = luminância de fundo (cd/m^2)

L = luminância da parte luminosa de cada luminária na direção do olho do observador (cd/m^2)

ω = ângulo sólido da parte luminosa de cada luminária junto ao olho do observador (esterradiano)

ρ = índice de posição Guth de cada luminária individualmente relacionado ao seu deslocamento a partir da linha de visão

Em geral a UGR deverá ser fornecida pelo fabricante de luminárias ou é obtida através de *softwares* de cálculos luminotécnicos. Segue abaixo um exemplo de como ela é fornecida em forma de tabela:

Tabela 6: Exemplo de avaliação de ofuscamento (UGR)

Glare Evaluation According to UGR											
ρ Ceiling		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Walls		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Floor		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Room Size X Y		Viewing direction at right angles to lamp axis					Viewing direction parallel to lamp axis				
2H	2H	13.4	14.5	13.7	14.7	14.9	18.3	19.4	18.6	19.6	19.9
	3H	13.9	14.8	14.2	15.1	15.3	19.2	20.2	19.5	20.4	20.7
	4H	14.0	14.9	14.3	15.2	15.5	19.6	20.5	19.9	20.8	21.0
	6H	14.0	14.9	14.4	15.2	15.5	19.9	20.7	20.2	21.0	21.3
	8H	14.0	14.8	14.3	15.1	15.4	20.0	20.8	20.3	21.1	21.4
	12H	14.0	14.7	14.3	15.0	15.4	20.0	20.8	20.4	21.1	21.5
4H	2H	14.5	15.4	14.9	15.7	16.0	18.5	19.4	18.8	19.7	19.9
	3H	15.5	16.3	15.9	16.6	17.0	19.6	20.4	20.0	20.7	21.0
	4H	15.9	16.6	16.3	16.9	17.3	20.1	20.8	20.5	21.1	21.5
	6H	16.0	16.6	16.4	17.0	17.4	20.6	21.1	21.0	21.5	21.9
	8H	16.0	16.6	16.5	16.9	17.4	20.7	21.2	21.1	21.6	22.0
	12H	16.0	16.5	16.4	16.9	17.3	20.8	21.3	21.3	21.7	22.1
8H	4H	16.6	17.1	17.0	17.5	17.9	20.2	20.8	20.7	21.2	21.6
	6H	16.9	17.4	17.4	17.8	18.2	20.8	21.2	21.3	21.7	22.1
	8H	17.0	17.4	17.5	17.8	18.3	21.0	21.4	21.5	21.8	22.3
	12H	17.0	17.3	17.5	17.8	18.3	21.2	21.5	21.7	22.0	22.5
12H	4H	16.6	17.1	17.1	17.5	17.9	20.2	20.7	20.7	21.1	21.5
	6H	17.1	17.5	17.6	17.9	18.4	20.8	21.2	21.3	21.6	22.1
	8H	17.2	17.6	17.7	18.0	18.5	21.1	21.4	21.6	21.9	22.4
Variation of the observer position for the luminaire distances S											
S = 1.0H S = 1.5H S = 2.0H		+1.2 / -2.1 +2.4 / -3.7 +3.9 / -4.3					+0.4 / -0.5 +1.1 / -1.3 +1.4 / -1.8				
Standard table		BK02					BK03				
Correction Summand		-7.7					-6.2				
Corrected Glare Indices referring to 9600lm Total Luminous Flux											

Fonte: Tabela gerada pelo programa Dialux 4.10/2012 - autora

Para encontrar o valor da UGR, devemos a partir do comprimento, largura e a distância do ponto do observador até a luminária fazer os seguintes cálculos:

- Dividir comprimento pela distância do ponto a ser calculado = XH
- Dividir largura pela distância do ponto a ser calculado = YH

A partir desses 2 valores, cruzados com as refletâncias do ambiente, encontramos o valor da UGR, que deve ser calculado para cada sistema de iluminação presente no ambiente. O valor base será o maior valor encontrado.

Outra informação que serão utilizadas para a simulação são os dados fotométricos das luminárias. Elas são importantes para os cálculos luminotécnicos para encontrar a quantidade de peças para determinado nível de iluminação requerido no ambiente. Esses dados fotométricos estão contidos nos arquivos IES que são arquivos que contém informações sobre a distribuição da intensidade de uma fonte de luz e são utilizados diretamente em programas de cálculo luminotécnico e fornecidos pelo fabricante.

Os dados fotométricos são: curva de distribuição luminosa, rendimento da luminária, tabela de fator de utilização, diagrama de luminância e curvas de limitação de ofuscamento.

4.1.1. Tipo de luminárias

4.1.1.1. *Luminárias com refletor pintadas na cor branca*

São luminárias de alto rendimento e sem controle de ofuscamento. Devido ao fato de ser pintada na cor branca, segundo Juliana Iwashita¹⁰ em sua dissertação, apresentam curvas de distribuição mais abertas no sentido transversal, pois a luz difunde nesse sentido quando o refletor é branco. A seguir um exemplo de curva de distribuição luminosa com esse tipo de refletor:

---

¹⁰ IWASHITA, Juliana. Eficiência energética em sistemas de iluminação de interiores: análise de luminárias comerciais. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004. P.34

Figura 2: Curva de distribuição luminosa com refletor pintado na cor branca – luminária nacional

Por tratar-se de luminárias mais simples, utilizadas na maioria das vezes em ambientes mais simples como garagens, depósitos, circulações, etc., não foram encontradas curvas de distribuição luminosa de luminárias do mercado internacional.

Nas simulações, esse tipo de luminária não será utilizado, pois apesar de ter um alto rendimento, não oferece ao usuário conforto visual para as áreas de trabalho analisadas.

4.1.1.2. Luminárias com refletor de alumínio

São luminárias que apresentam curvas de distribuição luminosa e rendimento muito distintas devido ao próprio desenho do refletor. Apesar de direcionarem melhor o fluxo luminoso, na maioria dos casos não possui um bom controle de ofuscamento. Segue abaixo alguns exemplos de curva de distribuição luminosa com esse tipo de refletor:

Figura 3: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio – luminária nacional tipo 1

Figura 4: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio – fecho assimétrico – luminária nacional

Figura 5: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio – luminária nacional tipo 2

Figura 6: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio – luminária importada tipo 1

Figura 7: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio – luminária importada tipo 2

Como podemos observar nas curvas de distribuição luminosa acima, o desenho do refletor direciona o fluxo luminoso da lâmpada. A figura 4 mostra que o fluxo luminoso é assimétrico, ou seja, a maior parte da luz é direcionada para um dos lados da luminária.

Para os exemplos selecionados, as figuras 5, 6 e 7 são curvas de distribuição luminosa de luminárias com características semelhantes utilizando o mesmo tipo de lâmpada. Observamos pelas curvas de distribuição luminosa, que o desenho do refletor da luminária da figura 5 tem um controle de ofuscamento pior que o da luminária da figura 6.

As luminárias com curva de distribuição luminosa da figura 6 e 7 são do mesmo fabricante, e dependendo do efeito de luz definido pelo projetista ou da necessidade de troca de efeito de luz, o fabricante permite que apenas com a troca do refletor se obtenha o efeito desejado, sem a necessidade de troca da luminária por completo. Isso não ocorre com as luminárias nacionais.

4.1.1.3. Luminárias com refletor de alumínio e aletas planas ou parabólicas

As luminárias com refletor de alumínio e aletas são luminárias com controle de ofuscamento. As aletas planas possuem o controle de ofuscamento apenas no sentido longitudinal, enquanto as aletas parabólicas permitem o controle de ofuscamento tanto no sentido longitudinal quanto no transversal. A seguir, temos exemplos de curva luminosa desse tipo de luminárias.

Figura 8: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio e aletas planas – luminária nacional

Figura 9: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio e aletas planas – luminária importada

Figura 10: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio e aletas parabólicas – luminária nacional

Figura 11: Curva de distribuição luminosa com refletor de alumínio e aletas parabólicas – luminária importada

Comparando as curvas de distribuição luminosa das luminárias importadas e nacionais, não há diferença nas curvas das luminárias de aletas planas (figura 8 e 9), no entanto a eficiência da luminária importada é maior que a luminária nacional. Isso significa que a qualidade do alumínio utilizado na luminária importada é melhor que a nacional.

Nas curvas de distribuição das luminárias de aletas parabólicas (figura 10 e 11), observamos que a eficiência da luminária importada também é maior que a nacional, e observamos que no sentido longitudinal da luminária nacional o ofuscamento é maior que da luminária importada, ultrapassando 45°.

Observamos pelas figuras 8 e 10, que a intensidade luminosa de uma luminária com aletas parabólicas é maior que uma com aletas planas.

4.1.1.4. Luminárias com difusor translúcido ou leitoso

As luminárias com difusor apresentam curvas de distribuição luminosa homogênea no sentido transversal e longitudinal, pois o mesmo tem a função de espalhar a luz de maneira homogênea. Seguem curvas de distribuição luminosa com difusores.

Figura 12: Curva de distribuição luminosa com difusor – luminária nacional

Figura 13: Curva de distribuição luminosa com difusor – luminária importada

Novamente percebemos que a intensidade luminosa da luminária importada é maior que a luminária nacional. Isto pode ocorrer devido à qualidade do refletor e/ou do material do difusor.

4.1.1.5. Luminárias com LED

Figura 14: Curva de distribuição luminosa com LED 15W – luminária nacional

Figura 15: Curva de distribuição luminosa com LED 14W – luminária importada

Para análise foram escolhidas duas luminárias com características semelhantes e mesma potência. Observando as figuras 14 e 15 percebemos que a luminária importada tem um maior controle de ofuscamento e uma maior intensidade luminosa. Neste caso, o desenho do refletor influencia no comportamento de luz do LED.

No caso de luminárias que utilizam o LED deve-se atentar para a questão da qualidade do LED, como a temperatura de cor e o IRC e se o fabricante utiliza o *binning* para manter essa qualidade.

4.1.2. Luminárias no Brasil

Para projetos de certificação no Brasil, os principais lighting designers do país especificam em 80% dos projetos, luminárias de 2 de fabricantes que possuem as melhores luminárias no quesito eficiência, e que fornecem dados para cálculo em seus projetos. Até onde se tem conhecimento, as luminárias mais utilizadas são as da Itaim Iluminação e Lumini, ambas com fábrica em São Paulo.

Serão citados mais outros três fabricantes que possuem luminárias que poderiam ser utilizadas nos projetos de certificações, mas na maioria dos casos acabam não sendo viáveis devido ao seu alto custo por serem importadas. No entanto, os lighting designers especificam em menor quantidade e apenas alguns tipos de luminárias são utilizadas. São as luminárias da Philips, da Erco e da Zumtobel.

ITAIM ILUMINAÇÃO

A fábrica Itaim Iluminação teve início em 1965 e desde então vem desenvolvendo luminárias principalmente para obras corporativas. É a única nesse ramo que é certificada pela ISO 9001 – Sistema de Gestão de Qualidade, ISO 14001 – Sistema de Gestão Ambiental, OHSAS 18001 – Sistema de Segurança e Saúde Ocupacional e recentemente duas de suas luminárias foram certificadas pela ABNT, mostrando sua preocupação com qualidade e desempenho dos seus produtos e no seu processo de produção.

Seus produtos são divididos por categorias e tipo de instalação: interno de embutir, sobrepor, pendentes, industriais, específicas, arandelas, balizadores, projetores e trilhos; externo de embutir de piso, projetores, balizadores, arandelas e postes.

No seu catálogo e site, encontramos a descrição da luminária, do que é feito, quais os componentes, tipo e quantidade de lâmpadas, forma de instalação (se é de embutir, sobrepor, pendente, no teto, na parede, etc.), grau de proteção, dimensões da peça e caso seja de embutir fornece dimensões do nicho, rendimento da luminária, fator de utilização para cálculos, curva de distribuição luminosa, diagrama de iluminância, foto e croqui da peça, além de sugestões para aplicação da peça.

Há também um programa próprio da empresa para cálculos luminotécnicos, onde fornecendo os dados da sala (comprimento, largura e altura), nível de iluminação necessário e escolhendo a luminária a ser utilizado, o programa traz quantas peças são necessárias para atender o nível para aquele ambiente. Além

disso, traz em separada os arquivos IES utilizados em programas de cálculo luminotécnico.

LUMINI

A Lumini iniciou suas atividades na década de 80. Nessa primeira etapa o objetivo era atender as necessidades de peças que fossem adequadas ao projeto de um *lighting designer*, pois na época o mercado nacional de iluminação não tinha essa preocupação. Hoje em dia é um dos fabricantes que tem uma grande variedade de produtos tanto para obras corporativas como para obras residenciais com luminárias decorativas.

Seus produtos estão divididos em uso interno, estes divididos em embutidos, aplicados, de mesa, sistemas, embutidos no piso, arandelas, pendentes, projetores, luminárias de piso e balizadores; e uso externo divididos em arandelas, balizadores, projetores, postes e projetores de piso.

Nos seus catálogos e site encontramos a descrição da luminária, componentes, materiais utilizados, tipo e quantidade de lâmpadas, medidas da peça e caso seja de embutir medidas do nicho, grau de proteção, forma de instalação, fotos e croquis da peça.

Fornece também a curva de luminância, a curva fotométrica, distribuição de intensidades em cd/1000lm e tabela de fator de utilização, além de alguns arquivos IES para utilização em programas de cálculos.

ERCO

A ERCO foi fundada em 1943, mas somente em 1946 depois da reconstrução do pós-guerra que a marca se tornou uma das maiores e mais conhecidas na Europa. Em 1968, analisando o mercado, Klaus Jürgen Maack verificou mudanças no comportamento dos alemães, onde o público começou a se tornar mais exigente, lançando então o slogan da empresa que vem até os dias de hoje: "*Light not luminaires*" (Luz e não luminárias).

A empresa valoriza os efeitos da luz e não a luminária em si, para isso Maack seguiu cinco princípios em sua estratégia: a luz seria o ponto central da empresa, ao invés de produtos individuais a empresa pensará em sistemas de produtos, os resultados da tecnologia de iluminação devem estar concentrados na fase de desenvolvimento dos produtos, os produtos devem ter uma longevidade de pelo menos dez anos e o trabalho deve ser feito por designers de renome.

Hoje em dia é uma das mais importantes marcas não só da Alemanha – Europa, mas possui pontos de revenda em todo o mundo, inclusive no Brasil. A ERCO propõe que nos projetos feitos com seus produtos, deve-se ter um conforto visual eficiente através da iluminação vertical, qualidade de projeto, tecnologia de iluminação eficaz, inteligência no controle da luz e lâmpadas eficientes.

As luminárias são divididas por famílias de produtos (pelo design da peça) ou pelo efeito de luz que criam e podem ser para áreas internas de trilho, de embutir no teto, de sobrepor, pendentes, de parede (tanto de embutir como sobrepor) e de piso; e para áreas externas projetores, luminárias de fachada, áreas abertas, de embutir no teto, de sobrepor no teto e de embutir no piso. Além dessas linhas, a ERCO também fornece programas para controle da luz.

No site e nos catálogos da ERCO, além de guias com efeitos de luz, há informações como descrição da luminária, materiais do que são feitas as peças, componentes, número e tipo de lâmpadas utilizadas, grau de proteção, medidas das peças, se a peça é de embutir traz também a medida do nicho, forma de instalação além do próprio manual de instalação, fotos e croquis da peça, curva fotométrica, tabela de fator de utilização, tabela de distâncias que devem estar uma das outras e do objeto a ser iluminado para um maior aproveitamento da luz.

Além disso, traz os arquivos IES e eulmdat para uso em programas de cálculos, este último muito utilizado na Europa e modelado em 3D. Traz também desenhos em 3D para programas como Autocad e 3D Max para uso em desenhos de projeto.

PHILIPS

Dos lighting designers consultados, poucos citaram utilizar as luminárias da Philips, e os que especificam utilizam as luminárias em LED, pois estas apresentam grande eficiência, IRC maior que 80, e temperatura de cor de 3000K e 4000K.

ZUMTOBEL

A Zumtobel existe há mais de 50 anos e é uma empresa austríaca, fornecedor internacional de soluções em iluminação em ambientes internos e externos. Seus produtos atendem aos requisitos em termos de ergonomia, eficiência energética e valor estético. Seus produtos atendem o mercado de escritórios, escolas, hotéis, saúde, indústria, entre outros.

Na Europa é um dos maiores concorrentes da empresa ERCO devido à qualidade dos produtos.

A empresa, assim como a ERCO, fornece os arquivos IES e eulumdat para programas de cálculos luminotécnicos.

4.2. Lâmpadas

*“As lâmpadas são fontes luminosas de origem elétrica”*¹¹ e são divididas em dois grandes grupos segundo Rüdiger Ganslandt e Harald Hofmann¹²: lâmpadas radiadores térmicos e lâmpadas de descarga.

Dentro do grupo das lâmpadas radiadores térmicos estão: as lâmpadas incandescentes, halógenas incandescentes e de baixa voltagem. E no grupo das lâmpadas de descarga, as lâmpadas de baixa pressão que são as fluorescentes tubulares e as compactas, e de alta pressão estão as de vapor de mercúrio, metálicos e as de sódio.

---

¹¹ RODRIGUES, Pierre. Manual de Iluminação Eficiente. Procel, 1ª. edição, julho 2002. P. 11

¹² GANSLANDT, R.; HOFMANN, H.. Handbook of Lighting Design, Erco Edition. P. 44

As lâmpadas radiadores térmicos possuem essa terminação porque em seu interior há um filamento metálico que se torna incandescente devido ao aquecimento pela passagem de corrente elétrica, produzindo assim a luz.

Já nas lâmpadas de descarga, a luz é gerada pela passagem de corrente elétrica através da excitação das moléculas de um único gás ou mistura de gases ou ainda de vapores.

4.2.1. Tipos de lâmpadas

4.2.1.1. *Lâmpadas incandescentes*

As lâmpadas incandescentes foram as primeiras lâmpadas a serem comercializadas. Elas possuem um filamento de tungstênio com alta resistência elétrica por onde passa a corrente elétrica e assim produz luz e calor. São do tipo clássico (formato pêra), bolinha, vela e refletora. A refletora possui uma tecnologia mais atual onde a lâmpada é revestida por uma superfície refletora que direciona a luz.

As principais características delas são que não precisa de equipamento auxiliar para seu funcionamento, possuem temperatura de cor de 2700K e IRC 100. Porém, não possuem uma eficácia muito alta, são de curta duração e produzem muito calor.

4.2.1.2. *Lâmpadas halógenas*

As lâmpadas halógenas também têm o mesmo princípio de funcionamento das lâmpadas incandescentes, porém além do filamento de tungstênio trabalham em conjunto com o halogênio. Podem ser ligadas diretamente na rede sem necessidade de equipamento auxiliar que são do tipo halopin ou cápsula, palito e lâmpada com refletor parabólico (conhecido como lâmpada PAR).

Nesse mesmo conjunto de lâmpadas, temos as que trabalham em 12V e necessitam de um transformador, que são de base bipino, com refletor dicróico e as lâmpadas do tipo cápsula ou base bipino que são “envelopadas” em uma superfície refletora de alumínio (conhecidas como lâmpadas AR).

Pela presença do halogênio em sua composição, a durabilidade da lâmpada aumenta em relação à incandescente e a eficácia também é maior, sua temperatura de cor também é de 2700K, possui IRC 100 e seu tamanho é reduzido se comparadas. As lâmpadas que funcionam em baixa tensão duram mais que as de tensão de rede, pois o transformador regula a tensão de rede.

As lâmpadas com refletor dicróico (conhecidas como lâmpadas dicróicas), refletor parabólico (PAR) e com refletor de alumínio (AR) possuem e produzem diferentes feixes de luz. Em geral são utilizadas para luz de destaque de objetos.

4.2.1.3. Lâmpadas fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes são lâmpadas de descarga de baixa pressão, onde a luz é produzida através da ativação do pó fluorescente em seu interior pela energia ultravioleta da descarga. Em geral são divididas em três tipos: fluorescentes compactas integradas, fluorescentes compactas não integradas e fluorescentes tubulares.

As lâmpadas fluorescentes compactas integradas são aquelas em que o equipamento auxiliar (reator) estão integradas na própria lâmpada e podem assim, ser ligadas diretamente na rede. Segundo Paula Freitas¹³, na década de 80 foi criada para substituir a lâmpada incandescente visando a economia de energia. Hoje em dia temos vários formatos inclusive alguns são bem similares ao formato da lâmpada incandescente clássica.

Comparadas às incandescentes, elas são mais eficientes economizando até 80% de energia, possuem longa vida útil (cerca de 5 a 6 vezes maior), baixa

---

¹³ FREITAS, Paula Campos Fadul. Luminotécnica e lâmpadas elétricas. Faculdade de Engenharia elétrica da Universidade Federal de Uberlândia. P. 21

emissão de calor, temperatura de cor entre 2700K a 6500K, IRC por volta de 80-85 (já considerado ótimo) e uma boa eficiência luminosa.

Já as lâmpadas fluorescentes compactas não integradas necessitam de um equipamento auxiliar (no caso um reator). São lâmpadas de tamanho reduzido de longa vida útil (cerca de 8 a 10 vezes maior que uma incandescente), baixa emissão de calor, boa eficiência luminosa, temperatura de cor entre 2700K a 4000K, IRC também entre 80-85. A vantagem dela sobre a fluorescente compacta integrada é que podemos substituir apenas a lâmpada ou o reator, uma vez que a durabilidade do reator é maior que o da lâmpada.

Por fim, temos as fluorescentes tubulares, que necessitam do reator como equipamento auxiliar. Possuem comprimentos variados entre 400mm e 2400mm e cada vez mais o diâmetro dessas lâmpadas são menores, assim como a eficiência luminosa aumenta. As versões mais conhecidas são as T12 (38mm) ou T10 (33mm) com potências de 20W, 40W ou de 110W; T8 (26mm) com potências de 16W e 32W e a mais recente conhecida é a T5 (16mm) com potências de 14W, 28W, 54W e 80W.

Esses tipos de lâmpadas são muito utilizadas em projetos corporativos, pois tem uma elevada eficiência energética, grande durabilidade, grande variedade de IRC desde 60 até 90, temperatura de cor entre 2700K a 6500K, e hoje em dia alguns fabricantes fornecem até 8000K.

4.2.1.4. Lâmpadas de vapor de mercúrio

As lâmpadas de vapor de mercúrio possuem em seu interior vapor de mercúrio à alta pressão e necessitam de um reator para seu acendimento, e demoram cerca de 4 a 5 minutos para atingir seu fluxo máximo. Se for apagada, o mercúrio precisa ser esfriado para que acenda novamente, o que leva cerca de 3 a 10 minutos dependendo da potência da lâmpada.

Sua eficiência luminosa é relativamente alta e possui uma vida útil elevada, porém seu IRC é baixo entre 20 e 45. Sua aparência de cor é mais para um branco-azulado, muito utilizada em vias públicas.

4.2.1.5.   *Lâmpadas de vapor de sódio*

As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão segundo Pierre Rodrigues¹⁴ é a mais eficiente das lâmpadas de descarga de alta pressão. Possuem em seu interior vapor de sódio de alta pressão e necessitam de equipamento auxiliar para seu acendimento (reator e ignitor). Assim como as lâmpadas de vapor de mercúrio demoram a atingir seu fluxo máximo (cerca de 5 a 8 minutos) e quando apagada, também precisam ser resfriadas para que acenda novamente.

Elas são muito utilizadas para substituir as lâmpadas de vapor de mercúrio por causa da sua eficiência luminosa e sua elevada vida útil, porém seu IRC é muito baixo (cerca de 20 a 30) e sua temperatura de cor é mais amarelada por volta de 2000K.

4.2.1.6.   *Lâmpadas de vapor metálico*

As lâmpadas de multivapor metálico possuem em seu interior mercúrio de alta pressão e uma mistura de iodeto metálico. Elas necessitam de equipamento auxiliar para seu acendimento (reator e ignitor) e assim como as outras lâmpadas de descarga de alta pressão, levam um tempo para atingir o fluxo luminoso máximo.

Comparadas às lâmpadas de vapor de sódio e de mercúrio tem um elevado IRC de 65 a 85, e temperatura de cor entre 3000K a 4900K.

---

¹⁴ RODRIGUES, Pierre. Manual de Iluminação Eficiente. Procel, 1ª. edição, julho 2002. P. 16

4.2.2. Lâmpadas no Brasil e no mundo

Nessa parte do trabalho serão descritos os principais tipos de lâmpadas e seus dados mais relevantes para um projeto eficiente. Não será considerada a família das lâmpadas incandescentes, pois países como Austrália, Califórnia e União Européia já foi banido o uso da mesma desde 2009. No Brasil, já esta em andamento um projeto de lei que proibirá a fabricação, venda e uso desse tipo de lâmpada.

Serão tomados como base três principais fabricantes que são marcas conhecidas internacionalmente e produzem lâmpadas aqui no país. Segundo a pesquisa anual realizada pela revista Projeto e Construção são as marcas mais lembradas e utilizadas que somam aproximadamente 62% do mercado de lâmpadas. Para efeito comparativo da eficiência energética de lâmpadas, será considerado apenas o fluxo luminoso das lâmpadas em 220V, pois como podemos observar na figura abaixo, a maior parte do mundo utiliza a voltagem de 220V.

Figura 16: Voltagem no mundo.

Fonte: <http://users.telenet.be/worldstandards/eletriciy.htm>

OSRAM

A Osram é um fabricante alemão e sua história teve início em 1906, chegando ao Brasil apenas em 1922, onde começou a produzir lâmpadas em 1955. Comparando o catálogo internacional com o nacional, observa-se que não são fabricados ou importados para o Brasil alguns tipo de lâmpadas.

Para compararmos a eficiência luminosa das lâmpadas internacionais das nacionais, seguem tabelas divididas por família de lâmpadas que serão utilizadas para as simulações, com dados de eficiência luminosa, fluxo luminoso, potência, temperatura de cor, IRC e vida útil, e uma análise das lâmpadas existentes no Brasil e no mundo.

Tabela 7: Tabela de lâmpadas halógenas sem refletor no mercado internacional

Desenho	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Base	T _c (K)	IRC	Vida útil (h)
HALOSTAR ECO							
	7	105	15,00	G4	2800	100	4000
	14	240	17,14	G4	2800	100	4000
	25	500	20	GY6,35	2800	100	4000
	35	860	24,57	GY6,35	2900	100	4000
	50	1180	23,60	GY6,35	3000	100	4000
	60	1650	27,50	GY6,35	3000	100	4000
HALOSTAR STANDARD							
	10	140	14,00	G4	2800	100	2000
	20	320	16,00	G4	2800	100	2000
	35	600	17,14	GY6,35	2900	100	2000
	50	720	14,40	GY6,35	3000	100	2000
HALOSTAR STARLITE							
	5	55	11,00	G4	2700	100	4000
	10	130	13,99	G4	2800	100	4000
	20	300	15,00	G4	2800	100	4000
	20	290	14,50	GY6,35	2800	100	4000
	35	580	16,57	GY6,35	2900	100	4000
	50	900	18,00	GY6,35	3000	100	4000
	75	1450	19,33	GY6,35	3000	100	4000
	90	1800	20,00	GY6,35	3000	100	4000

Tabela 8: Tabela de lâmpadas halógenas sem refletor no mercado nacional

Desenho	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Base	T _c (K)	IRC	Vida útil (h)
HALOSTAR ECO							
	35	860	24,57	GY6,35	2900	100	4000
	60	1650	27,50	GY6,35	3000	100	4000
HALOSTAR							
	20	320	16,00	G4	2800	100	2000
	50	910	18,20	GY6,35	3000	100	2000

Comparando a Tabela 7 e 8, observa-se que no Brasil a diversidade e potência das famílias de lâmpadas é menor que o mercado nacional.

Aqui no Brasil a linha ECO da Osram ainda é novidade para essa família de lâmpadas e traz benefícios como menor consumo de energia e mesma quantidade de luz, e em alguns casos maior vida útil. Essa nova tecnologia que está sendo aplicada nas diversas famílias de lâmpadas da Osram é de grande importância para projetos que procuram certificações de sustentabilidade.

Tabela 9: Tabela de lâmpadas halógenas com refletor no mercado internacional

Desenho	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Abertura de fecho	Base	T _c (K)	IRC	Vida útil (h)
DECOSTAR 51 ECO							
	14	2800	10º	GU5.3	3000	100	5000
	14	480	36º	GU5.3	3000	100	5000
	20	5500	10º	GU5.3	3000	100	5000
	20	2000	24º	GU5.3	3000	100	5000
	20	1000	36º	GU5.3	3000	100	5000
	20	1000	60º	GU5.3	3000	100	5000
	35	11000	10º	GU5.3	3000	100	5000
	35	4100	24º	GU5.3	3000	100	5000
	35	2200	36º	GU5.3	3000	100	5000
	35	1050	60º	GU5.3	3000	100	5000
	50	15000	10º	GU5.3	3100	100	5000
	50	5300	24º	GU5.3	3100	100	5000
	50	2850	36º	GU5.3	3100	100	5000
	50	1450	60º	GU5.3	3100	100	5000
DECOSTAR 51 STANDARD							
	20	3000	10º	GU5.3	3000	100	2000
	20	480	38º	GU5.3	3000	100	2000

	35	6000	10º	GU5.3	3000	100	2000
	35	1000	38º	GU5.3	3000	100	2000
	50	7800	10º	GU5.3	3000	100	2000
	50	1450	38º	GU5.3	3000	100	2000
DECOSTAR 51 TITAN							
	20	5000	10º	GU5.3	3000	100	4000
	20	780	38º	GU5.3	3000	100	4000
	20	350	60º	GU5.3	3000	100	4000
	35	9100	10º	GU5.3	3000	100	4000
	35	3100	24º	GU5.3	3000	100	4000
	35	1500	38º	GU5.3	3000	100	4000
	35	700	60º	GU5.3	3000	100	4000
	50	12500	10º	GU5.3	3000	100	4000
	50	4400	24º	GU5.3	3000	100	4000
	50	2200	38º	GU5.3	3000	100	4000
	50	1100	60º	GU5.3	3000	100	4000
DECOSTAR 51 IRC							
	20	6000	10º	GU5.3	3000	100	4000
	20	2300	24º	GU5.3	3000	100	4000
	20	1000	38º	GU5.3	3000	100	4000
	20	450	60º	GU5.3	3000	100	4000
	35	12500	10º	GU5.3	3000	100	4000
	35	4400	24º	GU5.3	3000	100	4000
	35	2200	38º	GU5.3	3000	100	4000
	35	1100	60º	GU5.3	3000	100	4000
	50	15000	10º	GU5.3	3000	100	4000
	50	5700	24º	GU5.3	3000	100	4000
	50	2850	38º	GU5.3	3000	100	4000
	50	1430	60º	GU5.3	3000	100	4000
DECOSTAR 51 COOL BLUE							
	50	1200	38º	GU5.3	4500	100	4000

Tabela 10: Tabela de lâmpadas halógenas com refletor no mercado nacional

Desenho	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Abertura de fecho	Base	T _c (K)	IRC	Vida útil (h)
DECOSTAR 51 ECO							
	35	11000	10º	GU5.3	3100	100	5.000
	35	4100	24º	GU5.3	3100	100	5.000
	35	2200	36º	GU5.3	3100	100	5.000
	35	1050	60º	GU5.3	3100	100	5.000
DECOSTAR 51 TITAN							
	20	350	60º	GU5.3	3100	100	4.000
	50	12500	10º	GU5.3	3000	100	4.000
	50	2200	36º	GU5.3	3000	100	4.000
	50	1100	60º	GU5.3	3000	100	4.000
DECOSTAR 51 COOL BLUE							
	50	1200	38º	GU5.3	5000	100	4.000
DECOSTAR 51 S							
	20	3000	10º	GU5.3	3000	100	2.000

	20	450	36º	GU5.3	3000	100	2.000
	50	9000	10º	GU5.3	3000	100	2.000
	50	1300	36º	GU5.3	3000	100	2.000

Observando a tabela 9 e 10, verificamos que somente uma parte das lâmpadas do mercado internacional é comercializada aqui no Brasil. Sendo que nessa família, somente uma parte das lâmpadas do tipo ECO está presente no mercado nacional.

Esse tipo de lâmpada é utilizado em projetos de eficiência principalmente para efeitos decorativos e em casos onde o IRC precisa ser de 100, como por exemplo, em lojas de vestuários e jóias.

Como essa lâmpada é utilizada, na maioria das vezes, para efeitos decorativos e de destaque, neste trabalho só utilizaremos a lâmpada do tipo dicróica.

Tabela 11: Tabela de lâmpadas fluorescentes compactas não integradas no mercado internacional

Desenho	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Base	T _c (K)	IRC	Vida útil (h)
DULUX S							
	5	257	51,40	G23	2700, 3000, 4000, 6500	80	10.000
	7	405	57,85	G23	2700, 3000, 4000, 6500	80	10.000
	9	600	66,66	G23	2700, 3000, 4000, 6500	80	10.000
	11	900	81,81	G23	2700, 3000, 4000, 6500	80	10.000
DULUX S/E							
	7	405	57,85	2G7	2700,3000, 4000	80	20.000
	9	600	66,66	2G7	2700,3000, 4000	80	20.000
	11	900	81,81	2G7	2700,3000, 4000	80	20.000
DULUX D							
	10	600	60,00	G24d	2700, 3000, 4000	80	10.000
	13	900	69,23	G24d	2700, 3000, 4000	80	10.000
	18	1200	66,66	G24d	2700, 3000, 4000	80	10.000
	26	1800	69,23	G24d	2700, 3000, 4000	80	10.000
DULUX D ES							
	16	1150	71,87	G24d	2700, 3000, 4000	80	10000
	23	1750	76,08	G24d	2700, 3000,	80	10000

					4000		
DULUX D/E							
	10	600	60,00	G24q	2700,3000,4000	80	20000
	13	900	69,23	G24q	2700,3000,4000	80	20000
	18	1200	66,66	G24q	2700,3000,4000	80	20000
	26	1800	69,23	G24q	2700,3000,4000	80	20000
DULUX D/E XT							
	18	1200	66,66	G24q	3000, 4000	80	36000
	26	1800	69,23	G24q	3000, 4000	80	36000
DULUX T PLUS							
	13	900	69,23	GX24d	2700, 3000, 4000	80	3200
	18	1200	66,66	GX24d	2700, 3000, 4000	80	3900
	26	1800	69,23	GX24d	2700, 3000, 4000	80	10000
DULUX T/E PLUS							
	13	900	69,23	GX24q	2700,3000,4000	80	20000
	18	1200	66,66	GX24q	2700,3000,4000	80	20000
	26	1800	69,23	GX24q	2700,3000,4000	80	20000
	32	2400	75,00	GX24q	2700,3000,4000	80	20000
	42	3200	76,19	GX24q	2700,3000,4000	80	13000
DULUX T/E XT							
	32	2400	75,00	GX24q	2700,3000,4000	80	36000
	42	3200	76,19	GX24q	2700,3000,4000	80	36000
DULUX T/E HE							
	11	890	80,90	GR14q	3000, 4000	80	20000
	14	1175	83,92	GR14q	3000, 4000	80	20000
	17	1460	85,88	GR14q	3000, 4000	80	20000
CLF SQUARE							
	16	1150	71,87	GR8	2700, 3500	80	10000
	28	2200	78,57	GR8	2700, 3500	80	10000
	16	1050	65,62	GR10q	2700, 3500	80	10000
	28	2050	73,21	GR10q	2700, 3500	80	10000
	38	2735	71,97	GR10q	2700, 3500	80	10000
DULUX L HE							
	16	1600	10,00	2GX11	3000,4000	80	20000
	22	2200	10,00	2GX11	3000,4000	80	20000
	26	2600	10,00	2GX11	3000,4000	80	20000
	28	2800	10,00	2GX11	3000,4000	80	20000
DULUX L							
	18	1200	66,66	2G11	2700, 3000, 4000, 6000, 8000	80	20000
	24	1800	75,00	2G11	2700, 3000, 4000, 6000,	80	20000

					8000		
	36	2900	80,55	2G11	2700, 3000, 4000, 6000, 8000	80	20000
	40	3500	87,50	2G11	2700, 3000, 4000, 6000, 8000	80	20000
	55	4800	87,27	2G11	2700, 3000, 4000, 6000, 8000	80	20000
	80	6000	75,00	2G11	2700, 3000, 4000, 6000, 8000	80	20000
DULUX L XT							
	18	1200	66,66	2G11	3000, 4000	80	36000
	24	1800	75,00	2G11	3000, 4000	80	36000
	36	2900	80,55	2G11	3000, 4000	80	36000
	55	4800	87,27	2G11	3000, 4000	80	36000
DULUX F							
	18	1100	61,11	2G10	2700, 3000, 4000	80	20000
	24	1705	71,04	2G10	2700, 3000, 4000	80	20000
	36	2810	78,05	2G10	2700, 3000, 4000	80	20000

Tabela 12: Tabela de lâmpadas fluorescentes compactas não integradas no mercado nacional

Desenho	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Base	T _c (K)	IRC	Vida útil (h)
DULUX S (SIMPLES)							
	5	250	50,0	G23	2700, 4000	80-89	10.000
	7	400	57,14	G23	2700, 4000	80-89	10.000
	9	600	66,66	G23	2700, 4000	80-89	10.000
	11	900	81,81	G23	2700, 4000	80-89	10.000
DULUX S/E (SIMPLES)							
	9	600	66,66	2G7	4000	80-89	20.000
	11	900	81,81	2G7	4000	80-89	20.000
DULUX D (DUPLO)							
	18	1200	66,66	G24d-2	2700, 4000	80-89	10.000
	26	1800	69,23	G24d-3	2700, 4000	80-89	10.000
DULUX D/E (DUPLO)							
	18	1200	66,66	G24q-2	2700, 4000	80-89	10.000
	26	1800	69,23	G24q-3	2700, 4000	80-89	10.000
DULUX T (TRIPLA)							
	18	1200	66,66	GX24d-2	2700, 4000	80-89	10.000
	26	1800	69,23	GX24d-3	2700, 4000	80-89	10.000
DULUX T/E (TRIPLA)							
	32	2400	75,00	GX24d-3	2700, 4000	80-89	20.000
	42	3200	76,19	GX24d-4	2700, 4000	80-89	20.000
DULUX L (LONGA)							
	36	2900	80,55	2G11	2700, 4000	80-89	20.000
	55	4800	87,27	2G11	2700, 4000	80-89	20.000
DULUX F (FLAT)							

	36	2800	77,77	2G10	3000, 4000	80-89	10.000

Tabela 13: Tabela de lâmpadas fluorescentes tubulares T5 no mercado internacional

Desenho	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Base	T _c (K)	IRC	Vida útil (h)
LUMILUX T5 HE							
	14	1350	96,42	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500	80-89	18.000
	21	2100	100	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500	80-89	18.000
	28	2900	103,57	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500	80-89	18.000
	35	3650	104,28	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500	80-89	18.000
LUMILUX T5 HE ES HIGH EFFICIENCY ENERGY SAVER							
	25	2900	116	G5	2700, 3000, 4000, 6500	80-89	20.000
	32	3650	114,06	G5	2700, 3000, 4000	80-89	20.000
LUMILUX T5 HO							
	24	2000	83,33	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500, 8000	80-89	18.000
	39	3500	89,74	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500, 8000	80-89	18.000
	49	4900	100	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500	80-89	18.000
	54	4900	90,74	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500, 8000	80-89	18.000
	80	7000	87,50	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500, 8000	80-89	18.000
LUMILUX T5 HO CONSTANT							
	24	2000	83,33	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500	80-89	18.000
	39	3500	89,73	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500	80-89	18.000
	54	5000	92,59	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500	80-89	18.000
	80	7000	87,50	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 6500	80-89	18.000
LUMILUX DE LUXE T5 HO							

	24	1700	70,83	G5	4000	> 90	18.000
	24	1600	66,66	G5	6500	> 90	18.000
	49	3900	79,59	G5	4000	> 90	18.000
	49	3700	75,51	G5	6500	> 90	18.000
	54	4050	75,00	G5	4000	> 90	18.000
	54	3800	70,37	G5	6500	> 90	18.000
LUMILUX T5 HO XT							
	54	5000	92,59	G5	2700, 3000, 4000, 6500	80-89	45.000
	80	7000	87,50	G5	2700, 3000, 4000, 6500	80-89	45.000
LUMILUX T5 FC							
	22	1800	81,81	2GX13	3000, 4000, 6500	80-89	18.000
	40	3200	80	2GX13	3000, 4000, 6500	80-89	18.000
	55	4000	72,72	2GX13	3000, 4000, 6500	80-89	18.000

Tabela 14: Tabela de lâmpadas fluorescentes tubulares T5 no mercado nacional

Desenho	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Base	T _c (K)	IRC	Vida útil (h)
FAMÍLIA LUMILUX T5 HE							
	14	1350	96,42	G5	3000, 4000, 5000	80-89	18.000
	21	2100	100	G5	3000, 4000	80-89	18.000
	28	2900	103,57	G5	3000, 4000	80-89	18.000
	28	2750	98,21	G5	5000	80-89	18.000
	35	3650	104,28	G5	3000, 4000	80-89	18.000
FAMÍLIA LUMILUX T5 HO							
	24	2000	83,33	G5	3000, 4000	80-89	18.000
	54	5000	92,59	G5	3000, 4000	80-89	18.000
	54	4750	87,96	G5	6500	80-89	18.000
	80	7000	87,5	G5	3000, 4000	80-89	18.000
FAMÍLIA LUMILUX T5 ES (Energy Saver)							
	25	2900	116	G5	3000, 4000	80-89	18.000
	50	5000	100	G5	3000, 4000	80-89	18.000
FAMÍLIA LUMILUX T5 SKYWHITE							
	54	4500	83,33	G5	8000	80-90	18.000
FAMÍLIA CIRCLINE T9							
	22	1050	47,72	G10q	6500	70-79	-
	32	1700	53,12	G10q	6500	70-79	-

Assim como nas comparações anteriores, analisando as Tabelas 11 e 12, 13 e 14, observa-se que há uma grande variedade em relação ao tipo e potência de lâmpadas e temperatura de cor disponíveis no mercado internacional que o nacional.

Comparando as famílias de lâmpadas da tabela 11 e 12, por exemplo, para um lâmpada fluorescente compacta tripla, no mercado internacional há uma

lâmpada de 32W com mesma eficiência luminosa, porém com uma vida útil maior de quase o dobro de horas. Isso acarreta em uma menor troca de lâmpadas e uma redução na poluição ao descarte dessas lâmpadas.

Comparando a tabela 13 e 14, notamos que no mercado internacional temos lâmpadas mais eficientes que podem ser utilizadas em projetos. Por exemplo, no caso de uma lâmpada de 28W, podemos substituí-la por uma lâmpada de 25W de mesmo fluxo luminoso e de 2.000h de vida útil a mais.

Por fim, para o levantamento de lâmpadas, consideraremos as lâmpadas LEDs que estão sendo muito utilizadas na substituição direta de lâmpadas incandescentes e halógenas. Neste trabalho, citaremos apenas as substitutas das lâmpadas halógenas dicróicas que serão utilizadas nas simulações.

Tabela 15: Tabela de lâmpadas LED com refletor no mercado internacional

Desenho	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Intensidade luminosa (cd)	Abertura de fecho	Base	T _c (K)	IRC	Vida útil (h)
PARATHOM PRO MR16								
	5,5	200	600	24º	GU5,3	2700	90	25.000
	5,5	220	650	24º	GU5,3	3000	90	25.000
	5,5	270	750	24º	GU5,3	4000	90	25.000
	7	315	900	24º	GU5,3	2700	80	25.000
	7	350	1050	24º	GU5,3	3000	80	25.000
	7	450	1200	24º	GU5,3	4000	80	25.000
	11	450	1350	24º	GU5,3	2700	80	25.000
	11	500	1500	24º	GU5,3	3000	80	25.000
	11	620	1900	24º	GU5,3	6500	70	25.000
	5,5	190	500	36º	GU5,3	2800	80	25.000
	5,5	200	500	36º	GU5,3	3000	80	25.000
	5,5	250	600	36º	GU5,3	6500	70	25.000
	5,5	200	500	36º	GU5,3	2700	90	25.000
	5,5	220	600	36º	GU5,3	3000	90	25.000
	5,5	270	650	36º	GU5,3	4000	80	25.000
	7	315	800	36º	GU5,3	2700	80	25.000
	7	350	950	36º	GU5,3	3000	80	25.000
	7	450	1100	36º	GU5,3	4000	80	25.000
	10	350	950	36º	GU5,3	3000	80	25.000
	10	450	1200	36º	GU5,3	6500	70	25.000
	10	315	800	36º	GU5,3	2700	80	25.000
	10	350	950	36º	GU5,3	3000	80	25.000
	10	450	1200	36º	GU5,3	6500	70	25.000
	11	450	1100	36º	GU5,3	2700	80	25.000
	11	500	1200	36º	GU5,3	3000	80	25.000
	11	620	1500	36º	GU5,3	6500	70	25.000

Tabela 16: Tabela de lâmpadas LED com refletor no mercado nacional

Desenho	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Intensidade luminosa (cd)	Abertura de fecho	Base	T _c (K)	IRC	Vida útil (h)
PARATHOM PRO MR16								
	4,5	185	450	36º	GU5,3	3000	s/inf	25.000
	5,5	200	500	36º	GU5,3	2700, 3000	s/inf	25.000
	10	450	1200	36º	GU5,3	2700	s/inf	25.000
	10	350	950	36º	GU5,3	3000	s/inf	25.000

Novamente, comparando as tabelas de lâmpadas LEDs do mercado nacional (Tabela 15) e internacional (Tabela 16), observamos que muitas lâmpadas não chegaram ao mercado nacional. Além disso, o catálogo de lâmpadas nacionais não informa o IRC das lâmpadas, prejudicando assim o projetista a especificar esse tipo de lâmpada em ambientes onde a reprodução de cor é fundamental.

PHILIPS

A Philips é uma empresa que surgiu em 1891 e foi fundada pelo engenheiro Gerard Philips na Holanda, com o objetivo de fabricar lâmpadas incandescentes e filamentos de carbono para as mesmas. Assim como na Osram, muitas lâmpadas não são fabricadas e comercializadas no Brasil.

Para comparações de eficiência energética, ficaremos restritos apenas a algumas lâmpadas fluorescentes tubulares T5, que são as mais utilizadas em projetos de eficiência em obras comerciais e possuem diferenciais e uma grande variedade em relação às lâmpadas do fabricante Osram.

Tabela 17: Tabela de lâmpadas fluorescentes tubulares T5 no mercado internacional

Desenho	Potência (W)	Fluxo luminoso	Eficiência luminosa	Base	T _c (K)	IRC	Vida útil (h)

		(lm)	(lm/W)				
MASTER TL5 ActiViva							
	49	4150	84,69	G5	17000	82	24.000
	54	4200	77,78	G5	17000	82	24.000
MASTER TL5 Hight Efficiency							
	14	1350	96,42	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 5000	85	24.000
	14	1260	90,00	G5	6500	85	24.000
	21	2100	100,00	G5	2700, 3000, 3500, 4000	85	24.000
	21	1960	93,33	G5	6500	85	24.000
	28	2900	103,57	G5	2700, 3000, 3500, 4000, 5000	85	24.000
	28	2700	96,42	G5	6500	85	24.000
	35	3650	104,28	G5	2700, 3000, 3500, 4000,	85	24.000
	35	3400	97,14	G5	6500	85	24.000
MASTER TL5 Hight Efficiency ECO							
	13 (=14)	1350	103,84	G5	3000, 3500, 4000	85	25.000
	13 (=14)	1260	96,92	G5	6500	85	25.000
	25 (=28)	2900	116,00	G5	3000, 3500, 4000	85	25.000
	25 (=28)	2700	108,00	G5	6500	85	25.000
	32 (=35)	3650	114,06	G5	3000, 3500, 4000	85	25.000
	32 (=35)	3400	106,25	G5	6500	85	25.000
	19 (=21)	2100	110,52	G5	3000, 3500, 4000	85	25.000
	19 (=21)	1950	102,63	G5	6500	85	25.000
MASTER TL5 Hight Efficiency Secura							
	14	1350	96,42	G5	3000, 4000	85	24.000
	21	2100	100,00	G5	3000, 4000	85	24.000
	28	2900	103,57	G5	3000, 4000	85	24.000
	35	3650	104,28	G5	3000, 4000	85	24.000
MASTER TL5 High Output 90 De Luxe							
	49	4200	85,71	G5	4000, 5200, 6800	91-93	24.000
	24	1600	66,66	G5	4000, 5200, 6800	91-93	24.000
	54	4300	79,62	G5	4000, 5200, 6800	91-93	24.000
MASTER TL5 High Output							
	24	1950	81,25	G5	4000	85	24.000
	24	1820	75,83	G5	6500	85	24.000
	39	3500	89,74	G5	2700, 3000, 3500, 4000	85	24.000
	39	3300	84,61	G5	6500	85	24.000
	54	5000	92,59	G5	2700, 3000, 3500, 4000	85	24.000
	54	4850	89,81	G5	5000	85	24.000
	54	4750	87,96	G5	6500	85	24.000
	80	7000	87,50	G5	2700, 3000	85	24.000
MASTER TL5 High Output ECO							
	20 (=24)	1950	97,50	G5	3000, 3500, 4000	85	25.000

	20 (=24)	1900	95,00	G5	6500	85	25.000
	50 (=54)	5000	100,00	G5	3000, 3500, 4000	85	25.000
	50 (=54)	4850	97,00	G5	5000	85	25.000
	50 (=54)	4750	95,00	G5	6500	85	25.000
	45 (=49)	4900	108,88	G5	3000, 3500, 4000	85	25.000
	45 (=49)	4650	103,33	G5	6500	85	25.000
	73 (=80)	7000	95,89	G5	3000, 3500, 4000	85	25.000
	73 (=80)	6650	91,09	G5	6500	85	25.000
	34 (=39)	3500	102,94	G5	3000, 3500, 4000	85	25.000
	34 (=39)	3300	97,05	G5	6500	85	25.000
MASTER TL5 High Output Xtra							
	49	4800	97,95	G5	3000, 4000	85	45.000
	54	5000	92,59	G5	3000, 4000	85	45.000
MASTER TL5 Very High Output TOP							
	95	7200	75,78	G5	4000	85	24.000
	120	9300	77,50	G5	4000	85	24.000
T5 Energy Advantage							
	25 (=28)	2900	116,00	G5	3000, 4100	85	25.000
	25 (=28)	2750	110,00	G5	5000	85	25.000
	44 (=54)	4500	102,27	G5	3500, 4100	85	25.000
	44 (=54)	4100	93,18	G5	5000	85	25.000
T5 Standard							
	14	1350	96,42	G5	3000, 3500, 4100	85	24.000
	28	2900	103,57	G5	3000, 3500, 4100	85	24.000
	28	2800	100,00	G5	5000	85	24.000
	21	2100	100,00	G5	3000, 3500, 4100, 5000	85	24.000

Tabela 18: Tabela de lâmpadas fluorescentes tubulares T5 no mercado nacional

Desenho	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Base	T _c (K)	IRC	Vida útil (h)
MASTER TL5 ActiViva							
	54	4250	78,70	G5	17000	82	24.000
MASTER TL5 Super 80							
	14	1350	96,42	G5	3000, 4000, 5000	85	24.000
	28	2600	92,85	G5	3000, 4000, 5000	85	24.000
	54	4450	82,40	G5	3000, 4000	85	24.000
	54	4250	78,70	G5	5000, 6500	85	24.000
	80	6150	76,87	G5	3000, 4000	85	24.000
MASTER TL5 Eco							
	25	2450	98,00	G5	3000, 4000	85	24.000
	50	4400	88,00	G5	3000, 4000	85	24.000
	73	6150	84,24	G5	3000, 4000	85	24.000

Comparando as Tabelas 17 e 18, observamos que assim como no fabricante Osram, apenas alguns tipos de lâmpadas são fabricadas aqui, e que no mercado internacional já temos lâmpadas mais eficientes que no mercado nacional, além de uma grande variedade de temperatura de cor.

GE Iluminação

A General Electric (GE) Company foi fundada em 1892 com a finalidade de produzir e comercializar os produtos necessários para a indústria da iluminação fundindo com a empresa de Thomas Edison.

A GE tem uma linha com lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes compactas e tubulares e de descarga de alta pressão. Em seu site não encontramos até então informações sobre as lâmpadas comercializadas aqui no Brasil. As informações estão sendo dirigidas para o site internacional com os produtos descritos em inglês.

4.3. Equipamentos auxiliares

Em relação aos equipamentos auxiliares tanto no exterior quanto no Brasil, são fabricadas no país, apenas transformadores, reatores e fontes de acordo com a lâmpada e potência existentes e utilizadas. Em geral recomenda-se que utilize o equipamento auxiliar do mesmo fabricante que a lâmpada, para melhores desempenhos.

Como no Brasil, o Inmetro já estabeleceu desde 2005 que somente os reatores de alto desempenho podem ser comercializados, os reatores não apresentam grandes problemas para um desempenho eficiente. Em geral, na escolha do reator, deve-se observar o fator de perdas, onde quanto maior é o valor, maior é o gasto com energia; e o fator de fluxo luminoso que deve estar entre 0,95 e 1,00.

Existem também equipamentos auxiliares dimerizáveis, que geram economia de energia. Por exemplo, se uma lâmpada de potência 100W é dimerizada 60%, apenas 60% do fluxo luminoso será emitido pela lâmpada e 40% da potência será economizada. Todas as lâmpadas podem ser dimerizadas, com exceção das lâmpadas fluorescentes compactas integradas e as de descarga de alta pressão.

As lâmpadas fluorescentes compactas não integradas, fluorescentes tubulares e halógenas em 12V necessitam de reatores e transformadores adequados que permitam a dimerização. Tanto a Philips como a Osram fornecem esses equipamentos auxiliares. Novamente, deve-se atentar para o valor do fator de perda de um reator, para obtenção de um conjunto mais eficiente.

4.4. Outros equipamentos

4.4.1. Sensor de presença

O sensor de presença é um aparelho que detecta a presença de uma pessoa no ambiente. Ela pode detectar a presença através do movimento ou através da variação de temperatura, sendo que este último é mais eficiente, pois o mesmo faz uma leitura da temperatura local. Qualquer variação de temperatura acionará as luzes do ambiente.

O sensor de presença é utilizado, geralmente, em ambientes de uso pouco frequente, tais como sanitários, circulação, áreas técnicas, entre outros. Sua utilização traz economia de energia, pois esses ambientes não precisam ficar com o sistema de iluminação ligado todo o tempo. Em muitos casos, o botão liga / desliga não é eficaz, pois frequentemente os usuários não tem o costume de desligar a iluminação ao sair do ambiente.

4.4.2. Sistema de controle fotoelétrico

O sistema de controle fotoelétrico é um sensor que identifica a presença de luz natural no ambiente, controlando automaticamente a quantidade de luz artificial através de dimmers.

Quanto maior a quantidade de luz natural, menor será a quantidade de luz artificial no ambiente, ou seja, menor será a potência elétrica fornecida.

4.4.3. Automação no sistema de iluminação

A automação predial engloba as seguintes utilidades em um edifício: sistemas elétricos, hidráulicos, ar condicionado (quente/frio), elevadores, segurança (como controle de acesso, alarmes, circuito fechado de televisão (CFTV), alarmes), detecção de incêndio, irrigação, gerenciamento de vagas de estacionamento, e a convergência de redes e gerenciamento.

A automação nos sistemas de iluminação permite controlar a intensidade da luz com a utilização dos *dimmers*, comandos e cenas, reduzindo assim a quantidade de luz de um ambiente conforme preferência do usuário ou juntamente com o sensor de luz natural, conforme necessidade de luz artificial no ambiente. Dessa forma, os sistemas de iluminação não estarão ligados em 100% todo o tempo de uso.

Permite também, programar o acendimento e desligamento automático e dimerização de ambientes pré-estabelecidos ao longo do dia. Por exemplo, a iluminação externa será acessa ao escurecer e apagada no amanhecer. Há diversas maneiras de fazer uma programação para tornar o sistema de iluminação mais eficiente, conforme uso diário do escritório.

Além disso, a automação pode gerenciar e monitorar os sistemas de iluminação quanto ao consumo e sua funcionabilidade. Por enquanto, esses equipamentos de automação são importados.

4.5. Conclusões

Pelas curvas de iluminância apresentadas, observamos que no geral as luminárias importadas apresentam melhor desempenho que as nacionais. Podemos citar como principais diferenças, o cuidado com o desenho do refletor para melhorar a distribuição da luz, o material utilizado no refletor e no difusor.

No entanto, as luminárias brasileiras também estão buscando a qualidade. Percebemos isso principalmente nas luminárias da Itaim onde a fábrica tem um grande interesse em divulgar as certificações que possui.

O grande problema de se utilizar luminárias importadas seria a variação do câmbio, pois esse valor, em geral, é repassado ao cliente. O ideal é sempre calcular o *pay back* do conjunto.

Outro problema que pode ocorrer, é que muitas dessas luminárias importadas não utilizam lâmpadas e equipamentos fabricados no país. No caso de queima de equipamento ou lâmpada, o cliente terá que recorrer também a importação, ficando muitas vezes dependente do tempo que o produto demora a chegar ao país.

Em todas as comparações feitas entre lâmpadas do mercado nacional e internacional observou-se que no mercado internacional existe uma variedade maior de tipo de lâmpadas e potências. E que, a exemplo do caso da Osram, que está desenvolvendo a tecnologia ECO, somente agora esta tecnologia está vindo para o Brasil e, mesmo assim, somente em algumas potências.

Para projetos com selos de sustentabilidade, cada vez mais a procura por luminárias LED vêm aumentando. Porém somente agora os produtos nacionais com LED estão sendo desenvolvidos de maneira satisfatória em relação à qualidade dos produtos. Até o momento, a grande maioria das luminárias com LED eram importadas, e por esse motivo, depara-se novamente com o problema da taxa de câmbio e do tempo de importação.

Para um projeto sustentável em relação à iluminação artificial, devemos nos atentar sempre para o conjunto luminária, lâmpadas e equipamentos, pois esse

sistema dita a economia de energia, além de fornecer a qualidade de projeto em questões de nível de iluminação, IRC e temperatura de cor.

Concluimos pelas comparações de produtos importados e nacionais que o Brasil, a princípio, não tem as mesmas condições para um projeto de eficiência energética com relação aos sistemas de iluminação.

5. ESCOLHA DOS ESTUDOS DE CASO

Para verificação se os indicadores de iluminação artificial das certificações e/ou selos de sustentabilidade são compatíveis com a tecnologia disponível no Brasil, optou-se por simular um pavimento tipo de escritório e um pavimento tipo de uma escola, ambientes presentes em todas as certificações e/ou selos de sustentabilidade atuantes no Brasil.

5.1. Escritório

Foram analisados 4 pavimentos tipo escolhidos aleatoriamente que possuísssem os seguintes ambientes: *staff*, sala de reunião e salas individuais.

Figura 17: Pavimento tipo 1

Figura 18: Pavimento tipo 2

Figura 19: Pavimento tipo 3

Figura 20: Pavimento tipo 4

Comparando os quatro pavimentos tipo das figuras 17, 18, 19 e 20, optou-se pelo pavimento tipo 3 (figura 19), pois possui uma grande área de *staff*, algumas salas de reunião e algumas salas individuais. Possui um layout típico que podemos considerar para a grande maioria dos escritórios.

Para estudo de caso, consideraremos um layout fixo, pois em alguns ambientes será especificado luz pontual e de destaque.

A planta da figura 17 também poderia ser considerada, porém o *staff* tem uma configuração diferenciada em forma de “U”. As plantas das figuras 17 e 19 foram descartadas, pois a primeira apresenta somente uma sala de reunião e várias salas que podem ser consideradas como *staff* e a última possui uma área pequena de *staff*.

5.2. Escola

Foram analisados 4 escolas tipo escolhidas pelo site da Fundação para o desenvolvimento da Educação (FDE), onde será feito a simulação das salas de aula, secretaria, centro de leitura e refeitório.

Figura 21: Escola tipo 1 – pavimento térreo e superior

Figura 22: Escola tipo 2 – Pavimento térreo e superior

Figura 23: Escola tipo 3 – Pavimento térreo e superior

Figura 24: Escola tipo 4 – Pavimento térreo, 1º pavimento e 2º pavimento

Analisando as plantas das figuras 21, 22, 23 e 24, observamos que todas as plantas possuem as salas a serem analisadas nas simulações.

Optou-se pela planta da figura 23 por ser a mais complexa em relação à tipologia de ambientes.

6. SIMULAÇÕES

As simulações foram realizadas em duas etapas. A primeira etapa foi para a escolha do sistema de iluminação mais eficiente. E a segunda etapa, foi feita a simulação do edifício todo para verificação dos índices de iluminação artificial no projeto do escritório e escola.

6.1. Escritório

Para o escritório, dividiu-se a planta em 3 (três) salas base: staff, sala individual e sala de reuniões. Os ambientes escolhidos estão assinalados na figura 25 abaixo:

Figura 25: Ambientes simulados no escritório

6.1.1. Simulação 1ª Etapa

6.1.1.1. Staff

Para o staff, foram realizadas simulações com dois tipos de forro, forro em gesso liso e forro modulado de 625x625mm.

Na simulação do staff foram utilizadas 3 tipos de sistemas de iluminação utilizando lâmpada fluorescente tubular ou fluorescente compacta ou LED. O layout da área de staff é o mostrado na figura 26.

Foram escolhidas inicialmente as luminárias mais comercializadas de cada fabricante, e que tivessem além de um bom rendimento, proporcionassem um bom conforto visual.

Figura 26: Área staff a ser simulada

A seguir, temos a tabela utilizada para escolha dos sistemas de iluminação mais eficiente. No primeiro caso, as luminárias escolhidas são quadradas, com opção para forro modulado e forro liso, com aletas parabólicas, refletor em alumínio anodizado, para 3 ou 4 lâmpadas fluorescente tubular de 14W.

Nos anexos, pode-se ver a ficha técnica de cada luminária escolhida para simulações. As fichas técnicas são as fornecidas por cada fabricante.

Tabela 19: Tabela simulação sistema de iluminação nacional com lâmpada fluorescente tubular – forro gesso liso

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim Iluminação	2003 4x14W	103	541	117	661	61,20	6303,6	1
Itaim Iluminação	2056 4x14W	121	515	139	599	61,20	7405,2	2
Itaim Iluminação	2345 4x14W	103	556	112	719	61,20	6303,6	3
Itaim Iluminação	2645 4x14W	108	591	36	757	61,20	6609,6	4
Itaim Iluminação	2690 4x14W	101	510	71	675	61,20	6181,2	5
Itaim Iluminação	2691 4x14W	90	522	70	704	61,20	5508,0	6
Itaim Iluminação	2745 4x14W	97	594	133	733	61,20	5936,40	7
Lumini	FE-1438 4x14W	107	545	23	685	61,20	6548,4	8
Lumini	FE-1594 4x14W	131	519	18	722	61,20	8017,2	9
Lumini	FE-1569 4x14W	96	542	64	738	61,20	5875,2	10
Itaim Iluminação	2693 3x14W	119	528	36	633	46	5474,0	11

As simulações acima foram realizadas considerando um forro de gesso liso, alcançando o nível médio de 500 lux de acordo com a norma NBR 5413/1992. Seguem na figura 27 e 28 os resultados da simulação com os 2 sistemas de iluminação que apresentaram o menor consumo.

Figura 27: Simulação staff – luminária nacional tipo 6 com lâmpada fluorescente tubular para forro de gesso liso (Arquivo: ET-ST-FT-BR-1-MX.dlx)

Figura 28: Simulação staff – luminária nacional tipo 11 com lâmpada fluorescente tubular para forro de gesso liso (Arquivo: ET-ST-FT-BR-2-MX.dlx)

Para simulação do forro modulado, foram utilizadas as mesmas luminárias eficientes encontradas na Tabela 19. Fazendo a simulação, obtiveram-se os seguintes valores:

Tabela 20: Tabela simulação sistema de iluminação nacional com lâmpada fluorescente tubular – forro modulado

Fabricante	Código peça	Qtde peças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim Iluminação	2691 4x14W	94	566	28	842	61,20	5752,8	6
Itaim Iluminação	2693 3x14W	140	633	25	779	46	6440,0	11

Comparando os resultados da Tabela 19 e da Tabela 20, observa-se que a quantidade de peças aumentou nas duas situações. Logo, o consumo energético em iluminação artificial, será maior onde temos forro modulado.

Apesar da maioria dos escritórios, optar por utilizar o forro modulado para facilidades de manutenção, recomenda-se o uso de forro de gesso liso, pois assim, teremos um melhor desempenho no que diz respeito aos indicadores de iluminação. Deste modo, para as próximas simulações, não consideraremos mais o forro modulado.

Figura 29: Simulação staff – luminária nacional tipo 6 com lâmpada fluorescente tubular para forro modulado (Arquivo: ET-ST-FT-BR-5-MX.dlx)

Figura 30: Simulação staff – luminária nacional tipo 11 com lâmpada fluorescente tubular para forro modulado (Arquivo: ET-ST-FT-BR-6-MX.dlx)

Comparando as figuras 29 e 30 com as figuras 27 e 28, respectivamente, observa-se que o nível de iluminação ponto a ponto aumenta devido ao aumento de luminárias.

Do mesmo modo que foi realizada a simulação para luminárias nacionais, foi feita com luminárias comercializadas no exterior.

Tabela 21: Tabela simulação sistema de iluminação importado com lâmpada fluorescente tubular – forro de gesso liso

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Zumtobel	MIREL2 – 42176166 3x14W	108	533	14	653	46	4968,0	12
Zumtobel	MIREL2 – 42176184 4x14W	80	554	70	736	61,20	4896,0	13
Zumtobel	MIREL2 – 42176099 3x14W	121	529	113	624	46	5566,0	14
Zumtobel	MIREL2 – 42176115 4x14W	96	568	19	732	61,20	5875,2	15

Tabela 22: Tabela simulação sistema de iluminação importado com lâmpada fluorescente tubular – forro de gesso modulado

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Zumtobel	MIREL2 – 42176166 3x14W	119	594	24	769	46	5474,0	12
Zumtobel	MIREL2 – 42176184 4x14W	96	660	61	959	61,20	5875,2	13

Comparando as Tabelas 21 e 22, utilizando a mesma luminária eficiente para lâmpada fluorescente tubular, nota-se que há um aumento no número de luminárias para uso em forro modulado, assim como ocorreu na simulação da luminária nacional.

O aumento de peças varia de 5% até 20% a mais em forro modulado, dependendo do tipo de luminária. Esse valor pode prejudicar a obtenção da certificação e/ou selo de sustentabilidade.

As figuras 31, 32, 33 e 34 mostram o nível ponto a ponto das simulações realizadas com as luminárias importadas.

Figura 31: Simulação staff – luminária importada tipo 12 com lâmpada fluorescente tubular para forro em gesso liso (Arquivo: ET-ST-FT-EX-3-MX.dlx)

Figura 32: Simulação staff – luminária importada tipo 13 com lâmpada fluorescente tubular para forro em gesso liso (Arquivo: ET-ST-FT-EX-4-MX.dlx)

Figura 33: Simulação staff – luminária importada tipo 12 com lâmpada fluorescente tubular para forro modulado (Arquivo: ET-ST-FT-EX-7-MX.dlx)

Figura 34: Simulação staff – luminária importada tipo 13 com lâmpada fluorescente tubular para forro modulado (Arquivo: ET-ST-FT-EX-8-MX.dlx)

A segunda parte da simulação do staff foi utilizada sistemas de iluminação para lâmpadas fluorescentes compactas com reator não integrado. Utilizamos tanto luminárias redondas como quadradas para verificar o desempenho da peça.

Tabela 23: Tabela simulação sistema de iluminação nacional com lâmpada fluorescente compacta

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim Iluminação	2056 2x36W	131	496	20	638	69,00	9039,0	16
Itaim Iluminação	Dravita 2x26W	244	520	81	652	56,00	13664,0	17
Itaim Iluminação	Diamante 2x26W	177	537	116	701	56,00	9912,0	18
Itaim Iluminação	Iolita 2x26W	201	522	93	599	56,00	11256,0	19
Itaim Iluminação	Peróla	237	511	93	631	56,00	13272,0	20
Itaim Iluminação	Delfos 1x32W	208	510	82	586	36,00	7488	21
Itaim Iluminação	Delfos 2x32W	122	525	171	610	69,00	8418,0	22
Lumini	E-4034 1x32W	355	519	120	605	36,00	12780,0	23
Lumini	E-4039 1x32W	191	507	13	597	36,00	6876,0	24
Lumini	E-4430-LR 1x32W	300	514	26	615	36,00	10800,0	25
Itaim Iluminação	Delfos 1x42W	168	528	133	607	47,00	7488,0	26
Itaim Iluminação	Delfos 2x42W	96	548	26	702	90,00	8640,0	27
Lumini	E-4039 1x42W	147	542	101	670	47,00	6909,0	28

Na Tabela 23, observa-se que as luminárias em negrito possuem o menor consumo. A luminária tipo 21 é uma luminária redonda, com aletas parabólicas e refletor em alumínio anodizado, enquanto a do tipo 24 é uma luminária redonda, sem aletas, com refletor em alumínio anodizado. Apesar da última não possuir um controle de ofuscamento através de aletas, segundo fabricante, o controle é obtido através do próprio desenho do refletor e recuo da fonte luminosa.

Nas figuras 35 e 36, temos a distribuição ponto a ponto com as luminárias acima descritas. Observa-se que os valores estão bem próximos.

Figura 35: Simulação staff – luminária nacional tipo 21 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-ST-FC-BR-1-MX.dlx)

Figura 36: Simulação staff – luminária nacional tipo 24 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-ST-FC-BR-2-MX.dlx)

Conforme foram feitas as simulações, para a escolha das próximas luminárias, já foram descartadas certas tipologias de sistemas de iluminação, então, o número de peças que serão utilizadas para próximas simulações tendem a diminuir.

As luminárias da Tabela 24 são quadradas, com refletor em alumínio anodizado e controle de ofuscamento no próprio desenho do refletor. Ambas as luminárias escolhidas são para fluorescente compacta tripla de 32W. As luminárias do tipo 33 e 40 são as que apresentaram menor consumo, com nível médio de 500 lux no staff.

Tabela 24: Tabela simulação sistema de iluminação importados com lâmpada fluorescente compacta

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Erco	47618.000 1x32W	208	518	75	641	36,00	7488,0	29
Erco	47616.000 2x32W	129	536	113	654	69,00	8901,0	30
Erco	47619.000 1x32W	201	524	81	663	36,00	7236,0	31
Erco	47617.000 2x32W	122	544	172	663	69,00	8418,0	32
Erco	37618.000 1x32W	173	515	12	636	36,00	6228,0	33
Erco	37619.000 1x32W	173	527	13	679	36,00	6228,0	34
Erco	37617.000 2x32W	120	571	16	774	69,00	8280,0	35
Erco	37605.000 1x26W	309	513	19	625	29,00	8961,0	36
Erco	37609.000 2x26W	163	538	153	625	56,00	9128,0	37
Zumtobel	Panos HM 60810264 1x32W	261	511	66	574	36,00	9396,0	38
Zumtobel	Panos HM 60810239 1x32W	386	523	102	590	36,00	13896,0	39
Zumtobel	Panos Q 60811108 1x32W	194	535	105	600	36,00	6984,0	40
Zumtobel	Panos Q 60811112 1x32W	194	533	105	598	36,00	6984,0	41
Zumtobel	Panos Q 60811116 1x32W	201	533	107	599	36,00	7236,0	42
Zumtobel	Panos Q 60811361 1x32W	310	511	21	605	36,00	11160,0	43

As figuras 37 e 38 mostram a simulação das luminárias importadas mais eficientes.

Figura 37: Simulação staff – luminária importada tipo 33 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-ST-FC-EX-3-MX.dlx)

Figura 38: Simulação staff – luminária importada tipo 40 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-ST-FC-EX-4-MX.dlx)

Por fim, para simulação do staff, simularemos as luminárias em LED com o mesmo integrado na peça. Para a pesquisa consideramos 2 tipo de luminárias, uma onde podemos substituir em tamanho, uma luminária para fluorescente tubular de 3

ou 4 lâmpadas 14W, e a outra, onde podemos substituir uma luminária para lâmpada fluorescente compacta não integrada.

Tabela 25: Tabela sistema de iluminação nacional com LED

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim	Galaxia M - 54W	108	563	24	740	59,40	6415,20	44
Philips	BBS496 - 40,5W	115	560	25	686	44,50	5117,5	45
Philips	BBS497 - 40,5W	122	587	168	781	44,50	5429,0	46
Philips	BBS498 - 28W	147	530	18	602	30,80	4527,6	47
Philips	BBS488 - 13W	300	523	18	603	14,30	4290,0	48

Na Tabela 25, a luminária do tipo 44, eficiente e única encontrada no mercado nacional, é uma luminária quadrada com difusor em acrílico prismático. Pode substituir em tamanho, uma luminária padrão modular 625x625mm.

A luminária do tipo 48 é circular, com refletor em alumínio e de tamanho reduzido, podendo substituir uma luminária para fluorescente compacta não integrada.

Figura 39: Simulação staff – luminária nacional tipo 44 para LED (Arquivo: ET-ST-LE-BR-1-MX.dlx)

catálogo do fabricante Erco. Nesse caso foram pré-selecionadas as luminárias de 4000K.

Como é um ambiente de escritório, a temperatura de cor dos LEDs será por volta de 4000K, branco neutro em todas as simulações.

A luminária da simulação da figura 41 é uma luminária quadrada, com difusor especial “highlightTerm” que proporciona melhor difusão do LED e fácil manutenção de limpeza. Assim como a luminária nacional, pode substituir em tamanho uma luminária 625x625mm.

Figura 41: Simulação staff – luminária importada tipo 49 para LED (Arquivo: ET-ST-LE-EX-3-MX.dlx)

A luminária da próxima simulação é redonda, com refletor de alumínio anodizado e difusor em vidro fosco. Substitui em tamanho, uma luminária para fluorescente compacta.

Figura 42: Simulação staff – luminária importada tipo 54 para LED (Arquivo: ET-ST-LE-EX-4-MX.dlx)

6.1.1.2. Sala Individual

As simulações da sala individual foram feitas com três tipos de lâmpadas utilizadas com mais frequência nesse tipo de sala. Em todos os casos, mesclamos dois sistemas de iluminação.

Temos uma luminária pendente para lâmpada fluorescente tubular no plano de trabalho e o complemento da iluminação da sala foi simulado com lâmpada fluorescente compacta não integrada ou lâmpada halógena ou LED. Segue figura 43 com o layout da sala individual.

Figura 43: Sala individual a ser simulada

No caso da simulação para luminárias nacionais, utilizamos a luminária pendente do fabricante Itaim Iluminação, de código 3450 retangular, com aletas parabólicas, refletor em alumínio anodizado para duas lâmpadas fluorescente tubular de 28W.

Tabela 27: Tabela sistema de iluminação nacional – fluorescente compacta e pendente

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim Iluminação	Delfos 1x32W	6	525	170	1292	36,00	276,3	21
	3450 2x28W	1				60,30		56
Itaim Iluminação	Iolita 2x26W	6	527	240	1284	56,00	396,3	19
	3450 2x28W	1				60,30		56
Itaim Iluminação	Delfos 1x42W	4	520	155	1346	47	248,3	26
	3450 2x28W	1				60,30		56
Lumini	E-4039 1x32W	5	531	216	1205	36,00	240,3	24
	3450 2x28W	1				60,30		56
Lumini	E-4039 1x42W	6	663	235	1233	47,00	342,30	28
	3450 2x28W	1				60,30		56

Figura 44: Simulação sala individual – luminária nacional tipo 26 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-SI-FC-BR-1-MX.dlx)

A figura 44 mostra a simulação com uma luminária redonda, com aletas parabólicas e refletor em alumínio anodizado para 1 lâmpada fluorescente compacta tripla 4P de 42W.

A outra luminária possui as mesmas características da anterior, porém não possui aletas, e é para 1 lâmpada fluorescente compacta tripla 4P de 32W. A simulação realizada está na figura 45.

Figura 45: Simulação sala individual – luminária eficiente nacional tipo 24 para fluorescente compacta

Em ambas as simulações, notamos que no plano de trabalho, onde se localiza a luminária retangular pendente, temos um nível de iluminação muito alto. Na época em que foram realizadas as simulações, o único fabricante que disponibilizou as fotometrias, possuía apenas luminária pendente para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares. O ideal nesse caso, é que houvesse uma luminária pendente para apenas 1 lâmpada fluorescente tubular.

Para a luminária importada, foi escolhida uma luminária do fabricante Zumtobel, código 42 156 154 1x28W ou código 42 156 158 2x28W, ambas são retangulares, com aletas parabólicas, refletor em alumínio e ótimo controle de ofuscamento. Nesse caso, foram simuladas duas opções com 1 ou 2 lâmpadas fluorescentes tubulares. Segue a Tabela 28 com as simulações realizadas.

Tabela 28: Tabela sistema de iluminação importado – fluorescente compacta e pendente

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Erco	37618.000 1x32W	6	540	211	923	36,00	246,5	33
	CLARIS2 42156154 1x28W	1				30,50		57
Erco	37618.000 1x32W	6	619	226	1331	36,00	276,3	33
	CLARIS2 42156158 2x28W	1				60,30		58
Erco	37609.000 2x26W	6	593	263	933	56,00	366,50	37
	CLARIS2 42156154 1x28W	1				30,50		57
Erco	37609.000 2x26W	4	506	188	1147	56,00	284,3	37
	CLARIS2 42156158 2x28W	1				60,30		58
Zumtobel	PANOS Q 60811108 1x32W	7	530	287	781	36,00	282,5	40
	CLARIS2 42156154 1x28W	1				30,50		57
Zumtobel	PANOS Q 60811108 1x32W	6	552	264	1202	36,00	276,3	40
	CLARIS2 42156158 2x28W	1				60,30		58

A figura 46 a seguir é a simulação da luminária tipo 33 em destaque na Tabela 28, com uma luminária quadrada, com refletor em alumínio anodizado, onde o desenho do próprio refletor faz o controle de ofuscamento da peça. A lâmpada da peça é para uma fluorescente compacta tripla 4P de 32W.

Figura 46: Simulação sala individual – luminária importada tipo 33 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-SI-FC-EX-3-MX.dlx)

Comparando a simulação da figura 46 com as simulações das figuras 44 e 45, observamos que o nível de iluminação na mesa de trabalho é menor, pois nesse caso, a luminária pendente é para 1 lâmpada fluorescente tubular.

Figura 47: Simulação sala individual – luminária importada tipo 40 para fluorescente compacta (Arquivo: ET-SI-FC-EX-4-MX.dlx)

A simulação da figura 47, com uma das luminárias mais eficientes para lâmpada fluorescente compacta, foi realizada com uma luminária quadrada, com refletor em alumínio facetado com alto controle de ofuscamento obtida pelo próprio desenho do refletor. A lâmpada da peça é uma fluorescente compacta tripla 4P de 32W.

O próximo sistema de iluminação que será simulado terá a mesma luminária pendente na mesa de trabalho, porém com lâmpadas halógenas complementando a luz geral. A lâmpada halógena é muito utilizada no mercado nacional por *light designers* por produzir uma luz mais aconchegante devido ao brilho e a temperatura de cor.

Geralmente, as salas individuais, são as salas de presidente e diretores, onde os projetistas visam conforto e elegância. No Brasil, é comum que o projeto luminotécnico dessas salas seja de melhor qualidade.

Infelizmente, no mercado nacional, não há tantas opções de produtos com luminárias de lâmpadas halógenas que produzam luz geral. As lâmpadas halógenas

mais utilizadas no país, são as lâmpadas de destaque, com fecho definido, como a lâmpada dicróica ou AR70 ou AR111.

A Tabela 29 mostram as simulações realizadas com as luminárias encontradas no mercado nacional. As duas primeiras são para lâmpada halopin tensão de rede, de vida útil baixa de 2000 horas e a última é para lâmpada bipino 12V. As duas luminárias de menor consumo em destaque, são circulares, com foco de luz recuado e difusor fosco. Ambas possuem refletor em alumínio.

Tabela 29: Tabela sistema de iluminação nacional – halógena e pendente

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim	Iborã 1x60W	25	414	138	1199	60,00	1560,3	59
	3450 2x28W	1				60,30		56
Lumini	E-003 1x60W	21	509	204	1171	60,00	1320,3	60
	3450 2x28W	1				60,30		56
Lumini	E-100 20º - 1x100W	9	574	92	2376	110,00	1050,3	61
	3450 2x28W	1				60,30		56

Seguem as simulações com as duas peças de menor consumo.

Figura 48: Simulação sala individual – luminária nacional tipo 60 para halógena (Arquivo: ET-SI-HA-BR-1-MX.dlx)

Figura 49: Simulação sala individual – luminária nacional tipo 61 para halógena (Arquivo: ET-SI-HA-BR-2-MX.dlx)

Observando as figuras 48 e 49, percebemos que o conjunto não é eficiente, primeiro pela grande quantidade de pontos de luz no forro e segundo, observando o consumo na Tabela 29, ambas tem um consumo quase 75% maior que utilizando lâmpadas fluorescentes compactas.

Para as próximas simulações, a lâmpada halógena será utilizada somente como luz de destaque.

Tabela 30: Tabela sistema de iluminação importado – halógena e pendente

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Erco	47011.000 1x100W	8	550	175	970	110,00	910,5	62
	CLARIS2 42156154 1x28W	1				30,50		57
Erco	47011.000 1x100W	6	515	148	1192	110,00	720,3	62
	CLARIS2 42156158 2x28W	1				60,30		58
Erco	47013.000 1x75W	12	572	230	945	82,50	1020,5	63
	CLARIS2 42156154 1x28W	1				30,50		57
Erco	47013.000 1x75W	9	532	183	1133	82,50	802,8	63
	CLARIS2 42156158	1				60,30		58

	2x28W							
Erco	47046.000 1x100W	8	619	160	1215	110,00	910,5	64
	CLARIS2 42156154 1x28W	1				30,50		57
Erco	47046.000 1x100W	6	567	134	1282	110,00	720,3	64
	CLARIS2 42156158 2x28W	1				60,30		58
Zumtobel	2LIGHT MINI 60810969 1x75W	15	741	228	1069	82,50	1268,0	65
	CLARIS2 42156154 1x28W	1				30,50		57
Zumtobel	2LIGHT MINI 60810969 1x75W	9	567	95	1310	82,50	802,80	65
	CLARIS2 42156158 2x28W	1				60,30		58

Comparando a Tabela 29 de luminárias nacionais e a Tabela 30 de luminárias importadas, percebemos que no sistema de iluminação internacional, a quantidade de luminárias de luz geral é bem menor que o do mercado nacional.

As peças tipo 61 e 62, são peças que utilizam o mesmo tipo de lâmpada e na simulação, para alcançar o nível médio de 500lux, foram necessárias cerca de 1/3 a menos de peças. Ou seja, a peça 62 é mais eficiente que a peça 61.

Seguem as figuras 50 e 51 com as simulações das luminárias de menor consumo no mercado internacional utilizando lâmpadas halógenas.

Figura 50: Simulação sala individual – luminária importada tipo 62 para halógena (Arquivo: ET-SI-HA-EX-3-MX.dlx)

Figura 51: Simulação sala individual – luminária importada tipo 65 para halógena (Arquivo: ET-SI-HA-EX-4-MX.dlx)

Por fim, simularemos para esta sala o conjunto com o mesmo pendente em cima da mesa de trabalho e luminária LED para luz geral.

Tabela 31: Tabela sistema de iluminação nacional – LED e pendente

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim Iluminação	Âmbar LED 23W	6	534	248	1295	24,30	212,1	66
	3450 2x28W	1				60,30		56
Itaim Iluminação	Asteca P 12W	14	594	268	1310	13,20	245,1	67
	3450 2x28W	1				60,30		56
Itaim Iluminação	Atlantis P 12W	11	508	217	1258	13,20	205,5	68
	3450 2x28W	1				60,30		56
Itaim Iluminação	Galaxia P 12W	10	505	228	1219	13,20	192,3	69
	3450 2x28W	1				60,30		56
Itaim Iluminação	Maia P 12W	11	515	223	1259	13,20	205,5	70
	3450 2x28W	1				60,30		56
Philips	BBS488 - 13W	8	521	185	1313	14,30	174,7	48
	3450 2x28W	1				60,30		56
Philips	BBS498 – 28W	4	537	191	1328	30,80	183,5	47
	3450 2x28W	1				60,30		56

As luminárias de menor consumo, em destaque na Tabela 31, têm as seguintes características: a primeira é uma luminária quadrada com difusor em acrílico prismático e a segunda é circular, com fonte recuada, refletor em alumínio e fechamento em difusor translúcido.

Seguem as simulações dessas peças nas figuras 52 e 53.

Figura 52: Simulação sala individual – luminária nacional tipo 69 para LED (Arquivo: ET-SI-LE-BR-1-MX.dlx)

Figura 53: Simulação sala individual – luminária eficiente nacional tipo 48 para LED (Arquivo: ET-SI-LE-BR-2-MX.dlx)

Do mesmo modo, foram feitas as simulações para escolha do sistema de iluminação de menor consumo para luminárias importadas. A Tabela 32 traz os resultados dessa simulação, onde as luminárias em destaque são as tipologias que tiveram menor consumo.

Tabela 32: Tabela sistema de iluminação importado – LED e pendente

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Erco	47765.000 34W	5	581	123	1108	37,40	217,5	54
	CLARIS2 42156154 1x28W	1				30,50		57
Erco	47765.000 34W	4	558	132	1280	37,40	209,9	54
	CLARIS2 42156158 2x28W	1				60,30		58
Erco	47725.000 27W	7	542	140	950	29,70	238,4	53
	CLARIS2 42156154 1x28W	1				30,50		57
Erco	Erco	6	551	156	1260	29,70	238,5	53
	CLARIS2 42156158 2x28W	1				60,30		58
Zumtobel	L-FIELDS MINI 42180162 25W	9	511	250	828	27,50	278,0	71

	CLARIS2 42156154 1x28W	1				30,50		57
Zumtobel	L-FIELDS MINI 42180162 25W	8	550	231	1173	27,50	280,3	71
	CLARIS2 42156158 2x28W	1				60,30		58
Zumtobel	L-FIELDS MINI 42180163 38W	6	533	240	863	41,80	281,3	72
	CLARIS2 42156154 1x28W	1				30,50		57
Zumtobel	L-FIELDS MINI 42180163 38W	5	537	237	1086	41,80	269,3	72
	CLARIS2 42156158 2x28W	1				60,30		58

A luminária da Erco é uma luminária circular, com refletor de alumínio, fonte de luz recuada, e difusor em vidro translúcido. A figura 54 mostra a simulação com esse sistema de iluminação.

Figura 54: Simulação sala individual – luminária importada tipo 54 para LED (Arquivo: ET-SI-LE-EX-3-MX.dlx)

E a figura 55 é a simulação da luminária da Zumtobel, quadrada com difusor translúcido.

Figura 55: Simulação sala individual – luminária importada tipo 72 para LED (Arquivo: ET-SI-LE-EX-4-MX.dlx)

6.1.1.3. Sala de reuniões

Para a sala de reuniões, também optou-se por mesclar dois sistemas de iluminação. Um que seria pontual e de destaque para a mesa de trabalho e outra que daria a luz geral do ambiente. Geralmente, nos projetos de iluminação, opta-se por diferenciar esse ambiente, uma vez que, é na sala de reuniões que ocorrem os grandes negócios.

Para simplificar a simulação, pois há inúmeras maneiras de projetar uma sala de reuniões, optou-se por um sistema de iluminação de destaque em cima da mesa de trabalho utilizando lâmpadas halógenas dicróicas, pois estas são próprias para essa finalidade ou apenas substituindo a lâmpada dicróica pela lâmpada LED de mesma base.

E para simular a luz geral, optou-se por utilizar lâmpadas fluorescentes compactas não integradas ou LED, onde o sistema de iluminação produza luz difusa através de um difusor translúcido em vidro ou acrílico.

Na figura 56, temos a sala de reunião com o layout sugerido.

Figura 56: Sala de reunião a ser simulada

Para verificação do consumo energético, também foi feita uma simulação utilizando apenas um tipo de sistema de iluminação produzindo luz geral no ambiente.

Segundo a NBR 5413/1992, o nível médio para a sala de reuniões é de 300 lux.

Iniciou-se a simulação utilizando apenas luz geral, com luminárias com difusor translúcido e luminárias com luz indireta, muito utilizada nesses ambientes.

Tabela 33: Tabela sistema de iluminação nacional – fluorescente tubular ou fluorescente compacta longa

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim Iluminação	2105 4x14W	3	311	149	497	61,20	183,6	73
Itaim Iluminação	2593 2x24W	6	304	224	372	50,00	300,0	74
Itaim Iluminação	2594 2x24W	5	308	143	521	50,00	250,0	75
Lumini	FE-1433 4x14W	3	357	160	583	61,20	183,6	76
Lumini	FE-4675 1x36W	8	333	233	495	35,00	280,0	77
Lumini	FE-4680 2x36W	4	313	202	381	69,00	276,0	78

A luminária do fabricante Lumini em destaque na Tabela 33 é quadrada com difusor translúcido. Segue simulação na figura 57.

Figura 57: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 74 para fluorescente tubular (Arquivo: ET-SR-FT-BR-1-MX.dlx)

A outra luminária de menor consumo que foi utilizada na simulação é de luz indireta e difusa, quadrada, com refletor e defletor em aço pintados na cor branca. Essa luminária é muito especificada por *light designers*, por apresentar um design diferenciado da peça. Na figura 58, temos a simulação feita com essa peça.

Figura 58: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 75 para fluorescente tubular (Arquivo: ET-SR-FT-BR-2-MX.dlx)

A Tabela 34 mostra a mesma situação das simulações realizadas anteriormente, aplicadas para luminárias importadas.

Tabela 34: Tabela sistema de iluminação importado – fluorescente tubular

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Zumtobel	L-FIELDS 42177999 4x14W	2	373	98	672	61,20	122,4	79
Zumtobel	MELLOW LIGHT 42174801 2x24W	3	314	133	499	50,00	150,0	80
Zumtobel	MELLOW LIGHT 42159361 2x24W + 2x24W	4	321	204	400	100,00	400,0	81
Zumtobel	MELLOW LIGHT 42106235 2x24W	3	303	130	471	50,00	150,0	82

A luminária da Zumtobel corresponde às mesmas especificações da luminária da Lumini. É uma luminária quadrada, com difusor translúcido para 4 lâmpadas fluorescente tubular.

Seguem as simulações das peças de menor consumo da Tabela 34 nas figuras 59 e 60.

Figura 59: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 79 para fluorescente tubular (Arquivo: ET-SR-FT-EX-3-MX.dlx)

Novamente, percebemos comparando as simulações da figura 57 e da figura 59 que a luminária importada é mais eficiente. Aparentemente as duas peças são iguais.

A outra luminária da Zumtobel é de luz indireta central com defletor e difusor para 2 lâmpadas fluorescente tubular T5 de 24W.

Figura 60: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 80 para fluorescente tubular (Arquivo: ET-SR-FT-EX-4-MX.dlx)

As próximas simulações foram feitas a partir de 2 tipos de sistema de iluminação, luz de destaque sobre a mesa de reunião, com lâmpada halógena ou lâmpada LED e complemento de luz geral com lâmpada fluorescente compacta ou luminária de LED.

Para lâmpada dicróica utilizaremos apenas a fotometria da lâmpada, pois nas luminárias nacionais, ela serve apenas para segurar a lâmpada.

Tabela 35: Tabela sistema de iluminação nacional – halógena e fluorescente compacta

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim iluminação	Lâmpada dicróica 35W 36º	3	441	199	1374	38,50	451,5	83
	Cianita 2x26W	6				56,00		84
Itaim iluminação	Lâmpada dicróica 35W 36º	3	382	154	1305	38,50	451,50	83
	Prata-E 2x26W	6				56,00		85
Lumini	Lâmpada dicróica 35W 36º	3	436	177	1363	38,50	339,5	83
	E-4433 2x26W	4				56,00		86
Lumini	Lâmpada dicróica 35W 36º	3	397	141	1326	38,50	451,5	83
	E-4033 V 2x26W	6				56,00		87

Observando a Tabela 35, o conjunto em destaque da Lumini tem o menor consumo. E a escolha pela luminária da Itaim em destaque é justificada pela distribuição de luz mais homogênea com o nível médio mais alto. Ambas as luminárias escolhidas tem as mesmas características, são quadradas com difusor translúcido.

As figuras 61 e 62 mostram a simulação dessas peças. Os valores ponto a ponto são muito próximos, no entanto observando na simulação da figura 61 temos menos luminárias que na simulação da figura 62 com a luminária do fabricante Itaim Iluminação.

Figura 61: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 86 – halógena e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FH-BR-1-MX.dlx)

Figura 62: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 84 – halógena e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FH-BR-2-MX.dlx)

A Tabela 36 abaixo, temos os mesmos conjuntos: luz de destaque na mesa de reuniões e luz geral com lâmpadas fluorescente compacta. Nesse caso, foi utilizada uma luminária para a luz de destaque, pois na mesma, a fonte de luz é recuada para reduzir o ofuscamento.

Tabela 36: Tabela sistema de iluminação importado – halógena e fluorescente compacta

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Erco	37009.000 1x35W 36º	3	442	162	1301	38,50	259,50	88
	37618.000 1x32W	4				36,00		33
Erco	37009.000 1x35W 36º	3	308	105	1113	38,50	217,5	88
	37627.000 1x14W	6				17,00		89
Erco	37009.000 1x35W 36º	3	304	102	1101	38,50	235,5	88
	37600.000 1x18W	6				20,00		90
Erco	37009.000 1x35W 36º	3	454	159	1269	38,50	339,50	88
	37614.000 2x26W	4				56,00		91
Zumtobel	37009.000 1x35W 36º	3	343	107	1114	38,50	259,50	88
	L-FIELDS 42159214 1x32W	4				36,00		92

Seguem as simulações das luminárias de menor consumo em destaque na tabela acima. A luminária da figura 63 é a luminária da Erco, quadrada, com refletor em alumínio, fonte de luz recuada, protegida com vidro translúcido.

Figura 63: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 89 – halógena e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FH-EX-3-MX.dlx)

Figura 64: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 92 – halógena e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FH-EX-4-MX.dlx)

Diferente das simulações do sistema de iluminação nacional anteriores, as luminárias utilizadas são diferentes. A da simulação da figura 64 Zumtobel, é uma luminária quadrada com difusor translúcido rente à borda.

No próximo conjunto de simulações, substituiremos a lâmpada dicróica, por uma lâmpada LED de 7W 25º. Nesse caso, também utilizaremos a fotometria da lâmpada diretamente.

Observando a Tabela 37, apenas com a substituição das lâmpadas de destaque, obtivemos o nível médio de acordo com a norma.

Tabela 37: Tabela sistema de iluminação nacional – LED e fluorescente compacta

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim iluminação	Lâmpada LED 7W 25º	3	336	182	724	7,70	359,1	93
	Cianita 2x26W	6				56,00		84
Lumini	Lâmpada dicróica 25W 36º	3	327	162	716	7,70	247,1	93
	E-4433 2x26W	4				56,00		86

Seguem nas figuras 65 e 66 com as simulações dessa substituição. A figura 65 corresponde à simulação da luminária do fabricante Lumini e a figura 66 do fabricante Itaim Iluminação.

Figura 65: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 1 – LED e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FL-BR-1-MX.dlx)

Figura 66: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 2 – LED e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FL-BR-2-MX.dlx)

Comparando as simulações dessa substituição, notamos que o valor ponto a ponto da mesa de reuniões teve uma redução, ou seja, apesar do fabricante afirmar que a lâmpada LED em questão pode substituir uma lâmpada dicróica sem perda de luz, a luminância das lâmpadas não é a mesma. Observa-se que é menor.

Na Tabela 38 onde foi feita apenas a substituição das lâmpadas de destaque dos sistemas de iluminação importados, não foi possível alcançar o nível solicitado pela norma. Então, foi realizada outra simulação, no caso, com outras luminárias, para assim alcançar o nível médio solicitado da norma.

As luminárias utilizadas para se alcançar o nível solicitado, tem mesmas características das luminárias importadas simuladas no conjunto halógena e fluorescente compacta, porém utilizam lâmpadas de potência maior.

Tabela 38: Tabela sistema de iluminação importado – LED e fluorescente compacta

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Erco	Lâmpada LED 7W 35º	3	229	104	621	7,70	125,1	93
	37627.000 1x14W	6				17,00		89
Erco	Lâmpada LED 7W 35º	3	308	165	779	7,70	197,1	93
	37604.000 1x26W	6				29,00		94
Zumtobel	Lâmpada LED 7W 35º	3	263	104	646	7,70	167,1	93
	L-FIELDS 42159214 1x32W	4				36,00		92
Zumtobel	Lâmpada LED 7W 35º	3	340	140	742	7,70	211,1	88
	L-FIELDS 42159216 1x42W	4				47,00		112

Seguem nas figuras 67 e 68 com as simulações ponto a ponto das substituições realizadas.

Figura 67: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 94 – LED e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FL-EX-3-MX.dlx)

Figura 68: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 112 – LED e fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FL-EX-4-MX.dlx)

As próximas simulações serão as do conjunto luz de destaque com lâmpada halógena e luz geral com luminária em LED. Do mesmo modo que foi realizado nas outras simulações, faremos com o sistema de iluminação nacional e posteriormente com o sistema de iluminação importado.

Tabela 39: Tabela sistema de iluminação nacional – Halógena e LED

Fabricante	Cóque as digo peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim	37009.000 1x35W 36º	3	365	146	1280	38,50	194,7	88
	Galaxia P 12W	6				13,20		69
Itaim	37009.000 1x35W 36º	3	409	157	1331	38,50	216,7	88
	Âmbar LED 23W	4				25,30		66
Philips	37009.000 1x35W 36º	3	332	113	1266	38,50	172,7	88
	BBS488 – 13W	4				14,30		48

Figura 69: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 69 – halógena e LED (Arquivo: ET-SR-LH-BR-1-MX.dlx)

Figura 70: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 48 – halógena e LED (Arquivo: ET-SR-LH-BR-2-MX.dlx)

A escolha das peças para lâmpada fluorescente compacta para simulação, já foram pré-selecionadas no momento em que foram realizadas as simulações do staff. Nessa fase, utilizamos aquela que juntamente com a lâmpada de destaque, tenha o menor consumo além do nível de iluminação de acordo com a NBR 5413/1992.

Abaixo, temos a Tabela 40 referente às simulações para os sistemas de iluminação importados.

Tabela 40: Tabela sistema de iluminação importado – Halógena e LED

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Erco	37009.000 1x35W 36º	3	525	111	1294	38,50	265,1	88
	47765.000 34W	4				37,40		54
Erco	37009.000 1x35W 36º	3	313	52	1038	38,50	203,5	88
	47719.000 20W	4				22,00		52
Zumtobel	37009.000 1x35W 36º	3	433	164	1238	38,50	282,7	88
	L-FIELDS MINI 42180163 38W	4				41,80		72
Zumtobel	37009.000 1x35W 36º	3	325	105	1112	38,50	225,5	88
	L-FIELDS MINI 42180162 25W	4				27,50		71

Figura 71: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 52 – halógena e LED (Arquivo: ET-SR-LH-EX-3-MX.dlx)

Figura 72: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 71 – halógena e LED (Arquivo: ET-SR-LH-EX-4-MX.dlx)

As figuras 71 e 72 são as simulações referentes às luminárias de menor consumo do conjunto lâmpadas halógenas e luminárias LED, do sistema de iluminação importado.

Por fim, a Tabela 41 mostra a substituição de todos os conjuntos em LED. Novamente, observa-se que apenas com a substituição de peças, não foi possível alcançar o nível de iluminação médio solicitado pela norma. Em ambos os casos, houve acréscimo de luminárias para atender a norma.

Tabela 41: Tabela sistema de iluminação nacional – LED e LED

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim	Lâmpada LED 7W 35º	3	256	129	630	7,70	102,3	93
	Galaxia P 12W – teste 1	4				13,20		69
Itaim	Lâmpada LED 7W 35º	3	325	171	715	7,70	128,7	93
	Galaxia P 12W – teste 2	6				13,20		69
Philips	Lâmpada LED 7W 35º	3	224	98	616	7,70	80,3	93
	BBS488 – 13W – teste 1	4				14,30		48
Philips	Lâmpada LED 7W 35º	3	307	145	732	7,70	108,9	93
	BBS488 – 13W – teste 2	6				14,30		48

As figuras 73 e 74 são os resultados dessas simulações. Nota-se que o nível está bem homogêneo, onde na mesa de trabalho (mesa de reuniões) alcançamos até o nível de 500 lux. A simulação dessa sala atenderia a nova norma para iluminância de interiores, onde é apresentada o nível no plano de trabalho do ambiente.

Figura 73: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 69 – LED e LED (Arquivo: ET-SR-LL-BR-1-MX.dlx)

Figura 74: Simulação sala de reuniões – luminária nacional tipo 48 – LED e LED (Arquivo: ET-SR-LL-BR-2-MX.dlx)

Analisando a Tabela 42 com a simulação do sistema de iluminação importado, observamos que também não foi possível apenas a substituição das peças, assim como ocorreu nas simulações do sistema de iluminação nacional. Então foi acrescentado mais luminárias no ambiente para alcançar o nível solicitado pela norma.

Tabela 42: Tabela sistema de iluminação importado – LED e LED

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Erco	Lâmpada LED 7W 35º	3	234	52	591	7,70	111,1	93
	47719.000 20W – teste 1	4				22,00		52
Erco	Lâmpada LED 7W 35º	3	321	94	677	7,70	155,1	93
	47719.000 20W – teste 2	6				22,00		52
Zumtobel	Lâmpada LED 7W 35º	3	246	106	621	7,70	133,1	93
	L-FIELDS MINI 42180162 25W – teste 1	4				27,50		71
Zumtobel	Lâmpada LED 7W 35º	3	340	160	750	7,70	188,1	93
	L-FIELDS MINI 42180162 25W – teste 2	6				27,50		71

Seguem as simulações do ambiente com o sistema de iluminação lâmpada LED e luminária LED. As figuras 75 e 76 correspondem às luminárias do fabricante da Erco e Zumtobel, respectivamente.

Figura 75: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 52 – LED e LED (Arquivo: ET-SR-LL-EX-3-MX.dlx)

Figura 76: Simulação sala de reuniões – luminária importada tipo 71 – LED e LED (Arquivo: ET-SR-LL-EX-4-MX.dlx)

6.1.2. Simulação 2ª Etapa

Simularemos nessa 2ª parte do trabalho duas situações para posterior comparação. Será simulado um projeto com sistema de iluminação menos eficiente e um projeto que atenda a nova norma que substituirá a NBR 5413/1992. As simulações a seguir serão feitas apenas para o estudo de caso dos escritórios apenas para realizar os comparativos.

Chamaremos de menos eficiente, o sistema de iluminação formado por lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 32W com luminária de bom controle óptico com aletas parabólicas e sistemas de iluminação com lâmpadas fluorescentes compactas dupla 4P de 26W. Ambas as peças ainda são comercializadas e muito especificadas no país.

Escolheremos as luminárias do fabricante Itaim Iluminação, pois o mesmo disponibiliza todas as fotometrias e fichas técnicas em seu *website*. Como analisaremos a situação de menor eficiência, não nos preocuparemos em conferir qual sistema de iluminação tem maior ou menor consumo.

Simularemos o staff com uma luminária do fabricante Itaim Iluminação, quadrada, com aletas parabólicas e refletor em alumínio. O reator utilizado é o do fabricante Philips, código EL232A26 OS. Na Tabela 43 segue o resultado da simulação.

Tabela 43: Tabela sistema de iluminação Staff menos eficiente com fluorescente tubular

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
<i>Itaim Iluminação</i>	<i>2003 4x16W</i>	<i>101</i>	<i>534</i>	<i>80</i>	<i>633</i>	<i>70,00</i>	<i>7070,0</i>	<i>95</i>

Para a sala individual e sala de reuniões, utilizaremos para luz geral a luminária Prata-E 2x26W do fabricante Itaim Iluminação. Manteremos na sala de reuniões uma luminária com lâmpada halógena dicróica no centro da mesa e para sala individual, simularemos o ambiente com o pendente 3457 2x32W.

Tabela 44: Tabela sistema de iluminação sala individual menos eficiente

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim Iluminação	Prata-E 2x26W vidro jateado	6	502	230	1123	56,00	409,0	85
	3457 2x32W	1				73,00		96

Na Tabela 44, temos o resultado da simulação da sala individual e na Tabela 45 o da sala de reuniões.

Tabela 45: Tabela sistema de iluminação sala de reuniões menos eficiente

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim iluminação	Lâmpada dicróica 35W 36º	3	382	154	1305	38,50	451,50	83
	Prata-E 2x26W	6				56,00		85

As figuras 77, 78 e 79 mostram o resultado das simulações ponto a ponto do sistema menos eficiente dos ambientes: staff, sala individual e sala de reuniões, respectivamente.

Figura 77: Simulação Staff – luminária nacional menos eficiente com fluorescente tubular (Arquivo: ET-ST-FT-BR-1-MI.dlx)

Figura 78: Simulação sala individual – luminária nacional menos eficiente com fluorescente compacta (Arquivo: ET-SI-FC-BR-1-MI.dlx)

Figura 79: Simulação sala de reuniões – luminária nacional menos eficiente com fluorescente compacta (Arquivo: ET-SR-FC-BR-1-MI.dlx)

Pela nova norma de iluminância de interiores, a principal modificação é referente ao nível de iluminância no plano de trabalho. Os valores contidos na tabelas (ver Anexo XX) serão valores considerados apenas nesse plano e não mais no ambiente como um todo. Assim, a tendência é reduzirmos a quantidade de luminárias em cada ambiente.

No staff, consideraremos 300 lux para luz geral e 500 lux no plano de trabalho. Simularemos utilizando a peça do fabricante Itaim Iluminação 2691 4x14W, luminária quadrada, refletor em alumínio e aletas parabólicas em alumínio. A mesma peça eficiente encontrada para fluorescente tubular no staff.

Utilizaremos um pendente sob a mesa de trabalho, instalada à 1,80m do piso, do fabricante Itaim Iluminação em LED. A luminária é a D´Art Gesso 1025 de 14W. Inclusive a peça ganhou o prêmio Design Abilux de 2012. Esta peça será utilizada somente nesta simulação, pois no momento em que foram realizadas as outras simulações, o fabricante ainda não havia fornecido a fotometria da peça.

Com a nova norma de iluminação de interiores, os resultados da simulação ponto a ponto e as curvas de distribuição luminosa passam a ter grande importância.

Tabela 46: Tabela simulação staff seguindo norma NBR ISO8995

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim iluminação	2691 4x14W	61	434	15	857	61,20	3815,8	06
	D´Art Gesso 1025 14W	61				15,40		97

Segue abaixo a figura 80 com o resultado da simulação ponto a ponto. No plano de trabalho, temos 500 lux e no entorno, cerca de 300 lux.

Figura 80: Simulação staff – luminária nacional eficiente seguindo NBR ISO8995 (Arquivo: ET-ST-FT-BR-2-MX-ISO.dlx)

Para a sala individual, simularemos o ambiente utilizando o conjunto luminária pendente e fluorescente compacta. Como não é obrigatório que o Emédio seja de 500 lux, conseguimos reduzir a quantidade de peças por ambiente, pois alcançamos os 500 lux no plano de trabalho e temos 300 lux ao redor do plano de trabalho.

A figura 81 e a Tabela 47 nos mostra os novos valores e a nova distribuição de peças no ambiente.

Tabela 47: Tabela simulação sala individual seguindo norma NBR ISO8995

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Lumini	E-4039 1x32W	4	453	76	1195	36,00	204,3	24
	3450 2x28W	1				60,30		56

Figura 81: Simulação sala individual – luminária eficiente seguindo NBR ISO8995 (Arquivo: ET-SR-FT-BR-2-MX-ISO.dlx)

No caso da sala de reunião, apesar no nível ter aumentado de 300 lux médio para 500 lux, a simulação já nos mostra que no plano de trabalho, já se alcançou os 500 lux. (ver figura 74).

6.1.3. Projetos

Nessa parte do trabalho, será simulado o andar do escritório escolhido com os sistemas de iluminação mais eficientes encontrados anteriormente.

A seguir, temos a tabela com o resumo das simulações realizadas. No Anexo – Parte 3, temos todos os resultados dessa tabela com os níveis médio, mínimo e máximo, e a simulação com curvas isolux dos ambientes.

Tabela 48: Tabela resultados simulação do escritório

Local	Área (m ²)	Tipo forro	Tipo lâmpada	Origem	Potência total (W)	Máxima eficiência (lm/W) ¹⁵	Lum.	Arquivo simulação
Staff	537,32	Gesso liso	Fl. Tubular	Brasil	5508,0	96,43	1	ET-ST-FT-BR-1-MX.dlx
				Brasil	5474,0	96,43	2	ET-ST-FT-BR-2-MX.dlx
				Exterior	4968,0	96,43	3	ET-ST-FT-EX-3-MX.dlx
				Exterior	4896,0	96,43	4	ET-ST-FT-EX-4-MX.dlx
				Brasil	7070,0	84,04	1	ET-ST-FT-BR-1-MI.dlx
				Brasil	3815,8	96,43	2	ET-ST-FT-BR-2-MX_ISO.dlx
		modulad	Fl. Tubular	Brasil	5752,8	96,43	5	ET-ST-FT-BR-5-MX.dlx
				Brasil	6440,0	96,43	6	ET-ST-FT-BR-6-MX.dlx
				Exterior	5474,0	96,43	7	ET-ST-FT-EX-7-MX.dlx
				Exterior	5875,2	96,43	8	ET-ST-FT-EX-8-MX.dlx
		Gesso liso	Fl. Compac	Brasil	7488,0	75,00	1	ET-ST-FC-BR-1-MX.dlx
				Brasil	6876,0	75,00	2	ET-ST-FC-BR-2-MX.dlx
				Exterior	6228,0	75,00	3	ET-ST-FC-EX-3-MX.dlx
				Exterior	6984,0	75,00	4	ET-ST-FC-EX-4-MX.dlx
		Gesso liso	LED	Brasil	6415,2	71,11	1	ET-ST-LE-BR-1-MX.dlx
				Brasil	4290,0	86,92	2	ET-ST-LE-BR-2-MX.dlx
				Exterior	4888,4	81,14	3	ET-ST-LE-EX-3-MX.dlx
				Exterior	6358,0	79,41	4	ET-ST-LE-EX-4-MX.dlx
Sala individual	20,96	Gesso liso	Fl. Compac	Brasil	248,3	76,19	1	ET-SI-FC-BR-1-MX.dlx
				Brasil	240,3	75,00	2	ET-SI-FC-BR-2-MX.dlx
				Exterior	246,3	75,00	3	ET-SI-FC-EX-3-MX.dlx
				Exterior	276,3	75,00	4	ET-SI-FC-EX-4-MX.dlx
				Brasil	409,0	69,23	1	ET-SI-FC-BR-1-MI.dlx
				Brasil	204,3	75,00	2	ET-SI-FC-BR-2-MX-ISO.dlx
		Gesso liso	Halógena	Brasil	1320,2	13,17	1	ET-SI-HA-BR-1-MX.dlx
				Brasil	1050,3	22,00	2	ET-SI-HA-BR-2-MX.dlx
				Exterior	720,3	22,00	3	ET-SI-HA-EX-3-MX.dlx
				Exterior	802,8	18,00	4	ET-SI-HA-EX-4-MX.dlx
		Gesso liso	LED	Brasil	192,3	87,83	1	ET-SI-LE-BR-1-MX.dlx
				Brasil	174,7	83,70	2	ET-SI-LE-BR-2-MX.dlx
				Exterior	209,9	79,41	3	ET-SI-LE-EX-3-MX.dlx
				Exterior	269,3	53,16	4	ET-SI-LE-EX-4-MX.dlx
Sala de reunião	20,70	Gesso liso	Fl. Tubular	Brasil	183,6	96,46	1	ET-SR-FT-BR-1-MX.dlx
				Brasil	250,0	83,33	2	ET-SR-FT-BR-2-MX.dlx
				Exterior	122,4	96,46	3	ET-SR-FT-EX-3-MX.dlx
				Exterior	150,0	83,33	4	ET-SR-FT-EX-4-MX.dlx
		Gesso liso	Fl. Compac + Halógena	Brasil	339,5	69,23	1	ET-SR-FH-BR-1-MX.dlx
				Brasil	451,5	69,23	2	ET-SR-FH-BR-2-MX.dlx
				Exterior	217,5	75,00	3	ET-SR-FH-EX-3-MX.dlx
				Exterior	259,5	75,00	4	ET-SR-FH-EX-4-MX.dlx
				Brasil	451,5	69,23	1	ET-SR-FH-BR-1-MI.dlx
		Gesso liso	Fl. Compac + LED	Brasil	247,1	69,23	1	ET-SR-FL-BR-1-MX.dlx
				Brasil	359,1	69,23	2	ET-SR-FL-BR-2-MX.dlx
				Exterior	197,1	69,23	3	ET-SR-FL-EX-3-MX.dlx
				Exterior	211,1	76,19	4	ET-SR-FL-EX-4-MX.dlx
		Gesso liso	LED + Halógena	Brasil	194,7	87,83	1	ET-SR-LH-BR-1-MX.dlx
				Brasil	172,7	83,70	2	ET-SR-LH-BR-2-MX.dlx
				Exterior	203,5	81,00	3	ET-SR-LH-EX-3-MX.dlx
				Exterior	225,5	52,80	4	ET-SR-LH-EX-4-MX.dlx
		Gesso liso	LED + LED	Brasil	128,7	87,83	1	ET-SR-LL-BR-1-MX.dlx
				Brasil	108,9	83,70	2	ET-SR-LL-BR-2-MX.dlx
				Exterior	155,1	81,00	3	ET-SR-LL-EX-3-MX.dlx
				Exterior	188,1	52,80	4	ET-SR-LL-EX-4-MX.dlx
				Brasil	108,9	83,70	2	ET-SR-LL-BR-2-MX-ISO.dlx

¹⁵ Referente ao sistema de iluminação principal do ambiente

LEGENDA

ET – Escritório

EC - Escola

ST – Staff

SI – Sala individual

SR – Sala de reunião

SA – Sala de aula

SP – Sala dos professores

RE – Refeitório

FT – Fluorescente tubular

FC – Fluorescente compacta

LE – Sistema iluminação com LED

HÁ – Halógena

FH – Fluorescente compacta + halógena

FL – Fluorescente compacta + lâmpada LED

LH – Sistema com LED + halógena

LL – Sistema com LED + lâmpada LED

BR – Luminárias nacionais

EX – Luminárias importadas

MX – Máxima eficiência

MI – Mínima eficiência

ISO – baseada na nova norma NBR ISO8995

Sistema mais eficiente

Sistema menos eficiente

Simulação com base na norma NBR ISO8995

Pela Tabela 48 de resultados, observamos que o sistema de iluminação encontrado no exterior é mais eficiente que o sistema de iluminação encontrado no mercado nacional. No entanto, em relação às luminárias de LED, o sistema nacional é mais eficiente.

Como ainda não existem normas em relação à produção ou padronização na fabricação do LED no país, não há como justificar essa eficiência. No entanto, estão em estudo algumas normas internacionais que estão sendo traduzidas e discutidas pela Comissão de Estudos de Lâmpadas Elétricas.

Para comparação, faremos o projeto luminotécnico do escritório escolhido, utilizando os sistemas de iluminação mais eficientes tanto do mercado nacional quanto do mercado internacional. Os resultados podem ser vistos no Anexo Parte 3 nas plantas Projeto 1.

. Como os produtos importados utilizados nas simulações são comercializados no Brasil, será feito também o projeto utilizando essas peças, porém seguindo a norma brasileira. Os resultados podem ser vistos no Anexo Parte 3 na planta Projeto 2.

Observando os resultados da distribuição de peças no Projeto 1 e Projeto 2, há uma grande quantidade de luminárias em LED. Na primeira simulação temos 603 peças e na segunda simulação 170.

Como as peças em LED ainda tem um custo inicial muito alto, a grande maioria dos empreendedores não consegue investir na compra de cerca de 600 peças em LED. Então, para aproximarmos do empreendimento real, consideraremos as luminárias em LED somente nas menores áreas, como as salas individuais e salas de reunião. O resultado desse projeto, pode ser visto no Anexo Parte 3, Projeto 3 utilizando o sistema de iluminação nacional e Projeto 4 utilizando o importado.

O Projeto 5 será feito para uma situação onde o empreendedor invista parcialmente em luminárias LED, pois as luminárias nacionais em LED ainda não tem uma garantia de que o fluxo luminoso permanece ao longo dos anos ou que a vida útil e média seja o informado no catálogo. Esse é um dos projetos que mais se aproxima da situação real.

O Projeto 6 é um projeto onde somente os pontos de destaque na mesa de reuniões será em LED e todos os sistemas de iluminação será com fluorescente. Também pode ser considerado como um projeto próximo à situação real, muito encontrado nos escritórios do Brasil.

Para comparação, o Projeto 7 é um projeto onde foi simulado luminárias menos eficientes ainda comercializados no Brasil.

O Projeto 8 é um projeto onde foi considerado a nova norma que substitui a NBR 5413/1192. Consideramos a norma ABNT NBR ISSO 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Tomaremos como base o Projeto 5 para analisar o quanto reduziremos a densidade de potência.

6.2. Escola

Serão simulados para a escola quatro ambientes: sala de aula, sala dos professores e refeitório, assinalados na figura 82 a seguir:

Figura 82: Ambientes simulados da escola

Para a simulação da escola, a escolha dos sistemas de iluminação para verificação dos indicadores de iluminação é mais restrita, pois em uma escola, é importante que os equipamentos para manutenção não tenham muita variedade.

Nesse caso, reduziremos a quantidade de tipo de lâmpada para no máximo dois tipos, facilitando assim, o estoque de produtos para reposição.

Assim como no escritório, considerou-se um pé direito padrão de 2,70m com forro de gesso liso.

Simularemos os ambientes utilizando lâmpada fluorescente tubular e sistemas de iluminação com LED, pois nas simulações de escritório, verificamos que o uso de lâmpada fluorescente compacta não integrada para ambientes maiores não é tão eficiente.

6.2.1. Simulação 1ª Etapa

6.2.1.1. Sala de aula

A planta padrão FDE não possui layout, ficando a critério de cada escola, distribuir seu mobiliário. Nesse caso, será feito uma simulação geral dos ambientes, sem ficar restrito ao layout como foi o caso dos ambientes de escritório.

Como nas salas de aula, temos o nível de trabalho vertical da lousa, imaginaremos que o mesmo esteja na parede lateral da porta.

Utilizaremos luminárias retangulares para lâmpada fluorescente tubular T5 de 28W, 4000K, com refletor e aletas parabólicas. Para o plano vertical, utilizaremos luminárias de fecho assimétrico.

O nível médio da sala de aula é de 300 lux no plano de trabalho horizontal e no plano de trabalho vertical (lousa) consideraremos 500 lux.

Tabela 49: Tabela simulação sala de aula sistema de iluminação nacional – fluorescente tubular

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim Iluminação	2005 2x28W	4	405	179	784	60,30	332,7	98
	2527 1x28W	3				30,50		99
Itaim Iluminação	2315 2x28W	6	509	171	745	60,30	453,3	100
	2527 1x28W	3				30,50		99
Itaim Iluminação	2625 2x28W	4	400	138	592	60,30	332,7	101
	2527 1x28W	3				30,50		99
Itaim Iluminação	2725 2x28W	4	404	122	639	60,30	332,7	102
	2527 1x28W	3				30,50		99
Itaim Iluminação	2615 1x28W	9	385	178	642	30,50	366,0	103
	2527 1x28W	3				30,50		99
Lumini	FE1799 2x28W	4	394	121	648	60,30	332,7	103
	2527 1x28W	3				30,50		99

Optou-se por escolher o conjunto do sistema de iluminação em destaque na Tabela 49 por ser o conjunto que resultou em um nível médio mais homogêneo.

Na figura 83 e 84, podemos ver o nível ponto a ponto com o resultado dessa simulação, onde a figura 84 apresenta o resultado no plano vertical.

Figura 83: Simulação plano horizontal da sala de aula – luminária nacional tipo 101 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-SA-FT-BR-1-MX.dlx)

Figura 84: Simulação plano vertical da sala de aula – luminária nacional tipo 101 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-SA-FT-BR-1-MX.dlx)

Pelas simulações realizadas no escritório, sabemos que as luminárias para lâmpadas fluorescentes tubulares são mais eficientes no exterior, porém para comparação, seguem o resultado das simulações.

Tabela 50: Tabela simulação sala de aula sistema de iluminação importado

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Zumtobel	Mirel2 42914862 2x28W	4	418	141	845	60,30	332,7	105
	Mirel Wallwasher 42911352 1x28W	3				30,50		104
Zumtobel	Mirel2 42915021 1x28W	6	332	132	769	30,5	274,5	106
	Mirel Wallwasher 42911352 1x28W	3				30,50		104
Zumtobel	Mirel2 42914845 2x28W	4	409	140	770	60,30	332,7	107
	Mirel Wallwasher 42911352 1x28W	3				30,50		104
Zumtobel	Mirel2 42914952 1x28W	6	332	128	763	60,30	274,5	108
	Mirel Wallwasher 42911352 1x28W	1				30,50		104

Apesar dos resultados em relação à consumo se repetirem na Tabela 50, a luminária que iremos utilizar para cálculo é que está em negrito. A diferença das luminárias 106 e 108 estão no tipo refletor. A primeira é um refletor do tipo “darklight” e a segunda de alumínio “matt” anodizado.

Ambas as peças tem um bom controle de ofuscamento, porém ao analisar os resultados da simulação, nas figuras 85 e 86, observamos que a simulação da figura 85 atende melhor em relação à homogeneidade.

Figura 85: Simulação plano horizontal da sala de aula – luminária importada tipo 106 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-AS-FT-EX-1-MX.dlx)

Figura 86: Simulação plano horizontal da sala de aula – sistema de iluminação importado tipo 108 com fluorescente tubular

A figura 87 mostra a simulação no plano da lousa para a luminária do tipo 106.

Figura 87: Simulação plano vertical da sala de aula – luminária importada tipo 106 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-AS-FT-EX-1-MX.dlx)

Para a simulação do sistema de iluminação LED, simularemos com algumas luminárias do fabricante Itaim Iluminação. As luminárias são retangulares com fechamento em difusor. Não há ainda no mercado nacional muitos produtos no qual podemos substituir as de luminárias com lâmpada fluorescente tubular.

Tabela 51: Tabela simulação sala de aula sistema de iluminação nacional – LED

Fabricante	Código peça	Qtde peças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim Iluminação	Asteca R – 40W	6	381	163	611	44,00	355,5	109
	2527 1x28W	3				30,50		99
Itaim Iluminação	Maia R – 40W	6	378	159	603	44,00	355,5	110
	2527 1x28W	3				30,50		99
Itaim Iluminação	Minotauro R – 40W	6	366	175	634	44,00	355,5	111
	2527 1x28W	3				30,50		99

Comparando as peças utilizadas nesta simulação, observamos que a diferença está no difusor. Como o consumo do sistema no ambiente é o mesmo, escolhemos a luminária analisando a simulação ponto a ponto. Segue a simulação da peça em destaque na figura 88 e 89.

Figura 88: Simulação plano horizontal da sala de aula – luminária nacional com LED tipo 111 (Arquivo: EC-SA-LE-BR-1-MX.dlx)

Figura 89: Simulação plano vertical da sala de aula – luminária nacional com LED tipo 111 (Arquivo: EC-SA-LE-BR-1-MX.dlx)

Por fim, para a sala de aula, simularemos o sistema de iluminação de LED importado.

Segue a Tabela 52 com os resultados da simulação.

Tabela 52: Tabela simulação sala de aula sistema de iluminação importado – LED

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Zumtobel	L-FIELDS 42180002 – 44W	6	464	189	819	48,40	381,9	112
	Mirel Wallwasher 42911352 1x28W	3				30,50		104
Zumtobel	L-FIELDS 42180006 – 55W	4	399	139	762	60,50	333,5	113
	Mirel Wallwasher 42911352 1x28W	3				30,50		104

As figuras 90 e 91 mostram os resultados da simulação do sistema mais eficiente.

Figura 90: Simulação plano horizontal da sala de aula – luminária importada tipo 113 (Arquivo: EC-SA-LE-EX-1-MX.dlx)

Figura 91: Simulação plano vertical da sala de aula – luminária importada tipo 113 (Arquivo: EC-SA-LE-EX-1-MX.dlx)

6.2.1.2. Sala dos professores

Para padronizar o sistema de iluminação das escolas, optou-se por utilizar a mesma luminária nos outros ambientes. Na sala dos professores, a norma pede um nível médio de 300 lux.

Seguem na Tabela 53 e figura 92 e 93, os valores do nível de iluminação encontrados, utilizando as luminárias nacionais de menor consumo encontradas na simulação da sala de aula.

Tabela 53: Tabela de resultado da simulação de luminárias nacionais – sala dos professores

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim Iluminação	2625 2x28W	4	442	192	672	60,30	241,2	101
Itaim Iluminação	Minotauro R – 40W	6	391	209	502	44,00	264,0	111

Figura 92: Simulação sala dos professores – luminária nacional tipo 101 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-SP-FT-BR-1-MX.dlx)

Figura 93: Simulação sala dos professores – luminária nacional tipo 111 com LED (Arquivo: EC-SP-LE-BR-1-MX.dlx)

A distribuição de peças no ambiente deve ser realizada para que o nível de iluminação esteja homogêneo. Muitas vezes, o projetista precisa acrescentar peças para que isso aconteça.

O arquiteto e/ou light designer devem ter “bom senso” para executar o projeto, para que o mesmo tenha qualidade e não somente quantidade para alcançar a densidade de potência solicitada.

Por exemplo, na distribuição de pontos da figura 92, percebemos que o nível de iluminação está homogêneo, pois não há uma grande diferença entre os níveis ponto a ponto. Para alcançarmos 300 lux no ambiente, três luminárias eram suficientes, porém o nível com a distribuição dessas peças não está homogêneo. Segue figura 94 abaixo que mostra essa situação.

Figura 94: Simulação sala dos professores – luminária nacional tipo 101 com fluorescente tubular – distribuição 3 luminárias

Da mesma maneira que fizemos a simulação com as luminárias nacionais, segue Tabela 54 com os resultados das simulações para as luminárias importadas.

Tabela 54: Tabela de resultado da simulação de luminárias importadas – sala dos professores

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Zumtobel	Mirel2 42915021 1x28W	6	337	168	453	30,5	183,0	106
Zumtobel	L-FIELDS 42180006 – 55W	4	425	159	644	60,50	242,0	113

As figuras 95 e 96 mostram a simulação ponto a ponto das luminárias fluorescente tubular e do sistema de iluminação com LED respectivamente.

Figura 95: Simulação sala dos professores – luminária importada tipo 106 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-SP-FT-EX-1-MX.dlx)

Figura 96: Simulação sala dos professores – luminária importada tipo 113 com LED (Arquivo: EC-SP-LE-EX-1-MX.dlx)

6.2.1.3. Refeitório

Por fim, para a escola, faremos a simulação do ambiente refeitório. As luminárias para esse ambiente e para a cozinha, devem ser fechadas, para que a poeira e sujeira acumulada nas peças não contaminem os alimentos manipulados nesse ambiente.

Nesse caso, utilizaremos luminárias fechadas com difusor. As luminárias em LED serão as mesmas utilizadas nas simulações anteriores, pois todas possuem fechamento com difusor.

Segue a tabela com as simulações para fluorescente tubular das luminárias nacionais. O nível médio utilizado é de 200 lux para esse ambiente.

Tabela 55: Tabela simulação refeitório sistema de iluminação nacional com fluorescente tubular

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim Iluminação	2109 2x28W	6	229	98	378	60,30	361,8	114
Lumini	FE1403 2x28W	6	243	105	405	60,30	361,8	115
Lumini	FE1403 1x28W	12	252	123	329	30,50	366,0	116

Segue na figura 97 a simulação ponto a ponto da luminária em destaque da Tabela 55.

Figura 97: Simulação refeitório – luminária nacional tipo 114 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-RE-FT-BR-1-MX.dlx)

Do mesmo modo que simulamos para os outros ambientes, seguem os resultados da simulação para luminária importada com lâmpada fluorescente tubular.

Tabela 56: Tabela de resultado da simulação de luminária fluorescente tubular importado - refeitório

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Zumtobel	L-FIELDS 42176794 2x28W	5	270	37	578	60,30	301,5	117
Zumtobel	SLOT2 42177835	12	204	108	264	30,50	366,0	118

Na figura 98 temos a simulação ponto a ponto da luminária em destaque na Tabela 56.

Figura 98: Simulação refeitório – luminária importada tipo 117 com fluorescente tubular (Arquivo: EC-RE-FT-EX-1-MX.dlx)

Seguem resultados da simulação utilizando as mesmas luminárias nacionais e importadas em LED utilizadas nos outros ambientes.

Tabela 57: Tabela de resultado da simulação de luminária LED - refeitório

Fabricante	Código peça	Qtde pças	Eméd (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Potência conj (W)	Potência total (W)	Tipo/ Anexo luminária
Itaim Iluminação	Minotauro R – 40W	8	279	127	410	44,00	352,0	111
Zumtobel	L-FIELDS 42180006 – 55W	5	281	44	610	60,50	302,5	113

As figuras 99 e 100 demonstram a simulação com luminária LED nacional e importado, respectivamente do ambiente refeitório.

Figura 99: Simulação refeitório – luminária nacional tipo 111 com LED (Arquivo: EC-RE-LE-BR-1-MX.dlx)

Figura 100: Simulação refeitório – luminária importada tipo 113 com LED (Arquivo: EC-RE-LE-EX-1-MX.dlx)

6.2.2. Projeto

Com os resultados das simulações, assim como foi realizado no escritório, será feito o projeto da escola utilizando os resultados e os sistemas de iluminação mais eficientes encontrados.

Segue tabela de resultados das simulações feitas na escola.

Tabela 58: Tabela resultados simulação - escola

Local	Área (m ²)	Tipo lâmpada	Origem	Potência total (W)	Máxima eficiência (lm/W) ¹⁶	Lum.	Arquivo simulação
Sala de aula	48,97	Fl. Tubular	Brasil	332,7	103,57	1	EC-SA-FT-BR-1-MX.dlx
			Exterior	274,5	103,57	1	EC-SA-FT-EX-1-MX.dlx
		LED	Brasil	355,5	74,72	1	EC-SA-LE-BR-1-MX.dlx
			Exterior	333,5	78,36	1	EC-SA-LE-EX-1-MX.dlx
Sala Prof.	35,47	Fl. Tubular	Brasil	241,2	103,57	1	EC-SP-FT-BR-1-MX.dlx
			Exterior	183,0	103,57	1	EC-SP-FT-EX-1-MX.dlx
		LED	Brasil	264,0	74,72	1	EC-SP-LE-BR-1-MX.dlx
			Exterior	242,0	78,36	1	EC-SP-LE-EX-1-MX.dlx
Refeitório	75,59	Fl. Tubular	Brasil	361,8	103,57	1	EC-RE-FT-BR-1-MX.dlx
			Exterior	301,5	103,57	1	EC-RE-FT-EX-1-MX.dlx
		LED	Brasil	352,0	74,72	1	EC-RE-LE-BR-1-MX.dlx
			Exterior	302,5	78,36	1	EC-RE-LE-EX-1-MX.dlx

Serão feitos dois projetos para posterior verificação dos indicadores de sustentabilidade das certificações e selos mais atuantes no país.

Pela Tabela 58 observa-se que os sistemas de iluminação importados são mais eficientes que os nacionais. No entanto, as peças em LED são menos eficientes que o sistema com fluorescente tubular.

Os projetos estão no Anexo 3: Resultados. O Projeto 9 será feito com o sistema de iluminação fluorescente tubular nacional e o Projeto 10 com o sistema de iluminação em LED nacional.

No caso da escola, faremos apenas o projeto referente às luminárias nacionais que é o objeto de pesquisa.

¹⁶ Referente ao sistema de iluminação principal do ambiente

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Por fim, analisaremos cada projeto simulado no capítulo anterior conforme os indicadores de iluminação artificial nas certificações LEED, AQUA e do selo de sustentabilidade PROCEL Edifica.

Consideraremos que em todos os projetos, os sistemas de iluminação são dimerizáveis, separados por circuitos, são controlados por automação predial e no Projeto 8, há possibilidade de controle de iluminação individual nas áreas de staff.

7.1. Certificação LEED e o projeto

No capítulo 3, descrevemos a certificação LEED e os indicadores de iluminação artificial necessários para obtenção do mesmo.

Em relação ao projeto de iluminação, vimos que o importante é a eficiência energética dos sistemas de iluminação utilizados, analisados através da densidade de potência em W/m^2 . O valor limite para obtenção da certificação em escritórios é de $11W/m^2$, valor dado pela ANSI / ASHRAE / IESNA Standard 90.1-2007.

Analisando os 10 projetos do escritório em relação à densidade de potência, obtemos os seguintes resultados:

Tabela 59: Resultado simulação sistema de iluminação mais eficiente do Brasil utilizando luminária LED (Projeto 1)

Qtde de peças	Luminária	Potência conjunto (W)	Potência total (W)
603	Philips BS488 13W	14,30	8.622,90
14	Lâmpada LED 7W 25º	7,70	107,80
8	Itaim 3450 2x28W	60,30	482,40
Consumo Total			9.213,10
Área Total projeto (m^2)			1.180,07
Densidade (W/m^2)			7,81

Tabela 60: Resultado simulação sistema de iluminação mais eficiente do Brasil utilizando luminária LED (Projeto 2)

Qtde de peças	Luminária	Potência conjunto (W)	Potência total (W)
23	Erco 47719.000 – 20W	22,00	506,00
26	Erco 47765.000 – 38W	37,40	972,40
170	Zumtobel 42 179 998 – 44W	48,40	8.228,00
11	Zumtobel 42 177 999 – 4x14W	61,20	706,20
8	Zumtobel 42 156 158 – 2x28W	60,30	482,40
Consumo Total			10.895,00
Área Total projeto (m²)			1.180,07
Densidade (W/m²)			9,23

Comparando as Tabelas 59 e 60, observamos que ambos os projetos atendem a densidade de potência do LEED. Podemos ver que os sistemas de iluminação nacional são mais eficientes que os importados, no entanto, no Brasil ainda não há regulamentação que padroniza as luminárias de LED.

Além disso, ainda não é possível avaliar e nem comparar os materiais utilizados na produção da peça em LED no país.

Tabela 61: Resultado simulação sistema de iluminação mais eficiente do Brasil utilizando luminária fluorescente tubular (Projeto 3)

Qtde de peças	Luminária	Potência conjunto (W)	Potência total (W)
106	Philips BS488 13W	14,30	1.515,80
14	Lâmpada LED 7W 25º	7,70	107,80
8	Itaim 3450 2x28W	60,30	482,40
157	Itaim 2691 4x14W	61,20	9.608,40
Consumo Total			11.714,40
Área Total projeto (m²)			1.180,07
Densidade (W/m²)			9,92

Tabela 62: Resultado simulação sistema de iluminação mais eficiente importado utilizando luminária fluorescente tubular (Projeto 4)

Qtde de peças	Luminária	Potência conjunto (W)	Potência total (W)
23	Erco 47719.000 – 20W	22,00	506,00
26	Erco 47765.000 – 38W	37,40	972,40
136	Zumtobel 42 176 184 – 4x14W	61,20	8.323,20
11	Zumtobel 42 177 999 – 4x14W	61,20	706,20
8	Zumtobel 42 156 158 – 2x28W	60,30	482,40
Consumo Total			10.990,20
Área Total projeto (m²)			1.180,07
Densidade (W/m²)			9,31

As tabelas 61 e 62 correspondem aos projetos 3 e 4 respectivamente, onde foi realizada a simulação utilizando no staff, as luminárias com lâmpadas fluorescente tubular mais eficientes, tanto do mercado nacional, quanto do mercado internacional.

Nesse caso, conseguimos comparar as peças utilizadas, pois ambas tem características bem semelhantes, onde o desenho do refletor e o tipo de alumínio influenciam no rendimento da peça.

Ambos os projetos também atendem a densidade de potência da certificação LEED.

Tabela 63: Resultado simulação sistema de iluminação eficiente nacional utilizando luminária fluorescente tubular no staff e fluorescente compacta nas salas individuais (Projeto 5)

Qtde de peças	Luminária	Potência conjunto (W)	Potência total (W)
42	Philips BS488 13W	14,30	600,60
14	Lâmpada LED 7W 25º	7,70	107,80
8	Itaim 3450 2x28W	60,30	482,40
157	Itaim 2691 4x14W	61,20	9.608,40
40	Lumini E-4039 1x32W	36,00	1.440,00
Consumo Total			12.239,20
Área Total projeto (m²)			1.180,07
Densidade (W/m²)			10,37

Tabela 64: Resultado simulação sistema de iluminação eficiente nacional sem a utilização de luminárias com LED (Projeto 6)

Qtde de peças	Luminária	Potência conjunto (W)	Potência total (W)
31	Lumini E-4433 2x26W	56,00	1.736,00
14	Lâmpada LED 7W 25º	7,70	107,80
8	Itaim 3450 2x28W	60,30	482,40
157	Itaim 2691 4x14W	61,20	9.608,40
40	Lumini E-4039 1x32W	36,00	1.440,00
Consumo Total			13.374,60
Área Total projeto (m²)			1.180,07
Densidade (W/m²)			11,33

As Tabelas 63 e 64 mostram os resultados dos projetos 5 e 6 em Anexo. Foi realizada uma variação de peças, procurando substituir as luminárias eficientes em LED, pois ainda o custo desses sistemas ainda é muito alto.

Podemos dizer que essas últimas simulações, se aproximam muito da situação real dos escritórios hoje. Infelizmente, não é possível alcançar a densidade de potência do LEED utilizando apenas os sistemas de iluminação mais eficientes com lâmpadas fluorescentes como podemos ver na Tabela 64.

Como no Brasil ainda são comercializadas as lâmpadas fluorescentes tubulares T8, para comparação, foi feita uma simulação/projeto utilizando essa lâmpada. A seguir temos o resultado de um projeto padrão de cerca de 5 anos atrás, onde o sistema de iluminação utilizando lâmpadas T5 ainda tinha um custo alto.

Tabela 65: Resultado simulação sistema de iluminação menos eficiente nacional (Projeto 7)

Qtde de peças	Luminária	Potência conjunto (W)	Potência total (W)
104	Itaim Prata-E 2x26W	56,00	5.824,00
14	Lâmpada dicróica 35W 36º	38,50	539,00
8	Itaim 3457 2x32W	73,00	584,00
166	Itaim 2002 4x16W	70,00	11.620,00
Consumo Total			18.567,00
Área Total projeto (m²)			1.180,07
Densidade (W/m²)			15,73

Como podemos ver na Tabela 65, a densidade de potência é quase 30% maior que o limite permitido para a obtenção do certificado. Atualmente já não é possível utilizar esses sistemas de iluminação.

Por fim, devido à modificação da norma NBR5413/1992 para a ABNT ISO8995/2013, foram feitas simulações e projeto para verificar se modificando os valores dos níveis de iluminação, a densidade de potência final atenderia a certificação.

Segue a Tabela 66 e o projeto 8 em anexo com os resultados dessa mudança.

Tabela 66: Resultado simulação sistema de iluminação nacional com valores da norma ISO8995. (Projeto 8)

Qtde de peças	Luminária	Potência conjunto (W)	Potência total (W)
42	Philips BS488 13W	14,30	600,60
14	Lâmpada LED 7W 25º	7,70	107,80
8	Itaim 3450 2x28W	60,30	482,40
111	Itaim 2691 4x14W	61,20	6.793,20
37	Lumini E-4039 1x32W	36,00	1.332,00
95	Itaim D'Art Gesso 14W	15,40	1.463,00
Consumo Total			10.779,00
Área Total projeto (m²)			1.180,07
Densidade (W/m²)			9,13

Com relação ao Projeto 5 que foi utilizado como referência, reduzimos cerca de 10% utilizando o nível de iluminação da nova norma.

Para a escola, o valor limite dado pela ANSI / ASHRAE / IESNA Standard 90.1-2007 para obtenção da certificação é de 13W/m².

Segue Tabela 67 com resultados do Projeto 9 da escola, utilizando sistema de iluminação com lâmpadas fluorescentes tubulares.

Tabela 67: Resultado simulação sistema de iluminação eficiente nacional com fluorescentes tubulares (Projeto 9)

Qtde de peças	Luminária	Potência conjunto (W)	Potência total (W)
129	Itaim 2625 2x28W	60,30	7.778,70
48	Itaim 2527 1x28W	30,50	1.464,00
21	Itaim 2109 2x28W	60,30	1.266,30
13	Itaim 2109 2x14W	30,60	3.396,60
Consumo Total			13.905,60
Área Total projeto (m²)			2.229,31
Densidade (W/m²)			6,23

Observa-se que a densidade está dentro do valor limite para obtenção do certificado.

Tabela 68: Resultado simulação sistema de iluminação eficiente nacional com LED (Projeto 10)

Qtde de peças	Luminária	Potência conjunto (W)	Potência total (W)
283	Itaim Minotauro R - 40W	44,00	12.452,00
48	Itaim 2527 1x28W	30,50	1.464,00
Consumo Total			13.916,00
Área Total projeto (m²)			2.229,31
Densidade (W/m²)			6,24

A Tabela 68 é o resultado do Projeto 10 utilizando luminárias LED. Como era esperada, a densidade de potência total também atende o valor limite da certificação LEED.

Como resultado final, podemos dizer que os Projetos 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9 e 10, alcançam a pontuação em relação à densidade de potência solicitado do LEED *Existing Buildings*, LEED *New Construction* e LEED *Schools New Construction*.

Em relação ao LEED *Commercial Interiors*, deve haver uma redução de no mínimo 15% em relação ao valor base de 11W/m^2 , sendo este de $9,35\text{W/m}^2$. Assim sendo, os Projetos 1, 2, 4 e 8 alcançam essa pontuação.

7.2. Certificação AQUA e o projeto

Na certificação AQUA, em relação à iluminação artificial, o guia faz referência à qualidade da luz. É importante que o projeto luminotécnico atenda a norma brasileira, a escolha das lâmpadas tenha uma temperatura de cor adequada e de acordo com o IRC ideal para cada atividade.

Nas simulações realizadas, todos esses itens foram atendidos. Em relação à iluminação artificial os projetos estão dentro do solicitado.

Para este trabalho, não foi possível realizar o cálculo da economia de energia em relação à iluminação artificial, pois os cálculos englobam a economia de energia de outros equipamentos. No entanto, com os resultados obtidos para verificação da certificação LEED, podemos dizer que dependendo dos sistemas de iluminação utilizados no projeto há grande economia de energia.

7.3. Selo PROCEL Edifica e o projeto

Seguindo o referencial técnico, o projeto contempla a divisão de circuitos, contribuição da luz natural e será previsto um sistema para desligamento automático do sistema de iluminação artificial.

Atendendo os requisitos acima, o projeto poderá alcançar o nível A em relação ao sistema de iluminação.

Para verificação do nível de eficiência, realizaremos o método da área do edifício. Para a atividade de escritório temos as seguintes densidades de potência de iluminação limite mostrada na Tabela 69.

Tabela 69: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido

Função do Edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m² (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m² (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m² (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m² (Nível D)
Escritório	9,70	11,20	12,60	14,10
Escola / Universidade	10,70	12,30	13,90	15,50

Observando a Tabela acima e comparando com a densidade de potência encontrada nas Tabelas 59 a 68, temos o seguinte resumo e os níveis que cada projeto irá obter:

Tabela 70: Resumo do nível de eficiência alcançado nos projetos

Projeto	Densidade de Potência (W/m²)	Nível de eficiência alcançado
Projeto 1	7,81	Nível A
Projeto 2	9,23	Nível A
Projeto 3	9,92	Nível B
Projeto 4	9,31	Nível A
Projeto 5	10,37	Nível B
Projeto 6	11,33	Nível C
Projeto 7	15,73	-
Projeto 8	9,13	Nível A
Projeto 9	6,23	Nível A
Projeto 10	6,24	Nível A

Descartando o Projeto 1, observa-se que somente os projetos com sistema de iluminação importados alcançam o Nível A. Com a revisão da norma NBR 5413/1992 no Brasil, será possível alcançar o nível A como mostrado no Projeto 8, Tabela 66.

Os projetos que se aproximam do real existente (Projetos 3, 5 e 6) ficam no nível B e C de eficiência. Ou seja, não está correto dizer que todo projeto LEED obtem certificação Nível A no Procel Edifica. Mas todo projeto LEED poderá alcançar pelo menos o Nível B de eficiência.

O projeto 9 e 10 referente à escola são um dos únicos que alcançam o nível A com grande margem.

8. CONCLUSÕES

No Brasil, em relação à iluminação artificial, as certificações LEED e Procel Edifica possuem uma preocupação com a economia de energia, pois medem a densidade de potência no projeto luminotécnico, enquanto no AQUA e parte no PROCEL Edifica, a qualidade da luz do projeto tem maior importância.

A qualidade da luz faz referência às características como temperatura de cor da lâmpada, índice de reprodução de cor da lâmpada e uniformidade no nível de iluminação. Com a revisão da norma NBR 5413/1992, nota-se que o Brasil começa a se preocupar um pouco mais com a qualidade do projeto.

No entanto, segundo estudo pela arquiteta Claudia N. D. Amorim na comparação dos níveis, 34% dos valores da CIE são maiores que os da NBR 5413, 34% são menores e 32% são equivalentes. Essa diferença de níveis é um ponto interessante a ser estudado, pois quanto menor o valor, mais fácil seria obter a certificação em casos onde a densidade de potência é o mais importante. No caso do Brasil para a certificação LEED e da regulamentação de etiquetagem do selo PROCEL Edifica.

Em conferência e reuniões, questionam-se muito os valores em relação à regulamentação do PROCEL Edifica no Brasil, pois afirmam que no país, ainda é difícil obter a classificação máxima. Observando a Tabela 57, realmente é muito difícil chegar ao Nível A, pois a maioria dos empreendedores não investe nos sistemas de iluminação LED como um todo, apenas parcialmente.

Analisando os sistemas de iluminação do país, observa-se que luminárias importadas apresentam melhor desempenho que as nacionais, com exceção das luminárias LED. Estas, no entanto, não possuem regulamentação para sua fabricação, ou seja, não sabemos se o rendimento informado ou as informações fornecidas em catálogos e *data sheets* são corretos.

Por outro lado, podemos dizer que as luminárias brasileiras também estão buscando a qualidade dos produtos importados. Percebemos isso principalmente

nas luminárias da Itaim Iluminação onde a fábrica tem um grande interesse em divulgar as certificações que possui.

Nos projetos para obtenção de certificado ou selo, poderíamos também utilizar luminárias importadas pois os sistemas simulados neste trabalho possuem representantes no Brasil e são comercializadas no país. Porém, além do valor de investimento ser maior, pode ocorrer que muitas dessas luminárias importadas não utilizem lâmpadas e equipamentos fabricados no país. No caso de queima de equipamento ou lâmpada, o cliente terá que recorrer também à importação, ficando muitas vezes dependente do tempo que o produto leva para chegar ao país.

Para um projeto sustentável em relação à iluminação artificial, devemos nos atentar sempre para o conjunto luminária, lâmpadas e equipamentos, pois esse sistema define a economia de energia, além de fornecer a qualidade de projeto em questões de nível de iluminação, IRC e temperatura de cor.

Das comparações de produtos importados e nacionais conclui-se que o Brasil, a princípio, não tem as mesmas condições para um projeto de eficiência energética com relação aos sistemas de iluminação, porém com um bom projeto de iluminação, consegue-se alcançar os indicadores de iluminação das certificações LEED, AQUA e do selo PROCEL Edifica.

Outro ponto interessante, e de certa forma inesperado, foram os resultados da densidade de potência obtidos nas simulações do projeto de escola, pois os valores ficaram bem abaixo do valor limite tanto na ANSI / ASHRAE / IESNA Standard 90.1-2007 como do selo PROCEL Edifica. A partir desses resultados, podemos questionar se que o *lighting designer*, projetista ou arquitetos brasileiros utilizam as ferramentas corretas e se estão preparados para se fazer um bom projeto luminotécnico.

A simulação através de programas de cálculo, como foi demonstrada, pode ser um dos meios para a escolha correta do sistema de iluminação a ser utilizado. No entanto, muitos *lighting designers* e projetistas questionam a fidelidade dos arquivos fotométricos fornecidos pelos fabricantes, que são as únicas ferramentas que temos para fazer um projeto de iluminação.

Pelas simulações e projetos de iluminação desenvolvidos neste trabalho, concluiu-se que é possível, com os sistemas de iluminação comercializados atualmente no Brasil e os dados fornecidos pelos fabricantes, obter as certificações e selos de sustentabilidade presentes no país.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

9º COBEE, 2012, Centro de convenções Frei Caneca. **Avaliação da Tecnologia LED – Estudos**. São Paulo. Disponível em:

http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed77_fasc_sistemas_iluminacao_cap6.pdf. Acessado em 15 de janeiro de 2013.

AMORIN, Claudia Naves David. **Relatório técnico – comparação dos níveis de iluminância recomendados em diversas normas**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Brasília, DF, 2010. 15p.

ELETROBRÁS/Procel Educação. **Conservação de Energia. Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. Itajubá. Universidade Federal de Itajubá, 2006

FARIA, Nara. **NBR 5413: O que e por que deve mudar?** Revista Lumière, São Paulo, Nº 21, p.56-59, 2008.

FREITAS, Paula Campos Fadul. **Luminotécnica e lâmpadas elétricas**. Faculdade de Engenharia elétrica da Universidade Federal de Uberlândia. 60p.

GANSLANDT, R.; HOFMANN, H.. **Handbook of Lighting Design**, Erco Edition, Germany, 1st. Edition, 1992. 289p.

IWASHITA, Juliana. **Eficiência energética em sistemas de iluminação de interiores: análise de luminárias comerciais**, São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004. 205p.

LANCELLE, Luis. **Softwares para projetos de iluminação**, São Paulo. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/software.html>

OSRAM. Manual Osram, **Iluminação: Conceitos e projetos**. Impresso em 22.12.2006.

PROCEL Edifica. **RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços Públicos)**. 2010. 87p.

RODRIGUES, Pierre. **Manual de Iluminação Eficiente**. Procel, 1ª. edição, julho 2002. 36p.

ROMERO, M. A.; REIS, L. B. **Eficiência energética em edifícios**. São Paulo: Manole, 2011 (no prelo). 195p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALVARES, André Luiz Monteiro. **Uso racional e eficiente de energia elétrica: Metodologia para a determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares**. Dissertação. POLI-USP, São Paulo, 1998. 183p.

ARAUJO, Guilherme Augusto Marques. **Avaliação dos ganhos de eficiência energética em iluminação adotando a regulamentação de etiquetagem em edificações**. Dissertação para Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009. 136p.

BERTOLETTI, Luana Eid Piva. **Comparação do desempenho energético de edifícios comerciais de referência usando as certificações LEED e PROCEL-Edifica**. Trabalho de graduação apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. 47p.

Catálogo Geral de produtos Itaim 2008. São Paulo, 2008.

CAVALCANTE, Rodrigo de Castro Dantas. **Simulação energética para análise da arquitetura de edifícios de escritório além da comprovação de conformidade com códigos de desempenho**. Dissertação para Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010. 135p.

DEGANI, Clarice Menezes. **Modelo de gerenciamento da sustentabilidade de facilidades construídas**. Tese para Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009. 205p.

FEIJÓ, Maria Alice de Souza. **Leis, normas e certificações de qualidade referentes à iluminação natural em edifícios comerciais**. São Paulo, 2008.

Trabalho programado para obtenção do título de mestre para Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. 131p.

HERNANDES, Thiago Zaldini. **LEED-NC como sistema de avaliação da sustentabilidade: uma perspectiva nacional?** Dissertação para Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. 134p.

JACOB, Edson. **Manual de Utilização de Leds e Fontes de Alimentação.**

MASCARÓ, Lúcia R. de. **Energia na edificação – estratégia para minimizar seu consumo.** São Paulo, Editora Projeto, 1991.

OSRAM. Manual Osram, Iluminação: Conceitos e projetos. Impresso em 22/12/2006.

PHILIPS. Manual de Iluminação, 3^a edição, 1981

VALENTE, Josie Pingret. **Certificações na construção civil: comparativo entre LEED e HQE.** Projeto de graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009. 71p.

VIANNA, Nelson & Gonçalves, Joana Carla Soares. **Iluminação e Arquitetura.** Virtus S/C Ltda, São Paulo, SP, 2001. 378p.

Leis, Normas técnicas, guias e certificações

ABNT. **NBR 5413 Iluminância de Interiores**, abr/1992

BRE. **BREEAM New Construction.** Technical Manual SD5073-2.0:2011

Certivéa. **Guide Pratique du Référentiel pour la Qualité Environnementale des Bâtiments – Bureau/ Enseignement.** décembre 2008

CIBSE. **Code for Lighting**, London: Butterworth-Heineman, 2007

Eletrobrás/PROCEL Educação. **Conservação de Energia. Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações.** Itajubá. Universidade Federal de Itajubá, 2006. 597 p.

Fundação Vanzolini. **Referencial Técnico de certificação. Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA. Escritórios – Edifícios escolares**, outubro 2007.

HKGBC. **BEAM Plus Existing Buildings**. Version 1.1 (2010.04)

HKGBC. **BEAM Plus New Buildings**. Version 1.1 (2010.04)

IBEC. **CASBEE for New Construction**. Technical Manual 2008 Edition

IESNA. **IES Lighting Handbook, Reference and Application** – 8a. ed. New York, 1995

ISO 8995:2002 / CIE S 008/E-2001. Lighting of indoor work places

LEED. **LEED for Commercial Interiors 2009**. USGBC, 2009

LEED. **LEED for New Construction and Major Renovation, 2009**. USGBC, 2009

LEED. **LEED for Existing Building Operations and Maintenance 2009**. USGBC, 2009

PROCEL Edifica. **RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos)**.

Sites consultados

http://en.wikipedia.org/wiki/Green_building - acessado em agosto/2010

<http://www.usgbc.org> – acesso freqüente desde março/2010

<http://www.gbcbrazil.org.br> – acesso freqüente desde março/2010

<http://www.labee.ufsc.br> – acesso freqüente desde agosto/2010

<http://www.eletronbras.com/PCI/main.asp?View={89E211C6-61C2-499A-A791-DACD33A348F3}> – acesso freqüente desde agosto/2010

<http://www.nabers.com.au/> - acesso freqüente desde março/2011

<http://www.greenlobes.com/> - acesso freqüente desde março/2011

<http://www.beamsociety.org.hk/general/home.php> - acesso freqüente desde março/2011

<http://www.breeam.org/page.jsp?id=66> – acesso freqüente desde abril/2011

<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm> - acesso freqüente desde abril/2011

http://www.itaca.org/valutazione_sostenibilita.asp - acesso em abril/2011

<http://www.gbcsa.org.za/home.php> - acesso freqüente desde maio/2011

<http://assohqe.org/hqe/> - acesso freqüente desde junho/2011

<http://www.planningportal.gov.uk/buildingregulations/approveddocuments/partl/approved> - acesso em 10.09.2011

http://www.legifrance.com/affichCode.do;jsessionid=9F6D8FE450FA4FBC6E0D7FF3A558375F.tpdjo05v_2?idSectionTA=LEGISCTA000006189198&cidTexte=LEGITEXT000006074096&dateTexte=20110911 – acesso em 11.09.2011

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Sustentabilidade> acesso em 01.08.11

http://patmullins.com/Outdoor_Lighting.html acesso em 01.10.11

http://www.peachtreelighting.com/education_topic.cfm?cld=6 acesso em 13.10.11

http://www.osram.com/osram_com/index.html - acesso constante desde março/2010

<http://www.gelampadas.com.br/> - acesso constante desde maio/2011

<http://www.gelighting.com/na/> - acesso constante desde maio/2011

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Osram> - acesso em 15/nov/2011

<http://www.gaiacentrodeestudos.com.br/muitos-paises-no-mundo-baniram-as-lampadas-incandescentes> - acesso em 24/nov/2011

<http://users.telenet.be/worldstandards/electricity.htm> - acesso em 25/nov/2011

ANEXO – PARTE 1

INDICADORES DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

ANEXO – PARTE 2

FICHA TÉCNICA LUMINÁRIAS

ANEXO – PARTE 3

RESULTADOS