**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO**

EFICIÊNCIA EM TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL: O LED E A TECNOLOGIA FLUORESCENTE

CRISTIANE MITIKO SATO FURUYAMA

SÃO PAULO
2019

CRISTIANE MITIKO SATO FURUYAMA

**EFICIÊNCIA EM TECNOLOGIAS DE ILUMINAÇÃO
ARTIFICIAL: O LED E A TECNOLOGIA FLUORESCENTE**

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

Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Andrade Roméro

São Paulo

2019

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

Catálogo na Publicação
Serviço Técnico de Biblioteca
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Furuyama, Cristiane Mitiko Sato
Eficiência em tecnologias de iluminação artificial: o LED
e a tecnologia fluorescente / Cristiane Mitiko Sato
Furuyama; orientador Marcelo de Andrade Roméro. - São
Paulo, 2019.
252 f.

Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
da Universidade de São Paulo. Área de concentração:
Tecnologia da Arquitetura.

1. Iluminação Artificial. 2. Eficiência Energética. 3.
Experimentação. 4. Simulação. I. Roméro, Marcelo de Andrade,
orient. II. Título.

Elaborada eletronicamente através do formulário disponível em: <<http://www.fau.usp.br/fichacatalogica/>>

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais,
Ao Gustavo e ao Guilherme, que são a razão da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e principalmente, ao meu querido orientador Prof. Dr. Marcelo de Andrade Roméro por suas preciosas orientações, ideias, incentivos e amizade desde o trabalho final de graduação.

Aos professores e amigos que conheci ao longo da tese, pelo apoio e amizade, Alessandra Prata Shimomura, Angelo Filardi, Antonio Gil, Isac Roizenblatt, Joana Carla Gonçalves, Leonardo Monteiro, Paulo Scarazzato, Ranny Nascimento Michalski e Roberta Kronka Mülfarth.

Aos amigos “sustentáveis” Corina Bianco, Silvia Bigoni, Altimar Cypriano, Luis Felipe Xavier, e aos novos amigos que fiz nessa etapa e me apoiaram de alguma forma Bruna Luz, Ruy Soares e Eduardo Gasparelo.

Aos funcionários Viviane Delmondes, Eliane Martinez, Fátima de Moraes, Andréia Zaik, Silvana Marques, José Santos, Paula Noia, Eunice Bruno, Ranieri Higa e a equipe da portaria Vancarlos e Ivan.

Aos fabricantes de luminárias Lumicenter, em especial ao Kleiton Zembovici, Rafael Assmé e Tamyres Hein; e ao funcionário Philips Luciano Rosito, que gentilmente puderam concretizar a doação do material necessário para a pesquisa.

Aos funcionários do IEE Liliana Pozzo, Marcelo Jesus, Rinaldo Caldeira, Elvo Burini e ao chefe Roberto Zilles, que abriu a porta para que os ensaios pudessem ser realizados.

Ao engenheiro José Luiz Pimenta que cedeu uma licença temporária do programa AGi32 para que eu pudesse finalizar as simulações com o programa.

À minha cunhada Eliane Furuyama que pôde fazer a correção ortográfica e gramatical desta pesquisa.

Aos amigos Ricardo e Olivia Lui, que por diversas vezes receberam os meus meninos para que eu pudesse dar andamento e concluir esta tese.

E finalmente à minha família, aos meus pais que sempre me incentivaram a estudar, à minha irmã que escutou minhas lamentações e minhas descobertas durante a pesquisa, mesmo sem entender nada do eu falava, e principalmente ao meu marido e ao meu filho que estiveram ao meu lado sempre, mesmo quando eu estava ausente, e que são o motivo de eu querer aprender e viver a cada dia.

RESUMO

FURUYAMA, C.M.S. **Eficiência em Tecnologias de Iluminação Artificial: o LED e a Tecnologia Fluorescente**. 252p. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.

Esta pesquisa aborda a depreciação da tecnologia LED comparada à da tecnologia fluorescente nos sistemas de iluminação mais utilizados em ambientes corporativos internos.

O resultado da depreciação dos sistemas de iluminação foi obtido por meio da experimentação em uma célula teste, com dois modelos de luminárias (com aletas e com difusor) e três fontes de luz: a tradicional lâmpada fluorescente tubular T5 de 28W, o tubo LED T8 de 18W e LED aplicado sobre a luminária.

Os conjuntos foram instalados na célula teste e ficaram ligados por aproximadamente 17.000 horas. As medições foram realizadas a cada 3 meses ao longo de 24 meses (2 anos) com um luxímetro em pontos definidos, de acordo com a norma NBR/ISO 8995:2013.

Juntamente com as medições, os sistemas de iluminação foram ensaiados em laboratório acreditado pelo INMETRO em dois momentos. O primeiro ensaio ocorreu com os sistemas de iluminação em zero hora, e o segundo após a depreciação de todos os sistemas de iluminação utilizados na pesquisa.

Adicionalmente, foram realizadas simulações computacionais para posterior comparação dos resultados entre simulação e experimentação. Os programas de simulação utilizados foram o Dialux EVO, o Relux e o AGi32.

Para verificar as hipóteses da pesquisa, os resultados das medições foram comparados com os valores de fator de manutenção resultantes, conforme norma CIE-97:2005.

Palavras chave: Iluminação artificial, depreciação, LED, fluorescente, eficiência energética, fator de manutenção, medição, simulação.

ABSTRACT

FURUYAMA, C.M.S. **Efficiency in Artificial Lighting Technologies: LED and Fluorescent Tecnologies**. 252p. Thesis (Doctorate). Faculty of Architecture and Urbanism, University of São Paulo. São Paulo, 2019.

This research compares the depreciation of LED technology with fluorescent technology, considering the most commonly used lighting systems in internal corporate environments.

The result of the depreciation of these lighting systems was obtained by experimenting inside a testing room, with two models of luminaires - with fins and with diffuser - and three light sources: the traditional T5 tubular fluorescent lamp of 28W, the T8 LED tube of 18W and LED applied over the luminaire.

These sets were assembled in the test cell and kept on for approximately 17,000 hours. Measurements were performed every 3 months over 24 months(2 years) using a luximeter. The placement of the testing points were defined according to the NBR/ISO 8995:2013 norm.

At the same time, the lighting systems were tested in a laboratory accredited by INMETRO in two distinct moments. The first experiment was done with all lighting systems at zero hour and the second after the depreciation of all lighting systems used in the research.

In addition, computational simulations were performed for later comparison of the results between simulation and experimentation. The simulation programs used were Dialux EVO, Relux and AGi32.

To verify the hypothesis of this research, the results of the evaluations were compared to the values of the maintenance factor according to the CIE-97:2005 norm.

Keywords: Artificial lighting, depreciation, LED, fluorescent, energy efficiency, maintenance factor, simulation

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	3
AGRADECIMENTOS	4
RESUMO.....	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	15
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	20
1.1. Objetivos	26
1.2. Hipóteses da pesquisa	27
CAPÍTULO 2. MÉTODOS E TÉCNICAS	28
2.1. Considerações preliminares	29
2.2. Levantamento de dados secundários.....	30
2.3. Sistemas de Iluminação	30
2.4. Busca de apoio para realização da pesquisa.....	32
2.4.1. Luminárias	32
2.4.2. Lâmpadas.....	35
2.4.3. Equipamentos auxiliares.....	37
2.5. Determinação do fator de manutenção	38
2.6. Montagem da célula teste	44
2.7. Medições.....	46
2.8. Ensaios em laboratório - iniciais.....	48
2.9. Simulações.....	49
2.9.1. Dialux.....	49
2.9.2. AGi32.....	50
2.9.3. Relux	50

2.10.	Comparações simulações x experimentações.....	51
2.11.	Ensaio em laboratório - depreciados.....	52
2.12.	Comparação Medições x Norma.....	53
2.13.	Verificação das hipóteses e conclusões	53
CAPÍTULO 3. MEDIÇÕES NA CÉLULA TESTE		54
3.1.	Considerações preliminares	55
3.2.	Medições realizadas.....	56
3.3.	Resultados das medições	89
CAPÍTULO 4. ENSAIOS EM LABORATÓRIO		91
4.1.	Considerações preliminares	92
4.2.	Ensaio fotométrico inicial	92
4.3.	Ensaio fotométrico final depreciado	97
4.4.	Resultados dos ensaios	103
CAPÍTULO 5. SIMULAÇÕES		107
5.1.	Considerações preliminares	108
5.2.	Simulações com ambiente vazio	108
5.3.	Simulações com mobiliário.....	112
5.4.	Simulação com mobiliário e cromaticidade	115
5.5.	Comparação dos resultados das simulações.....	120
CAPÍTULO 6. COMPARAÇÕES: SIMULAÇÃO x EXPERIMENTAÇÃO		122
CAPÍTULO 7. COMPARAÇÕES: MEDIÇÕES x NORMA		126
7.1.	Considerações preliminares	127
7.2.	Resultados da comparação.....	129
CAPÍTULO 8. VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES		133
CAPÍTULO 9 . CONCLUSÕES		137
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		142
10.1.	Bibliografia referenciada	143

10.2. Bibliografia consultada.....	144
ANEXO I.....	150
ANEXO II.....	157
ANEXO III.....	203
ANEXO IV	210

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico da evolução do acesso à energia elétrica da população em alguns países.....	21
Figura 2: Consumo anual de energia elétrica por classe (nacional) – ano de 2017 ..	24
Figura 3: Fluxograma da pesquisa	29
Figura 4: Resultado do cálculo – curvas isolux do programa Dialux 4.12	31
Figura 5: Foto e curva fotométrica da luminária FAA04-S.....	33
Figura 6: Foto e curva fotométrica da luminária CAA02-S	33
Figura 7: Foto e curva fotométrica da luminária EAA02-S	34
Figura 8: Foto e curva fotométrica da luminária FHT07-S.....	34
Figura 9: Foto e curva fotométrica da luminária CHT10-S ACL	35
Figura 10: Foto e curva fotométrica da luminária LCN13-S	35
Figura 11: Layout da sala teste	44
Figura 12: Vista da sala da porta para janela	45
Figura 13: Vista da sala da janela para porta	45
Figura 14: Sala teste com posição de medição dos sistemas de iluminação	45
Figura 15: Planta da sala teste com malha de pontos de medição.	47
Figura 16: Base utilizada na célula teste para medições.	47
Figura 17: Luxímetro da FAU-USP utilizado na medição.	48
Figura 18: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – lâmpada fluorescente tubular T5 28W – 0h.....	56
Figura 19: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – lâmpada fluorescente tubular T5 28W – 0h.....	57
Figura 20: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – lâmpada fluorescente tubular T8 32W – 0h.....	57
Figura 21: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – lâmpada tubo LED 18W – 0h	58
Figura 22: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – lâmpada fluorescente tubular T8 32W – 0h.....	58
Figura 23: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – lâmpada tubo LED 18W – 0h	59
Figura 24: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – LED aplicado – 0h	60
Figura 25: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – LED aplicado – 0h	60

Figura 26: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 1 mês	61
Figura 27: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – 1 mês	61
Figura 28: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 1 mês	62
Figura 29: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 1 mês	62
Figura 30: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 1 mês	63
Figura 31: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 1 mês	64
Figura 32: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 3 meses	65
Figura 33: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – 3 meses	65
Figura 34: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 3 meses	66
Figura 35: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 3 meses	66
Figura 36: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 3 meses	67
Figura 37: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 3 meses	67
Figura 38: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 6 meses	68
Figura 39: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – 6 meses	68
Figura 40: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 6 meses	69
Figura 41: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 6 meses	69
Figura 42: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 6 meses	70
Figura 43: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 6 meses	70
Figura 44: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 9 meses	71
Figura 45: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – 9 meses	71
Figura 46: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 9 meses	72
Figura 47: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 9 meses	72
Figura 48: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 9 meses	73
Figura 49: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 9 meses	73
Figura 50: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 1 ano (12 meses)	75
Figura 51: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – 1 ano (12 meses)	75
Figura 52: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 1 ano (12 meses)	76
Figura 53: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 1 ano (12 meses)	76
Figura 54: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 1 ano (12 meses)	77
Figura 55: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 1 ano (12 meses)	77
Figura 56: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 1 ano e 3 meses (15 meses)	78
Figura 57: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – 1 ano e 3 meses (15 meses)	78
Figura 58: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 1 ano e 3 meses (15 meses)	79
Figura 59: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 1 ano e 3 meses (15 meses)	79

Figura 60: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 1 ano e 3 meses (15 meses)	80
Figura 61: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 1 ano e 3 meses (15 meses)	80
Figura 62: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 1 ano e 6 meses (18 meses)	81
Figura 63: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 1 ano e 6 meses (18 meses)	82
Figura 64: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 1 ano e 6 meses (18 meses)	82
Figura 65: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 1 ano e 6 meses (18 meses)	83
Figura 66: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 1 ano e 6 meses (18 meses)	83
Figura 67: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 1 ano e 9 meses (21 meses)	84
Figura 68: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 1 ano e 9 meses (21 meses)	84
Figura 69: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 1 ano e 9 meses (21 meses)	85
Figura 70: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 1 ano e 9 meses (21 meses)	85
Figura 71: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 2 anos (24 meses)	86
Figura 72: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 2 anos (24 meses)	87
Figura 73: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 2 anos (24 meses)	87
Figura 74: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 2 anos (24 meses)	88
Figura 75: Gráfico da variação do nível de iluminância das tecnologias utilizadas ...	88
Figura 76: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 02	93
Figura 77: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 05 (07.dez.2017)	94
Figura 78: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 05 (11.fev.2019)	94
Figura 79: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 03	95
Figura 80: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 06	95
Figura 81: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 04	96
Figura 82: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 01	96
Figura 83: Curvas fotométricas – luminárias modelo tipo 1	98
Figura 84: Curvas fotométricas – luminárias modelo tipo 4.....	99
Figura 85: Curvas fotométricas – luminárias modelo tipo 2.....	100
Figura 86: Curvas fotométricas – luminárias modelo tipo 5.....	101

Figura 87: Curvas fotométricas – luminárias modelo tipo 3.....	102
Figura 88: Curvas fotométricas – luminárias modelo tipo 6.....	103
Figura 89: Resultado cálculo ponto a ponto – luminária tipo 1 – sala vazia	109
Figura 90: Resultado cálculo ponto a ponto – luminária tipo 2 – sala vazia	109
Figura 91: Resultado cálculo ponto a ponto – luminária tipo 3 – sala vazia	110
Figura 92: Resultado cálculo ponto a ponto – luminária tipo 4 – sala vazia	110
Figura 93: Resultado cálculo ponto a ponto – luminária tipo 5 – sala vazia	111
Figura 94: Resultado cálculo ponto a ponto – luminária tipo 6 – sala vazia	111
Figura 95: Resultado do cálculo ponto a ponto – luminária 1 – sala mobiliada	112
Figura 96: Resultado do cálculo ponto a ponto – luminária tipo 2 – sala mobiliada	113
Figura 97: Resultado do cálculo ponto a ponto – luminária tipo 3 – sala mobiliada	113
Figura 98: Resultado do cálculo ponto a ponto – luminária tipo 4 – sala mobiliada	114
Figura 99: Resultado do cálculo ponto a ponto – luminária tipo 5 – sala mobiliada	114
Figura 100: Resultado do cálculo ponto a ponto – luminária tipo 6 – sala mobiliada	115
Figura 101: Imagem da célula teste no programa Adobe Kuler	116
Figura 102: Resultado do cálculo ponto a ponto luminária tipo 1 – sala mobiliada com cromaticidade	117
Figura 103: Resultado do cálculo ponto a ponto luminária tipo 2 – sala mobiliada com cromaticidade	117
Figura 104: Resultado do cálculo ponto a ponto luminária tipo 3 – sala mobiliada com cromaticidade	118
Figura 105: Resultado do cálculo ponto a ponto luminária tipo 4 – sala mobiliada com cromaticidade	118
Figura 106: Resultado do cálculo ponto a ponto luminária tipo 5 – sala mobiliada com cromaticidade	119
Figura 107: Resultado do cálculo ponto a ponto luminária tipo 6 – sala mobiliada com cromaticidade	119
Figura 108: Gráfico comparativo Experimentação x Simulação – Sistemas de iluminação com aletas	124
Figura 109: Gráfico comparativo Experimentação x Simulação – Sistema de iluminação com difusor	124
Figura 110: Gráfico comparativo dos sistemas de iluminação utilizando tecnologia fluorescente	135

Figura 111: Gráfico comparativo dos sistemas de iluminação utilizando tecnologia LED: lâmpada tubo LED.....	136
Figura 112: Gráfico comparativo dos sistemas de iluminação utilizando tecnologia LED, aplicado na luminária.....	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Recomendações dos intervalos de inspeção dos sistemas de iluminação dependendo da tarefa realizada.....	39
Tabela 2: Valores aproximados de intervalos de inspeção conforme tipo de luminária	39
Tabela 3: Tabela de operação anual típica em horas.	40
Tabela 4: Tabela de depreciação do fluxo luminoso da lâmpada (LLMF) e efeito de falha de envelhecimento da lâmpada (LSF).....	40
Tabela 5: Tabela de fator de manutenção da luminária (LMF).....	41
Tabela 6: Tabela de fator de depreciação do ambiente (RSMF) para luminárias com distribuição direta da luz.....	43
Tabela 7: Coeficiente de reflexão de alguns materiais e cores.	51
Tabela 8: Iluminância média das medições realizadas 0h até 2 anos de depreciação.	89
Tabela 9: Tabela de fluxo luminoso em lumens dos sistemas de iluminação com lâmpadas fluorescentes tubulares.....	104
Tabela 10: Tabela de fluxo luminoso em lumens dos sistemas de iluminação com lâmpadas tubo LED.....	105
Tabela 11: Tabela de fluxo luminoso em lumens dos sistemas de iluminação com LED acoplado.....	106
Tabela 12: Tabela comparativa do nível de iluminância média entre os programas de cálculo	120
Tabela 13: Tabela resumo do nível de iluminância medido e simulado	123
Tabela 14: Tabela de fator de manutenção dos sistemas de iluminação do experimento.....	128
Tabela 15: Tabela comparativa de fatores de manutenção	130

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIE	Comission Internationale de L'Eclairage
EPE	Empresa de Pesquisa Energética – Brasil
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – USP
HXE	Sistema Hexa decimal de cores
IEE	Instituto de Energia e Ambiente – USP
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light Emitting Diode (diodo emissor de luz)
LABAUT	Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética – FAUUSP
RGB	Modelo de cores Red, Green and Blue

GLOSSÁRIO

Aletas	Proteção feita de componentes opacos ou metálicos, posicionados geometricamente para evitar a visão direta das lâmpadas em um determinado ângulo
Célula teste	São edificações ou ambientes construídos unicamente para uso experimental. Podem ser em escala reduzida ou em tamanho real.
Curvas de distribuição de intensidade luminosa	É a curva de uma luminária, geralmente polar, que representa a intensidade luminosa em um plano através da fonte, como função do ângulo medido a partir de uma dada direção
Curva de distribuição de iluminância	É a curva representando a iluminância de uma luminária num plano vertical, como função do ângulo a partir do nadir.
Curva isolux	É o “locus” de pontos em uma superfície onde a iluminância tem o mesmo valor
Difusor	Dispositivo para alterar a distribuição espacial de um fluxo radiante ou luminoso e dependendo essencialmente do fenômeno de difusão
Eficiência luminosa	É a 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)
Fotometria	Medição de quantidades referentes à radiação emitida, de acordo com o efeito visual que produz, como baseado em certas convenções
Iluminância	Quantidade total de luz emitida por uma fonte luminosa em todas as direções. Sua medida é lúmen (lm). É o quociente do fluxo luminoso, incidente em um elemento

	da superfície que contém o ponto, pela área deste elemento em lux
Intensidade luminosa	Quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa em uma determinada direção dentro de um determinado ângulo. Sua medida é dada dividindo o fluxo luminoso (ϕ) pelo ângulo sólido unitário (esferorradiano). Sua medida é candela (cd)
Iluminância	Fluxo luminoso que incide em uma superfície e não é visível. Sua unidade de medida é o fluxo luminoso em lúmen dividido pela área, conhecido como lux (lx). Também é conhecido como nível de iluminância ou nível de iluminação
Índice de reprodução de cor	É a medida que indica a cor real e aparente de objeto ou superfície, onde quanto mais alto o valor, mais fiel é a cor do objeto ou superfície em relação à luz do sol. Ele varia em uma escala de 0 a 100 e não possui unidade de medida. Também conhecido como IRC de uma fonte de luz
Luminância	Intensidade luminosa produzida ou refletida por uma superfície, é a luz refletida visível. Sua unidade é candela por metro quadrado (cd/m^2)
Luminária	Aparelho que distribui, filtra ou transforma a luz de uma ou mais lâmpadas, e que inclui todos os itens necessários para fixar e proteger estas lâmpadas e ligá-las à rede
Luxímetro	Instrumento para a medição de iluminâncias
Luz	Radiação eletromagnética de comprimento de onda que se situa entre radiação infravermelha e ultravioleta (380 nm a 780 nm) e que se propaga pelo ar a uma velocidade de aproximadamente 300.000 km/s, que sensibiliza o olho humano

Ofuscamento	Condição de visão em que existe desconforto ou uma redução na capacidade de ver objetos significantes (ou ambos), graças a uma distribuição ou um valor adequado de luminância, ou por contraste extremos em espaços ou tempo
Plano de trabalho	Superfície de referência definida como o plano onde usualmente é feito o trabalho
Retrofit	Termo utilizado principalmente em engenharia para designar o processo de modernização de algum equipamento considerado ultrapassado ou fora da norma
Temperatura de cor	É a aparência de cor da luz, onde sua escala apresentada faz referência à cor do aquecimento do radiador de corpo negro ou um radiator absoluto. Sua medida é dada em Kelvin (K)
Vida útil	É o número de horas decorridas até se atingir 70% da quantidade de luz inicial devido à depreciação do fluxo luminoso de cada lâmpada, somado ao efeito das respectivas queimas ocorridas no período

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A iluminação artificial começou a ter importância a partir da descoberta da eletricidade e da invenção da lâmpada no século XIX. Desde então, até os dias de hoje, associada à quantidade, qualidade e eficiência energética, a evolução dos sistemas de iluminação artificial é constante e a substituição das tecnologias por outras mais eficientes vem acontecendo em intervalos menores de tempo.

Com o surgimento da iluminação artificial, o período diurno se estendeu para a realização de mais tarefas cotidianas, além de trazer segurança em vias públicas principalmente para pedestres, para após o pôr do sol.

A eficiência luminosa da fonte de luz cada vez maior contribui para esse avanço, uma vez que é possível iluminar mais gastando menos. (ROSER, 2019).

O World Bank levantou os dados de crescimento do acesso à eletricidade e a iluminação da população desde 1990 até a última atualização realizada em 2016. Na Figura 1 a seguir, podemos observar a evolução desse crescimento em alguns países.

Figura 1: Gráfico da evolução do acesso à energia elétrica da população em alguns países

Fonte: World Bank – World Development Indicators

No Brasil, este crescimento do acesso à eletricidade coincide com os anos que o país vivenciou a crise energética. Segundo GARCIA (2011), no final dos anos 90 e início dos anos 2000 essa crise foi causada, por dois fatores principais relacionados. Houve um aumento de demanda pela energia elétrica, e para atender a essa crescente demanda, as usinas hidrelétricas utilizaram o reservatório de água disponível. No entanto, nesse período, ocorreu também uma grande estiagem devido à redução drástica nas precipitações anuais. Dessa forma, entre os anos de 2000-2001 o nível médio dos reservatórios atingiu as menores marcas, e não havia reserva de água disponível para alimentar as usinas hidrelétricas.

Como decorrência, o governo brasileiro estipulou a redução em 20% no consumo de energia, e para isso foram definidas metas para os setores residenciais, comerciais e industriais. Foi nessa época que a lâmpada incandescente foi substituída pela lâmpada fluorescente em larga escala, pois a redução chegava a 75% de economia.

No setor comercial, a solução para economizar energia por meio da iluminação foi a substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares T10 de 40W (base G13) pelas lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 32W (base G13), onde apenas com a substituição dessas lâmpadas, economizava-se cerca de 20%.

Após a crise energética, houve uma crescente procura por outras fontes de energia e produtos que trouxessem economia de energia. Nos anos de 2004-2005, referente à iluminação artificial, inicia-se a substituição da lâmpada fluorescente tubular T8 e T10 pela fluorescente tubular T5, que era mais eficiente e tem maior vida útil. Esta tecnologia ainda está sendo utilizada, pois tem uma elevada eficiência energética, grande durabilidade, grande variedade de temperatura de cor e IRC alto. Possui selo de certificação pelo INMETRO desde 1999.

Com a atual preocupação mundial com o meio ambiente e o surgimento dos selos e/ou certificações de sustentabilidade, as lâmpadas fluorescentes começaram a ser substituídas pelos sistemas de iluminação utilizando a tecnologia LED dado o aclamado baixo consumo e alta eficiência energética. Além disso, o descarte do LED tem baixo impacto ambiental se comparado à lâmpada fluorescente tubular.

No momento, a tecnologia LED é considerada o sistema de iluminação mais eficiente do mercado e está cada vez mais sendo utilizada no Brasil e no mundo. No entanto, as normas existentes relativas à fabricação do LED são recentes, de 2012, e a certificação de lâmpadas LED pelo INMETRO entrou em vigor em fevereiro de

2016. Até setembro de 2016, ainda não era possível encontrar as lâmpadas tubo LED certificadas em revendedores de grande e médio porte. Era possível encontrar apenas diretamente com os fabricantes.

Apesar da tecnologia LED se mostrar extremamente eficiente na maioria dos casos, estudos como os de SOARES (2018), KYBA (2017) e MERCOLA and WUNSCH (2016) mostram alguns problemas causados devido à exposição prolongada da luz LED, tais com alteração no ciclo circadiano, dores de cabeça, entre outros. Portanto, ainda deve-se ter cautela para a utilização dessa tecnologia.

Em uma entrevista dada à CNN em 2017, o estudioso Christopher Kyba da *GFZ German Research Centre for Geosciences*, alerta sobre o problema da poluição noturna no mundo, principalmente após a substituição das lâmpadas de vapor de sódio pelas lâmpadas LED na iluminação pública. Não só o ciclo circadiano em humanos sofre alterações, como em muitas espécies de animais, principalmente os noturnos, tem seu ciclo alterado devido à exposição ao LED nesse período.

A *American Medical Association* fez, em 2016, recomendações relacionadas à iluminação pública referente à temperatura de cor e nível de radiação que seriam menos prejudiciais à saúde. Segundo Christopher Kyba, a tecnologia LED tem trazido benefícios com a grande economia de energia por meio da substituição da tecnologia convencional de vapor de sódio e vapor metálico, porém deve ser utilizada com cautela. Uma das possíveis soluções para as vias públicas seria iluminar apenas o essencial, como o percurso de pedestres e bicicletas, pois os automóveis já possuem luz própria. (GANGULY, 2017).

No setor dos edifícios, dados do EPE mostram que o consumo de energia elétrica no Brasil era de 243.074 GWh em 1995 e foi para 465.130 GWh em 2017. O consumo de energia praticamente dobrou nesses 22 anos. No setor comercial, que engloba edifícios de escritório, instituições de ensino, hospitais, bancos, etc., o aumento foi de 44% ao longo desses anos.

Figura 2: Consumo anual de energia elétrica por classe (nacional) – ano de 2017

Fonte: EPE

O gráfico apresentado na Figura 2 mostra o consumo por classe ou setor no ano de 2017, o consumo do setor comercial, corresponde a 19% do total. Ainda em relação ao setor comercial, a pesquisa de posse de equipamentos e hábito de uso, publicada em 2008, mostra com os dados coletados em 2005 que 22% em média correspondem ao gasto com iluminação (ELETROBRAS, 2009).

Os resultados da nova pesquisa, já realizada pela Eletrobras estarão disponíveis no segundo semestre de 2019. É muito provável que não tenha havido neste período variações significativas nestes percentuais.

Como os gastos com iluminação ainda possuem um percentual elevado, é importante que sejam realizados projetos adequados. Além de manter o conforto luminoso e nível de iluminância apropriado à atividade no plano de trabalho dos usuários, deve proporcionar também, um consumo reduzido de energia. Um estudo cuidadoso para a concretização disso vale tanto para projetos novos como para os de *retrofit*.

O cuidado deve ser maior no caso de projetos de *retrofit* pois ainda vende-se a ideia de que substituindo uma lâmpada fluorescente por uma lâmpada LED com formato tubular há economia de energia. No entanto, o nível de iluminação resultante dessa substituição poderá não estar de acordo com a norma.

Infelizmente, no mercado atual, os arquitetos e light designers ainda têm dificuldades em obter os dados básicos que os fabricantes deveriam fornecer junto

dos seus produtos, tanto em LED como em sistemas de iluminação convencionais. Até o final de 2016, os fabricantes de luminária ainda não disponibilizavam os dados fotométricos utilizando as lâmpadas tubo LED em suas luminárias.

Com o avanço tecnológico dos dias atuais e o acesso das informações por meio da internet, é importante ressaltar que, de forma crescente, os programas de cálculo estão sendo utilizados como ferramenta facilitadora para se pensar em um projeto luminotécnico adequado. A própria IESNA cita, no plano de pesquisas estratégicas de 2016, a importância da utilização dos softwares de cálculo luminotécnico.

Os programas de simulação estão sendo utilizados pelos projetistas no mundo todo e têm suas vantagens pois são facilitadores da operação, têm baixo custo, pois economizam tempo principalmente em projetos mais complexos, e os resultados gráficos são satisfatórios. Porém, não podem ser utilizados sem conhecimento prévio necessário sobre cálculos e projetos luminotécnicos.

No início de um projeto arquitetônico nem sempre estão disponíveis os dados de entrada, por vezes faltam os acabamentos, os mobiliários, o layout e a presença de outras interferências. Os cálculos dos softwares dão uma ideia de quanto haverá de luz e o efeito da mesma no ambiente projetado. Os resultados são produtos de equações programadas, portanto, dependem de dados de entrada confiáveis.

Um dos dados de entrada mais importantes para um projeto de cálculo é o fator de manutenção ou fator de depreciação do sistema de iluminação que será utilizado, pois o ideal é que, após alcançar a depreciação de 30% do fluxo luminoso do sistema de iluminação, se tomem providências necessárias, por exemplo, que a lâmpada ou o conjunto seja trocado ou seja realizada a limpeza dos mesmos.

Quando a tecnologia fluorescente era dominante no mercado nacional, o projetista recomendava a troca das lâmpadas e limpeza do sistema de iluminação ao atingir tal depreciação. Porém, não era isso que ocorria, as trocas só eram realizadas após a queima de um dos componentes do conjunto. Com a tecnologia LED, os clientes nem pensam em trocar os sistemas e iluminação em LED, pois a promessa é de não haverá queima ou depreciação por muitos anos. Neste caso, já se optaria por uma reforma total no ambiente de trabalho.

A ideia que surgiu ao iniciar a pesquisa é que há depreciação da tecnologia LED, tanto quanto há depreciação da tecnologia fluorescente. Questiona-se, assim, a eficiência dos sistemas de iluminação utilizando a nova tecnologia LED no Brasil e

a confiabilidade dos dados de entrada nos programas de simulação, assim como a depreciação a ser utilizada e os dados fotométricos fornecidos pelos fabricantes.

A IESNA propõe em seu plano o aumento de pesquisas relacionadas aos sistemas de LED, dado que, provavelmente nos próximos quatro anos, serão as fontes de luz predominantes. Dessa maneira, é importante testar a qualidade e a real eficiência energética desses sistemas de iluminação, pois cada vez mais, pressiona-se para a redução do consumo energético no mundo.

O uso em grande escala de uma tecnologia pode gerar um amplo impacto para um país, por isso, ter o conhecimento profundo do comportamento desta tecnologia é fundamental. Aferir se o resultado esperado condiz com a realidade é mandatório, visto que, em tempos de instabilidade na produção de recursos básicos como a eletricidade, conhecer o consumo real de uma edificação pode significar a viabilidade ou não de uma empresa ou até de um país.

1.1. Objetivos

O principal objetivo desta pesquisa é comparar a depreciação da tecnologia LED com a tecnologia fluorescente, prevendo assim, o fator de manutenção adequado em projetos de iluminação.

Para alcançar o objetivo, foi verificada a depreciação do fluxo luminoso em sistemas de iluminação definidos inicialmente, por meio de medições do nível de iluminação no plano de trabalho em uma célula teste. Os mesmos também foram ensaiados em laboratório.

A norma CIE-97:2005 foi utilizada para obter os dados do fator de manutenção que devem ser considerados no projeto luminotécnico. A mesma serviu de base para posterior comparação com as medições realizadas.

Outro objetivo da pesquisa é verificar dentre os sistemas de iluminação que utilizam a tecnologia LED, qual tem maior depreciação.

1.2. Hipóteses da pesquisa

A tese possui três hipóteses:

Hipótese 1: Existe depreciação do fluxo luminoso na tecnologia LED quando comparada com a tecnologia fluorescente

Hipótese 2: A depreciação do fluxo luminoso na tecnologia LED é mais intensa na lâmpada tubo LED quando comparada ao LED aplicado na própria luminária

Hipótese 3: Os dados de depreciação preconizados pela norma CIE-97:2005 não correspondem à realidade, pois as depreciações reais são maiores que a referida norma

CAPÍTULO 2

MÉTODOS E TÉCNICAS

2. MÉTODOS E TÉCNICAS

2.1. Considerações preliminares

O fluxograma a seguir mostrado na figura 3 apresenta a metodologia adotada nesta pesquisa durante todas as suas etapas.

Figura 3: Fluxograma da pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora

2.2. Levantamento de dados secundários

Inicialmente, foi realizado um levantamento de dados secundários que incluem dissertações e teses sobre iluminação artificial, eficiência energética e LEDs; informações sobre projetos atuais utilizando a tecnologia LED em revistas e sites especializados; e normas e regulamentos sobre o assunto.

Foram levantados dados sobre os sistemas de iluminação utilizando a tecnologia LED que poderiam ser equivalentes aos sistemas de iluminação convencionais utilizando lâmpada fluorescente tubular. Pesquisou-se informações sobre os produtos das empresas nacionais e internacionais mais conhecidas no mercado brasileiro em catálogos e sites de fabricantes.

Determinados os sistemas de iluminação mais utilizados em edifícios comerciais e escolares, iniciou-se o levantamento dos dados primários para a tese.

Decidiu-se que as normas base para realização da pesquisa seriam a NBR ISO/CIE 8995-1 de 2013 – Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior, adotando o nível de iluminação no plano de trabalho de 500 lux, e a norma CIE 97:2005 para aplicação do fator de manutenção do sistema de iluminação utilizado.

2.3. Sistemas de Iluminação

Foram adotadas duas tipologias de sistemas de iluminação: modelo de luminária com aletas e luminária com difusor. Deste modo, será estudada a depreciação tanto da tecnologia LED como da tecnologia fluorescente, considerando uma luminária semiaberta e uma fechada. Os sistemas adotados foram:

- Luminária com aletas parabólicas e refletor em alumínio para lâmpada fluorescente tubular 2x28W – Tipo 1;
- Luminária com aletas parabólicas e refletor em alumínio para lâmpada LED tubular equivalente 2x18W – Tipo 2;
- Luminária com aletas parabólicas com LED integrado – Tipo 3;
- Luminária com refletor branco e fechamento translúcido para lâmpada fluorescente tubular 2x28W – Tipo 4;
- Luminária com refletor branco e fechamento translúcido para lâmpada LED tubular equivalente 2x18W – Tipo 5;

- Luminária com fechamento translúcido com LED integrado – Tipo 6;

Foi simulado no programa Dialux 4.12 o quantitativo necessário para alcançar o nível de iluminância de 500 lux no plano de trabalho, conforme norma NBR ISO/CIE 8995-1 de 2013 – Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior, considerando que a célula teste será um ambiente de escritório.

Pela norma, a iluminância de 500 lux fica restrita apenas à área onde será realizada a tarefa, no caso, a mesa de trabalho do usuário. A iluminância da área do entorno imediato poderá ser mais baixa que a iluminância de área de tarefa, porém, não poderá ser abaixo de 300 lux conforme norma, para o caso de escritórios.

O resultado dos cálculos realizados utilizando os sistemas de iluminação do fabricante Lumicenter é mostrado na Figura 4 seguinte.

Figura 4: Resultado do cálculo – curvas isolux do programa Dialux 4.12

Neste caso, para as tipologias dos sistemas de iluminação 2 e 4, não foi possível realizar o cálculo utilizando as lâmpadas tubo LED, pois os fabricantes ainda não possuíam os ensaios referentes ao mesmo.

Para ter uma ideia dos quantitativos de luminárias necessárias, considerou-se a curva fotométrica utilizando lâmpadas fluorescentes tubulares base T8.

2.4. Busca de apoio para realização da pesquisa

O Departamento de Tecnologia da FAU-USP gentilmente cedeu uma das salas do laboratório de pesquisa para ser utilizada como célula teste durante 26 meses.

Buscou-se também o apoio do laboratório de fotometria do IEE para que pudessem ser realizados os ensaios fotométricos necessários para a pesquisa.

Definidos os sistemas, buscou-se, entre diversos fabricantes conhecidos no mercado nacional, aqueles que poderiam doar os materiais para que o experimento pudesse ser realizado.

A empresa Lumicenter doou todos os sistemas de iluminação, no entanto, doou somente duas peças de cada modelo, e a empresa Philips doou todas as lâmpadas utilizadas no experimento.

Devido a esta mudança de cenário, considerou-se somente a utilização de duas luminárias de cada tipologia que seriam instaladas nos mesmos pontos, e seria feita a medição do nível de iluminância em pontos definidos segundo norma NBR ISO/CIE 8995-1.

Assim, foi comparado o nível de iluminância ponto a ponto e o nível de iluminância média que cada sistema de iluminação fornece conforme o conjunto é depreciado em cada situação.

O detalhamento dos sistemas de iluminação utilizados para realização do experimento é listado na sequência.

2.4.1. Luminárias

- Tipo 1: Modelo da luminária: FAA04-S228 – Luminária de sobrepor, com corpo em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente na cor

branca, refletor e aletas parabólicas em alumínio alto brilho com 2 lâmpadas fluorescente tubular T5 de 28W.

Figura 5: Foto e curva fotométrica da luminária FAA04-S

Fonte: Lumicenter

- Tipo 2: Modelo da luminária: CAA02-S232 – Luminária de sobrepor, com corpo em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente na cor branca, refletor e aletas parabólicas em alumínio alto brilho com 2 lâmpadas tubo LED T8 de 18W.

Figura 6: Foto e curva fotométrica da luminária CAA02-S

Fonte: Lumicenter

- Tipo 3: Modelo da luminária: EAA02-S3500840 – Luminária de sobrepor à LED, corpo em chapa de aço fosfatizada com pintura microtexturizada. Aletas parabólicas e refletores em alumínio de alto brilho. Difusores recuados em acrílico leitoso. IRC 85 e IP20. Drivers multitemensão (100V ~ 250V) integrados à luminária. Consumo total incluindo driver de 37W, 4000K, 3400lm (já consideradas as perdas óticas). Vida útil 30.000h de uso em ambientes a 50°C, 3 anos de garantia.

Figura 7: Foto e curva fotométrica da luminária EAA02-S

Fonte: Lumicenter

- Tipo 4: Modelo da luminária: FHT07-S28 – Luminária de sobrepor com corpo em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente na cor branca. Difusor em acrílico leitoso (PMMA - polimetilmetacrilato) com 2 lâmpadas fluorescente tubular T5 de 28W.

Figura 8: Foto e curva fotométrica da luminária FHT07-S

Fonte: Lumicenter

- Tipo 5: Modelo da luminária CHT10-S232ACL – Luminária hermética de sobrepor, com corpo em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente na cor branca. Difusor em poliestireno leitoso com 2 lâmpadas tubo LED T8 18W.

Figura 9: Foto e curva fotométrica da luminária CHT10-S ACL

Fonte: Lumicenter

- Tipo 6: Modelo LCN13-S4000840 – Luminária de sobrepor à LED, com corpo em chapa de aço fosfatizada, acabamento em pintura eletrostática pó poliéster na cor branca microtexturizada. Difusor em acrílico leitoso. IRC 80 e IP20. Drivers multitensão (100V ~ 250V) integrados à luminária. Consumo total incluindo driver de 37W, 4000K, 3850lm (já consideradas as perdas óticas). Vida útil 50.000h de uso.

Figura 10: Foto e curva fotométrica da luminária LCN13-S

Fonte: Lumicenter

As curvas fotométricas das figuras 6 e 9 são referentes aos sistemas de iluminação utilizando lâmpada fluorescente tubular T8 de 32W.

As fichas técnicas fornecidas pelo fabricante estão no Anexo I deste trabalho.

2.4.2. Lâmpadas

As lâmpadas utilizadas nos sistemas de iluminação foram doadas pela empresa Philips do Brasil e têm as seguintes características:

- Lâmpada fluorescente tubular T5 28W

Marca/Modelo: Philips – TL5 Essential 28W/840 com certificação INMETRO

Potência: 28W

Base: G5

Temperatura de cor: 4000K

Fluxo luminoso: 2900lm

Eficiência: 103 lm/W

Vida útil: 20.000h

IRC 80

As lâmpadas estão instaladas nas luminárias de modelo tipo 1 e tipo 4.

- Lâmpada tubo LED T8 18W

Marca/Modelo: Philips – MASTER LEDTube 18W com certificação INMETRO

Potência: 18W

Base: G13

Temperatura de cor: 6500K

Fluxo luminoso: 2100lm

Eficiência luminosa: 117lm/W

Vida média: 25.000h

Tensão: 100~240V – 50/60 Hz

Fator de potência: 0,92

IRC > 82

As lâmpadas estão instaladas nas luminárias de modelo tipo 2 e tipo 5.

- Lâmpada fluorescente tubular T8 32W

Marca/Modelo: NSK – Linha Standard FL32T8-6

Potência: 32W

Base: G13

Temperatura de cor: 6500K

Fluxo luminoso: 2600lm

Vida média (h): 8000h

IRC: 70~79

Esta lâmpada foi utilizada somente na medição inicial das luminárias modelo tipo 2 e tipo 4 para comparação com a lâmpada tubo LED e foi emprestada pela própria FAU-USP apenas para essa finalidade.

2.4.3. Equipamentos auxiliares

O equipamento auxiliar empregado nas luminárias utilizando lâmpadas fluorescente tubular T5 de 28W foi o reator da marca Philips com as seguintes características:

- Marca/Código do produto: Philips EL1/214-28A26 P 105~250V
Lâmpada: 2x28W
Tensão: 127V
I. Entrada (A): 0,49A
P. Total: 63W
F.P.:0,99
THD: < 5%
F.F.L.: 1,00
F. Efic.: 1,59
F.L. (KHz): 45

Para a única medição realizada com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 32W foi utilizado o reator, também emprestado pela FAU-USP somente para essa única medição, com as seguintes características:

- Marca/ Código do produto: RCG – RE 232FR Evolution bivolt
Lâmpada: 2x32W
Tensão: 127V
Corrente: 0,51A
P. Total: 64W
F.P.:0,99
THD: 10%
F.F.L.: 100%

O driver das luminárias com LED integrado tem as seguintes características, que são do próprio fabricante Lumicenter:

- Marca/Código do produto: Lumicenter REREAT00714

Lâmpada: LED 12-17

Tensão: 100 a 250V

I. Entrada (A): 0,32 (127V)

P. Total: 38W

F.P.: 0,98

THD: 10%

F. Efic.: 90%

F.L. (KHz): 50/60 Hz

2.5. Determinação do fator de manutenção

Para encontrar o valor do fator de manutenção a ser considerado em projetos luminotécnicos, foi utilizado a norma CIE-97:2005 – Guia de manutenção dos sistemas elétricos de iluminação internos. Foi selecionada essa norma, pois é importante considerar, ainda na fase projetual, um fator de perdas luminosas pela depreciação da fonte de luz, acúmulo de poeira nos sistemas de iluminação e superfícies do ambiente, e design do próprio sistema de iluminação.

O fator de manutenção a ser considerado é determinado pela seguinte fórmula:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF$$

onde: LLMF – depreciação do fluxo luminoso da lâmpada

LSF – efeito de falha por envelhecimento da lâmpada

LMF – fator de manutenção da luminária

RSMF – redução da refletância do ambiente

Seguindo o passo a passo dado na norma CIE 97:2005, temos os seguintes valores de fator de manutenção:

Tabela 1: Recomendações dos intervalos de inspeção dos sistemas de iluminação dependendo da tarefa realizada.

Intervalo de inspeção	Ambiente	Atividade ou área de tarefa
3 anos	Muito limpo (VC)	Quartos limpos, fábrica de semicondutores, áreas hospitalares, centros computacionais
	Limpo (C)	Escritórios, escolas, enfermarias
2 anos	Normal (N)	Lojas, laboratórios, restaurantes, armazéns, oficinas e áreas de montagem
1 ano	Sujo (D)	Fábricas em geral, áreas de carpintaria, polimento e soldagem.

Fonte: CIE-97

Conforme Tabela 2, o intervalo de inspeção para escritórios e escolas é de três anos.

Tabela 2: Valores aproximados de intervalos de inspeção conforme tipo de luminária

Tipo de luminária		Classificação	Descrição	Intervalo de limpeza								
				3 anos			2 anos			1 ano		
				Ambiente								
				VC C	N	D	VC C	N	D	VC C	N	D
A		Fluxo direto e indireto	Luminárias abertas	X				X				x
B		Fluxo direto e indireto	Pendentes	X				X				X
C		Fluxo direto	Luminárias de sobrepor fechadas. Luminárias de embutir com aletas	X			(X)				X	
D		Fluxo direto	Luminárias fechadas IP2X	X			(X)				X	
E		Fluxo direto	Luminárias vedadas a prova de poeira IP5X	X	X				X			
F		Fluxo indireto	Luminárias de fluxo indireto				X			(X)	X	
G		Fluxo direto	Luminárias com abertura para ar de retorno (A.C.)	X	X				X			

Fonte: CIE-97

Analisando a Tabela 3, os sistemas de iluminação utilizados no experimento são do tipo C (modelos tipo 1, 2 e 3) e do tipo D (modelos tipo 4, 5 e 6). Ambos os modelos podem ser limpos a cada três anos.

Outro fator importante que deve ser considerado é o tempo que os sistemas de iluminação ficam acesos durante um ano. Em geral, escritórios e escolas funcionam de 8h a 12h por dia. No entanto, a premissa que será adotada é de que os sistemas de iluminação permanecem acesos 24h por dia, sem interrupção, conforme experimento que está sendo realizado. De acordo com a Tabela 4 a seguir, os sistemas de iluminação ficarão acesos durante 8.760 horas por ano. No total, serão aproximadamente 17.000 horas de operação.

Tabela 3: Tabela de operação anual típica em horas.

Atividade	Período de ocupação		Controle de luz do dia	Operação em horas
	N° de dias	horas/dia	sim/não	horas/ano
Indústria				
Contínuo	365	24	não	8760
Com controle luz dia	365	24	sim	7300
2 turnos	310	16	não	4960
6 dias/semana	310	16	sim	3720
1 turno	310	10	não	3100
6 dias/semana	310	10	sim	1760
1 turno	258	10	não	2580
5 dias/semana	258	10	sim	1550
Varejo				
6 dias/semana	310	10	não	3100
Escritórios				
5 dias/semana	258	10	não	2580
	258	10	sim	1550
Escolas				
5 dias/semana	190	10	não	1900
	190	10	sim	1140
Hospitais				
7 dias/semana	365	16	não	5840
	365	16	sim	3504

Fonte: CIE-97

Tabela 4: Tabela de depreciação do fluxo luminoso da lâmpada (LLMF) e efeito de falha de envelhecimento da lâmpada (LSF).

			Horas gastas em mil horas												
		diferenças	0,1	0,5	1	2	4	6	8	10	12	15	20	30	
Incandescente	LLMF	moderado	1,00	0,97	0,93										
	LSF	grande	1,00	0,98	0,50										
Halógena	LLMF	grande	1,00	0,99	0,97	0,95									
	LSF	grande	1,00	1,00	0,78	0,50									

Fluorescente trifosfato	LLMF	moderado	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	
	LSF	moderado	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,94	0,50	
Fluorescente trifosfato	LLMF	moderado	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90		
	LSF	moderado	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,92	0,50		
Fluorescente halofosfato	LLMF	moderado	1,00	0,98	0,96	0,95	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75		
	LSF	moderado	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,92	0,50		
Fluorescente compacta	LLMF	grande	1,00	0,98	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0,85				
	LSF	grande	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,94	0,86	0,50				
Vapor de mercúrio	LLMF	moderado	1,00	0,99	0,97	0,93	0,85	0,82	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	
	LSF	moderado	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94	0,90	0,86	0,79	0,69	0,50	
Vapor metálico (250/400W)	LLMF	grande	1,00	0,98	0,95	0,90	0,87	0,83	0,79	0,65	0,63	0,58	0,50	
	LSF	grande	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,92	0,86	0,80	0,73	0,66	0,50	
Vapor metálico cerâmico (250/400W)	LLMF	grande	1,00	0,95	0,87	0,75	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56			
	LSF	grande	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,95	0,80	0,50			
Vapor de sódio (250/400W)	LLMF	moderado	1,00	1,00	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	0,94	0,90
	LSF	moderado	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,95	0,92	0,50
LED	LLMF	grande	Dados mudam constantemente											
	LSF	grande	Dados mudam constantemente											

Fonte: CIE-97

Nos sistemas de iluminação instalados, consideramos as lâmpadas fluorescente trifosfato e o LED, que foram assinalados na Tabela 5 anterior.

Para o valor do fator de manutenção da luminária, cruzamos os dados da Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 5: Tabela de fator de manutenção da luminária (LMF)

2,5		3,0						
Ambiente								
VC	C	N	D	VC	C	N	D	
0,93	0,87	0,82	0,75	0,92	0,85	0,79	0,73	0,73
0,91	0,82	0,76	0,71	0,89	0,79	0,74	0,68	0,68
0,89	0,77	0,64	0,54	0,87	0,74	0,61	0,52	0,52
0,90	0,81	0,75	0,68	0,89	0,79	0,73	0,65	0,65
0,92	0,90	0,85	0,80	0,92	0,90	0,84	0,79	0,79
0,86	0,73	0,60	0,51	0,85	0,70	0,55	0,45	0,45
0,98	0,95	0,91	0,86	0,98	0,95	0,90	0,85	0,85

Tempo de limpeza em anos	0	0,5				1,0				1,5				2,0			
Tipo de luminária (ver tabela 2)	Todas	VC	C	N	D	VC	C	N	D	VC	C	N	D	VC	C	N	D
	1	0,98	0,95	0,92	0,88	0,96	0,93	0,89	0,83	0,95	0,91	0,87	0,80	0,94	0,89	0,84	0,78
	1	0,96	0,95	0,91	0,88	0,95	0,90	0,86	0,83	0,94	0,87	0,83	0,79	0,92	0,84	0,80	0,75
	1	0,95	0,93	0,89	0,85	0,94	0,89	0,81	0,75	0,93	0,84	0,74	0,66	0,91	0,80	0,69	0,59
	1	0,94	0,92	0,87	0,83	0,94	0,88	0,82	0,77	0,93	0,85	0,79	0,73	0,91	0,83	0,77	0,71
	1	0,94	0,96	0,93	0,91	0,96	0,94	0,90	0,86	0,92	0,92	0,88	0,83	0,93	0,91	0,86	0,81
	1	0,94	0,92	0,89	0,85	0,93	0,86	0,81	0,74	0,91	0,81	0,73	0,65	0,88	0,77	0,66	0,57
	1	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,96	0,93	0,99	0,97	0,94	0,89	0,89	0,96	0,92	0,87
	1	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,96	0,93	0,99	0,99	0,94	0,89	0,89	0,96	0,92	0,87
	1	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,96	0,93	0,99	0,99	0,94	0,89	0,89	0,96	0,92	0,87

Fonte: CIE-97

Como podemos observar na Tabela 5, o valor máximo de depreciação da luminária seria de 0,74 e 0,79 para os sistemas de iluminação do experimento. No entanto, como o experimento durou aproximadamente 2 anos, utilizamos os valores correspondentes a cada tempo para determinar a depreciação total.

Por fim, é necessário encontrar o valor da depreciação do ambiente. O acúmulo de sujeira nas superfícies do ambiente reduz a capacidade de reflexão de luz no plano de trabalho com o passar do tempo.

Tabela 6: Tabela de fator de depreciação do ambiente (RSMF) para luminárias com distribuição direta da luz.

Refletância Teto/parede/piso	Tempo/anos ambiente	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Fator de manutenção da superfície – plano de utilização														
0,80/0,70/0,20	Muito limpo	1,00	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Limpo	1,00	0,93	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	Normal	1,00	0,88	0,86	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	Sujo	1,00	0,81	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
0,80/0,50/0,20	Muito limpo	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Limpo	1,00	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Normal	1,00	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Sujo	1,00	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
0,80/0,30/0,20	Muito limpo	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	Limpo	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Normal	1,00	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Sujo	1,00	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
0,70/0,70/0,20	Muito limpo	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Limpo	1,00	0,94	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Normal	1,00	0,89	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Sujo	1,00	0,83	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
0,70/0,50/0,20	Muito limpo	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Limpo	1,00	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	Normal	1,00	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	Sujo	1,00	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
0,70/0,30/0,20	Muito limpo	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	Limpo	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Normal	1,00	0,95	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Sujo	1,00	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
0,50/0,70/0,20	Muito limpo	1,00	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	Limpo	1,00	0,95	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Normal	1,00	0,91	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
	Sujo	1,00	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
0,50/0,50/0,20	Muito limpo	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Limpo	1,00	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Normal	1,00	0,94	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
	Sujo	1,00	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
0,50/0,30/0,20	Muito limpo	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	Limpo	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Normal	1,00	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	Sujo	1,00	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92

Fonte: CIE-97

Os valores encontrados nas tabelas anteriores serão utilizados para encontrar o fator de manutenção dos sistemas de iluminação no Capítulo 7.

2.6. Montagem da célula teste

A célula teste utilizada para este experimento foi uma das salas do laboratório do departamento de tecnologia, localizado na própria Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, piso dos laboratórios.

A sala tem 2,95m x 3,94m, com pé-direito de 2,92m e altura de instalação das luminárias a 2,82m no perfilado existente, e a configuração de layout conforme Figura 11 a seguir.

Figura 11: Layout da sala teste

O acabamento da sala é: piso cor de caramelo, paredes de cor creme claro e teto em concreto. As estantes na sala contêm livros ou são armários fechados, conforme pode ser visto nas Figuras 12 e 13.

Figura 12: Vista da sala da porta para janela

Figura 13: Vista da sala da janela para porta

Como o fabricante disponibilizou apenas duas luminárias de cada modelo, os pontos onde as luminárias serão instaladas para medição serão os mesmos onde já estavam seus pontos de ligação. Os sistemas de iluminação serão instalados conforme Figura 14 a seguir.

Figura 14: Sala teste com posição de medição dos sistemas de iluminação

Como a célula teste faz divisão com outras salas, para não atrapalhar seus usuários, cobriu-se a abertura existente (vide Figura 13) com papel cartolina.

No início, foram fechadas apenas as aberturas que faziam divisão com uma das salas, pois visualmente os sistemas de iluminação não interferiam na outra sala. No entanto, por solicitação do usuário desta outra sala ao lado, após dois meses, fechou-se a outra divisória com papel paraná.

2.7. Medições

As medições foram realizadas conforme norma NBR-ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior, capítulo 6.

Segundo a norma, a distância entre os pontos a serem medidos é obtido com a seguinte fórmula, onde p é o tamanho da malha e d é a maior dimensão do ambiente:

$$p = 0,2 \times 5^{\log_{10} d}$$

No caso da célula teste, a maior dimensão é de 3,94m.

Substituindo os valores, encontramos que o tamanho da malha é de 0,52. Para facilitar as medições, considerou-se a distância dos pontos da malha de 0,50m. A norma ainda considera um número mínimo de pontos da malha de medição, que é dado pela relação de d (maior dimensão do ambiente) por p (tamanho da malha), onde é encontrado o valor mínimo de sete pontos.

Outro ponto da norma presente na pesquisa foi o acréscimo de uma faixa marginal de 0,50m ao redor do ambiente, onde é desconsiderado o valor de medição e/ou simulação. Dessa maneira, para a sala teste em questão, foram considerados os seguintes pontos de medição conforme pode ser observado na figura 15 a seguir:

Figura 15: Planta da sala teste com malha de pontos de medição.

Uma base feita com cano de PVC com altura de 0,75m permite que as medições realizadas sejam feitas todas na mesma altura. A mesa de trabalho também possui a mesma altura de 0,75m.

Figura 16: Base utilizada na célula teste para medições.

Para que as medições fossem feitas no mesmo ponto, foram feitas marcações no piso e no plano de trabalho.

Para medição do nível de iluminância foi utilizado um luxímetro do LABAUT (figura 17) da Minipa, modelo MLM-1020, e para a medição da tensão da rede foi utilizado um voltímetro.

Figura 17: Luxímetro da FAU-USP utilizado na medição.

Os sistemas de iluminação permaneceram acesos durante 24 horas por dia, totalizando ao final do experimento 17.520 horas (aproximadamente 2 anos), pois desta maneira pudemos analisar a depreciação e vida útil real dos sistemas de iluminação do experimento.

Foram feitas medições dos seis sistemas de iluminação logo após instalação, um mês depois de serem instalados, e a cada três meses, totalizando dois anos. Os resultados das medições serão detalhados no Capítulo 3.

Como só havia uma célula teste, as medições ocorreram em datas distintas. A cada dia uma tipologia de sistema de iluminação foi posicionada conforme Figura 14. As demais peças foram instaladas em perfilados nas laterais da célula teste e desligadas no momento das medições.

2.8. Ensaios em laboratório - iniciais

Foram realizados ensaios fotométricos no laboratório do IEE com os sistemas de iluminação antes do uso no goniômetro e o fluxo luminoso foi medido a cada cinco graus. Antes de cada medição, aguardou-se a estabilização do mesmo na tensão de 127V.

Os resultados dos ensaios geraram a curva fotométrica de cada um dos sistemas de iluminação empregados na pesquisa, estes que também serviram para as simulações.

2.9. Simulações

Segundo uma pesquisa realizada pela revista Lume Arquitetura no início de 2009, 56 profissionais em projetos de iluminação do Brasil foram questionados em relação ao uso de softwares de cálculo luminotécnico. Desses 56 profissionais, apenas três não utilizavam nenhum tipo de software, projetando à moda antiga. Os outros 53 profissionais utilizavam os softwares Relux, Dialux e Agi32, destes o Relux é o mais utilizado, seguido pelo Dialux e o Agi32.

Em uma votação do blog *“Life and Light”* de David Aloï, também de 2009, o resultado mostrou que o software mais utilizado é o Dialux com 41,8%, em seguida o Relux Professional com 25,2%, e por fim o Agi32 com 9,6% dos votos.

Portanto, para realizar as simulações foram empregados os softwares mais conhecidos e utilizados por profissionais, tanto do mercado nacional quanto internacional: Dialux, Agi32 e Relux.

Foram simuladas três situações: uma considerando a sala vazia, outra mobiliado, com os móveis pertencentes em cada biblioteca fornecida pelo programa em questão. Quando não havia mobiliário na biblioteca, foi criado por meio de formas básicas como cubo, um volume para substituir o mobiliário e compor o ambiente. Por fim, foi considerado o ambiente com o mesmo mobiliário mais a cromaticidade dos mesmos e no ambiente, na tentativa de aproximar o modelo do real.

2.9.1. Dialux

O programa Dialux é um programa de origem alemã, desenvolvida pela empresa DIAL GmbH e é totalmente gratuito. Podemos encontrar duas versões desse programa de cálculo, o Dialux 4.12 e o Dialux EVO.

A primeira versão do programa Dialux foi lançada em 2005, sendo o Dialux EVO de 2012. Como já não há mais atualizações do programa Dialux, a tendência é que o Dialux EVO o substitua. O Dialux EVO já está na versão 8.1.

Os programas calculam ambientes internos e externos, e simulam a iluminação natural, iluminação artificial ou ambas.

Está disponível em mais de 25 línguas e, segundo Souza (2011, p.39), a base de cálculo do software está de acordo com normas internacionais como a EN12464 ISO 8995, e os resultados estão validados conforme norma CIE 171:2006.

O programa possui um vasto banco de dados fotométricos, com mais de 100 fabricantes associados. Caso o fabricante do sistema de iluminação não seja associado, ou seja, não possua catálogo dentro do próprio programa, há a possibilidade de importar a fotometria nos formatos padronizados: IES, Eulumdat, CIBSE, TM14 e LTLi.

2.9.2. AGi32

O programa Agi32 é um programa norte-americano desenvolvido pela empresa Lighting Analysts Inc., e sua primeira versão foi lançada em 1992. É um programa de cálculo pago e seu valor atual é de 895 dólares.

Ele simula iluminação natural e/ou artificial e está disponível apenas em inglês. Um problema observado para a instalação e funcionamento do programa é que, por se tratar de um software americano, é necessário modificar as configurações do computador de região, idioma e sistema de unidades para o inglês. Sem essa alteração na configuração, o programa não funciona corretamente.

Para a escolha dos sistemas de iluminação que serão utilizados nos cálculos, não há nenhum fabricante associado, portanto os arquivos fotométricos devem ser todos importados nos formatos padronizados IES, Eulumdat e TM14.

A base de cálculo do programa segue as normas ABNT, CIE e IES.

2.9.3. Relux

O programa Relux é um programa suíço, desenvolvido pela empresa Relux Informatik AG. A versão ReluxSuite é gratuita, enquanto a versão ReluxPro é paga.

Os programas calculam ambientes internos e externos, e simulam a iluminação natural e iluminação artificial.

Está disponível em 24 línguas e a base de cálculo do software está de acordo com a Comissão Internacional de Iluminação (CIE).

O programa possui cerca de 70 fabricantes associados, onde é possível escolher o sistema de iluminação a ser utilizado no projeto por meio do Relux Net, que direciona o usuário às páginas da internet, permitindo inserir os sistemas de iluminação diretamente no programa, assim como o Dialux. Permite também a importação de arquivos fotométricos de fabricantes não associados, nos formatos normalizados IES e LTD.

2.10. Comparações simulações x experimentações

A comparação dos resultados dos cálculos será realizada apenas com os sistemas de iluminação no momento da instalação, ou seja, sem considerar depreciações, tanto dos sistemas de iluminação quanto do ambiente.

Sabendo também que, por ser um programa de cálculo, baseado em matemática, a depreciação considerada influencia diretamente no resultado final. Ou seja, se o nível médio final sem depreciações é de “y”, e considerando depreciação de 0,80, o resultado do nível médio final será 0,80 sobre o mesmo valor “y”.

O grid de cálculo considerado nas simulações será de 0,50m x 0,50m de distância, com um entorno de 0,50m da parede, conforme recomendações da norma NBR-ISO/CIE 8995-1 e conforme demarcação realizada na célula teste, para comparação entre simulação e experimentação.

A Tabela 7 a seguir foi utilizada para encontrar os índices de reflexão de teto, parede e piso.

Tabela 7: Coeficiente de reflexão de alguns materiais e cores.

Materiais	%
Rocha	60
Tijolos	5 ~ 25
Cimento	15 ~ 40
Madeira clara	40
Esmalte branco	65 ~ 75
Vidro transparente	6 ~ 8
Madeira aglomerada	50 ~ 60
Azulejos brancos	60 ~ 75

Madeira escura	15 ~ 20
Gesso	80
Cores	
Branco	70 ~ 80
Creme claro	70 ~ 80
Amarelo claro	55 ~ 65
Rosa	45 ~ 50
Verde claro	45 ~ 50
Azul celeste	40 ~ 45
Cinza claro	40 ~ 45
Bege	25 ~ 35
Amarelo escuro	25 ~ 35
Marrom claro	25 ~ 35
Verde oliva	25 ~ 35
Laranja	20 ~ 25
Vermelho	20 ~ 35
Cinza médio	20 ~ 35
Verde escuro	10 ~ 15
Azul escuro	10 ~ 15
Vermelho escuro	10 ~ 15
Cinza escuro	10 ~ 15
Azul marinho	5 ~ 10
Preto	5 ~ 10

Fonte: Manual da Osram

Conforme tabela anterior e os acabamentos da célula teste onde foi realizada o experimento, foram considerados para teto 50% (teto escuro, concreto), paredes 50% (parede creme com presença de prateleiras e armários de madeira clara) e piso 20% (cor caramelo). Esses valores foram utilizados tanto nas simulações como para encontrar o fator de manutenção na norma CIE-97:2005.

2.11. Ensaios em laboratório - depreciados

Após a retirada dos sistemas de iluminação da célula teste, os mesmos foram ensaiados no goniômetro. Da mesma maneira que os ensaios iniciais, o fluxo luminoso medido foi a cada cinco graus.

Com a finalidade de comparar a depreciação das lâmpadas fluorescentes tubulares e tubo LED, cada uma foi ensaiada na esfera integradora separadas das luminárias e equipamento auxiliares. O reator utilizado para ensaiar as lâmpadas fluorescentes tubulares foi o de referência pertencente ao próprio laboratório, e para as lâmpadas tubo LED a alimentação foi direto em 127V.

2.12. Comparação Medições x Norma

Com os resultados da iluminância média medidos durante 2 anos, obteve-se o fator de manutenção real dos sistemas de iluminação instalados.

Os mesmos foram comparados com o fator de depreciação encontrados na norma CIE-97:2005.

2.13. Verificação das hipóteses e conclusões

Por meio da análise dos resultados das medições, comparações e ensaios em laboratório foram possíveis verificar as hipóteses e concluir aspectos importantes em relação aos sistemas de iluminação utilizados nesta pesquisa.

CAPÍTULO 3

MEDIÇÕES NA CÉLULA TESTE

3. MEDIÇÕES NA CÉLULA TESTE

3.1. Considerações preliminares

Este capítulo se refere somente as medições e aos seus resultados. As medições foram realizadas com o intuito de verificar a real depreciação de sistemas de iluminação.

Conforme metodologia descrita no Capítulo 2, item 2.6. e 2.7., foi montada uma célula teste e instalados seis sistemas de iluminação, que ficaram ligados 24h por dia desde o dia 16 de novembro de 2016 até o dia 14 de novembro de 2018.

As medições ocorreram no momento da instalação, após cerca de 15 minutos de estabilização, e foram realizadas a cada 3 meses. Uma medição adicional ocorreu também um mês depois de as luminárias terem sido instaladas.

As medições ocorreram ao anoitecer para que não houvesse interferência da luz natural, salvo algumas exceções, onde ocorreram imprevistos como instalação do modelo errado na data prevista. Nesse caso, foram realizadas duas medições, uma considerando iluminação natural mais artificial, e outra somente com a iluminação natural. Assim, descontando uma pela outra, obtivemos os valores dos níveis da iluminação artificial.

O luxímetro utilizado tinha uma grande sensibilidade, dessa forma foi possível perceber que os valores de iluminância dos sistemas de iluminação em LED tiveram uma pequena variação de 1 a 5 lux, dependendo do ponto medido ou da tipologia do sistema de iluminação.

Os valores medidos foram apurados por um luxímetro calibrado com base em uma lâmpada incandescente, e isso significa que os valores tiveram variação em relação ao luxímetro calibrado dependendo do tipo de lâmpada medida. As lâmpadas fluorescentes tubulares T8 tiveram variação de 16%; as lâmpadas fluorescentes tubulares T5 uma variação de 5% a 6%; as lâmpadas tubo LED apresentaram maior diferença, com uma variação de 20% a 21%; e as luminárias com LED aplicados, uma variação de 4% a 6%.

Apesar de terem ocorrido variações em relação ao luxímetro calibrado, temos um resultado concreto, pois o aparelho utilizado durante toda a pesquisa não foi

trocado, e a variação entre este e o luxímetro calibrado permaneceu constante. Então podemos afirmar que a depreciação medida durante os dois anos é válida.

3.2. Medições realizadas

A seguir, temos os valores medidos ponto a ponto no momento da instalação dos sistemas de iluminação separados por tipologia de lâmpada. Os valores apresentados foram corrigidos e estão de acordo com o luxímetro calibrado.

Figura 18: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – lâmpada fluorescente tubular T5 28W – 0h

LUMINÁRIA TIPO 1
DATA DA MEDIÇÃO: 18.11.2016
HORÁRIO: 19:10h
REFERÊNCIA: 0h
Em = 442 lux

Figura 19: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – lâmpada fluorescente tubular T5 28W – 0h

LUMINÁRIA TIPO 4
 DATA DA MEDIÇÃO: 21.11.2016
 HORÁRIO: 19:20h
 REFERÊNCIA: 0h
 Em = 380 lux

As medições apresentadas nas Figuras 18 e 19 são referentes aos sistemas de iluminação utilizando a tecnologia fluorescente tubular, mais especificamente a lâmpada fluorescente tubular T5 de 28W.

Figura 20: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – lâmpada fluorescente tubular T8 32W – 0h

LUMINÁRIA TIPO 2
 DATA DA MEDIÇÃO: 10.11.2016
 HORÁRIO: 19:35h
 REFERÊNCIA: 0h - com fluorescente tubular 32W
 Em = 339 lux

Figura 21: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – lâmpada tubo LED 18W – 0h

LUMINÁRIA TIPO 2
DATA DA MEDIÇÃO: 17.11.2016
HORÁRIO: 19:10h
REFERÊNCIA: 0h
Em = 438 lux

Figura 22: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – lâmpada fluorescente tubular T8 32W – 0h

LUMINÁRIA TIPO 5
DATA DA MEDIÇÃO: 11.11.2016
HORÁRIO: 19:21h
REFERÊNCIA: 0h - com fluorescente tubular 32W
Em = 119 lux

Figura 23: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – lâmpada tubo LED 18W – 0h

LUMINÁRIA TIPO 5
DATA DA MEDIÇÃO: 22.11.2016
HORÁRIO: 18:55h
REFERÊNCIA: 0h
Em = 170 lux

Analisando as medições realizadas com as luminárias tipo 2 e tipo 5 (Figuras 20 e 22 respectivamente) utilizando as lâmpadas fluorescente tubular T8 de 32W e as lâmpadas tubo LED 18W (Figuras 21 e 23), nota-se que o nível de iluminância ponto a ponto é maior nestas últimas.

Considerando que o fluxo luminoso de uma lâmpada tubo LED 18W é de 2100 lm e o da fluorescente tubular T8 32W é de 2600 lm, conclui-se que, apesar do fluxo total ser menor no caso da lâmpada tubo LED, ela apresentou níveis médios de iluminância maiores nos dois casos. Uma das causas deste fenômeno é que a luz proveniente da lâmpada tubo LED é direcionado para baixo, ou seja, para a área de tarefa, diferentemente da lâmpada fluorescente tubular onde a luz é direcionado para todos os lados (360°), havendo uma perda significativa para a área de trabalho.

Apesar do nível médio de iluminância ser maior no caso da utilização de lâmpadas tubo LED do que na utilização de lâmpadas fluorescentes tubulares T8, a simples substituição de uma pela outra deve ser analisada com cuidado, pois nem sempre haverá luz suficiente no plano de trabalho desejado. É necessário que o projetista refaça os cálculos nos casos de *retrofit* para evitar que o usuário seja prejudicado.

Figura 24: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – LED aplicado – 0h

LUMINÁRIA TIPO 3
 DATA DA MEDIÇÃO: 16.11.2016
 HORÁRIO: 19:10h
 REFERÊNCIA: 0h
 Em = 421 lux

Figura 25: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – LED aplicado – 0h

LUMINÁRIA TIPO 6
 DATA DA MEDIÇÃO: 23.11.2016
 HORÁRIO: 19:30h
 REFERÊNCIA: 0h
 Em = 415 lux

Nas figuras anteriores (Figura 24 e 25), temos o resultado das medições dos sistemas de iluminação das luminárias utilizando a tecnologia LED aplicada no próprio sistema, ou seja, o LED está integrado diretamente da luminária.

Figura 26: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 1 mês

LUMINÁRIA TIPO 1
DATA DA MEDIÇÃO: 19.12.2016
HORÁRIO: 19:15h ~ 19:35h
REFERÊNCIA: 1 mês - 720h
Em = 435 lux

Figura 27: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – 1 mês

LUMINÁRIA TIPO 4
DATA DA MEDIÇÃO: 20.12.2016
HORÁRIO: 18:10h ~ 18:30h
REFERÊNCIA: 1 mês - 720h
Em = 354 lux

Um mês após a instalação dos sistemas de iluminação, foram realizadas medições ponto a ponto para verificar a perda do fluxo luminoso. Os sistemas permaneceram acesos 24h por dia durante todo o período, totalizando

aproximadamente 720h. A perda ocorrida no sistema de iluminação tipo 1 foi de 2% e a do tipo 4 foi de 7%. As Figuras 26 e 27 mostram os resultados dessas medições.

Figura 28: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 1 mês

Figura 29: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 1 mês

As Figuras 28 e 29 apresentam as medições realizadas no mesmo período em relação aos sistemas de iluminação com lâmpada tubo LED. Em ambos os casos houve um aumento no nível de iluminância média medida. O sistema tipo 2 teve aumento de 3% e o do tipo 5 de 1%.

As medições em relação aos sistemas de iluminação com o LED aplicado na luminária mostram depreciação de 2% no sistema tipo 3 (Fig. 30) e manutenção do nível de iluminância no sistema tipo 6 (Fig. 31).

Figura 30: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 1 mês

LUMINÁRIA TIPO 3
 DATA DA MEDIÇÃO: 20.12.2016
 HORÁRIO: 15:20h ~ 15:55h
 REFERÊNCIA: 1 mês - 720h
 Em = 411 lux

Figura 31: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 1 mês

LUMINÁRIA TIPO 6
 DATA DA MEDIÇÃO: 22.12.2016
 HORÁRIO: 19:25h ~ 19:50h
 REFERÊNCIA: 1 mês - 720h
 Em = 413 lux

Após 3 meses permanecendo acesos, os sistemas de iluminação foram medidos novamente. Passaram-se aproximadamente 2.154h, já descontado o tempo em que os sistemas de iluminação ficaram apagados; ou seja, foi reduzido o tempo de medição de uma das tipologias, a troca de posição dos sistemas de iluminação pelo eletricitista, e o tempo em que faltou energia no edifício.

As figuras seguintes mostram os resultados dessa medição. Observa-se que o nível de iluminação médio medido no sistema tipo 1 (Fig. 32) a depreciação foi de 8% e do tipo 4 (Fig. 33) foi de 13%. Ambos os sistemas utilizam lâmpada fluorescente tubular T5.

No sistema tipo 2 (Fig. 34) houve um aumento de 1% no nível médio de iluminância e no sistema tipo 5 (Fig. 35) iniciou-se a depreciação do conjunto em 1%. Ambos os sistemas utilizam lâmpada tubo LED.

Para os sistemas com o LED acoplado na própria luminária, houve no sistema tipo 3 (Fig. 36) uma depreciação de 4% enquanto no tipo 6 (Fig. 37) o nível médio se manteve desde sua instalação.

Figura 32: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 3 meses

LUMINÁRIA TIPO 1
DATA DA MEDIÇÃO: 17.02.2017
HORÁRIO: 19:35h ~ 19:50h
REFERÊNCIA: 3 meses - 2.154h
Em = 408 lux

Figura 33: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – 3 meses

LUMINÁRIA TIPO 4
DATA DA MEDIÇÃO: 20.02.2017
HORÁRIO: 18:45h~19:00h
REFERÊNCIA: 3 meses - 2.154h
Em = 332 lux

Figura 34: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 3 meses

LUMINÁRIA TIPO 2
DATA DA MEDIÇÃO: 16.02.2017
HORÁRIO: 18:45h~19:15h
REFERÊNCIA: 3 meses - 2.154h
Em = 443 lux

Figura 35: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 3 meses

LUMINÁRIA TIPO 5
DATA DA MEDIÇÃO: 21.02.2017
HORÁRIO: 18:35h~19:00h
REFERÊNCIA: 3 meses - 2.154h
Em = 169 lux

Figura 36: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 3 meses

LUMINÁRIA TIPO 3
 DATA DA MEDIÇÃO: 15.02.2017
 HORÁRIO: 20:30h~20:50h
 REFERÊNCIA: 3 meses - 2.154h
 Em = 403 lux

Figura 37: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 3 meses

LUMINÁRIA TIPO 6
 DATA DA MEDIÇÃO: 22.02.2017
 HORÁRIO: 19:15h~19:35h
 REFERÊNCIA: 3 meses - 2.154h
 Em = 415 lux

Após 6 meses de instalação foram realizadas novas medições. Nesse período, não houve depreciação em relação ao sistema tipo 1 (Fig. 38) e tipo 4 (Fig. 39) se

comparadas às medições feitas aos 3 meses antes. Ambos os sistemas utilizam lâmpadas fluorescentes tubulares.

Figura 38: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 6 meses

LUMINÁRIA TIPO 1
DATA DA MEDIÇÃO: 19.05.2017
HORÁRIO: 17:05h ~ 17:25h
REFERÊNCIA: 6 meses - 4.310h
Em = 408 lux

Figura 39: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – 6 meses

LUMINÁRIA TIPO 4
DATA DA MEDIÇÃO: 22.05.2017
HORÁRIO: 17:15h ~ 17:35h
REFERÊNCIA: 6 meses - 4.310h
Em = 334 lux

Nesse período, o nível de iluminância médio medido para os sistemas que utilizam lâmpadas tubo LED, também não apontou depreciação nos conjuntos instalados. A Figura 40 é referente ao sistema tipo 2 (com aletas) e a Figura 41 ao sistema tipo 5 (com difusor).

Figura 40: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 6 meses

LUMINÁRIA TIPO 2
 DATA DA MEDIÇÃO: 18.05.2017
 HORÁRIO: 17:35h ~ 18:05h
 REFERÊNCIA: 6 meses - 4.310h
 Em = 442 lux

Figura 41: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 6 meses

LUMINÁRIA TIPO 5
 DATA DA MEDIÇÃO: 23.05.2017
 HORÁRIO: 17:40h ~ 18:00h
 REFERÊNCIA: 6 meses - 4.310h
 Em = 166 lux

Assim como nos sistemas anteriores, as medições realizadas para os sistemas com o LED aplicado na luminária tipo 3 (Fig. 42) e tipo 6 (Fig. 43), não apresentaram depreciação.

Figura 42: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 6 meses

LUMINÁRIA TIPO 3
DATA DA MEDIÇÃO: 17.05.2017
HORÁRIO: 17:55h ~ 18:20h
REFERÊNCIA: 6 meses - 4.310h
Em = 398 lux

Figura 43: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 6 meses

LUMINÁRIA TIPO 6
DATA DA MEDIÇÃO: 24.05.2017
HORÁRIO: 17:35h ~ 17:55h
REFERÊNCIA: 6 meses - 4.310h
Em = 449 lux

As figuras seguintes apresentam as medições após 9 meses, cerca de 6.400 horas, com os sistemas de iluminação acesos. Analisando o resultado da medição da Figura 44 a depreciação foi de 10% para a luminária com aletas e de 16% para a luminária com difusor (Fig. 45).

Figura 44: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 9 meses

Figura 45: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – 9 meses

Nesses 9 meses, para os sistemas que utilizam lâmpada tubo LED, no caso do modelo com aletas (Fig.46), não houve depreciação, e no caso do modelo com difusor (Fig. 47) a depreciação chegou a 21%.

Figura 46: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 9 meses

Figura 47: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 9 meses

Para os sistemas de iluminação utilizando a tecnologia LED diretamente na luminária, os resultados da iluminância média das medições mostram que o modelo com aletas (Fig. 48) depreciou 7% e o modelo com difusor (Fig. 49) não apresentou depreciação neste período.

Figura 48: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 9 meses

LUMINÁRIA TIPO 3
DATA DA MEDIÇÃO: 24.08.2017
HORÁRIO: 17:40h ~ 18:05h
REFERÊNCIA: 9 meses - 6.465h
Em = 392 lux

Figura 49: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 9 meses

LUMINÁRIA TIPO 6
DATA DA MEDIÇÃO: 30.08.2017
HORÁRIO: 17:55h ~ 18:15h
REFERÊNCIA: 9 meses - 6.465h
Em = 417 lux

Após mais três meses do experimento, chegou-se a um ano de depreciação dos sistemas de iluminação, que corresponde a aproximadamente 8.600h. A medição dos sistemas de iluminação utilizando lâmpada fluorescente tubular não depreciou de 9 meses para 1 ano no modelo com aletas (tipo 1), porém no modelo com difusor (tipo 4) houve depreciação de mais 6% nesses 3 meses. As Figuras 50 e 51 mostram as medições ponto a ponto para os modelos citados anteriormente.

As Figuras 52 e 53 a seguir, mostram as medições dos sistemas de iluminação utilizando lâmpada tubo LED. Como pode ser visto, não houve depreciação do modelo com aletas (tipo 2), e o modelo com difusor (tipo 5) depreciou 6%.

Comparando a depreciação ocorrida nas medições de 9 meses e de 1 ano do sistema de iluminação tipo 5, percebe-se que a depreciação mudou de 21% para 6% nesses 3 meses. Uma provável causa dessa brusca mudança pode ter sido ao erro humano. Uma vez que os sistemas de iluminação eram posicionados na data programada pelo eletricista responsável, o que ocorreu é que a troca pode ter ocorrido pouco antes da medição e a ocorrência não foi comunicada para a pesquisadora.

As medições dos sistemas de iluminação com o LED aplicado na luminária, apresentaram 7% de depreciação no modelo com aletas (tipo 3), e apenas 2% no modelo com difusor (tipo 6). As medições são mostradas nas Figura 54 e 55 respectivamente. Em ambas as medições, percebe-se que não houveram depreciações de 9 meses para 12 meses (1 ano).

Figura 50: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 1 ano (12 meses)

LUMINÁRIA TIPO 1
DATA DA MEDIÇÃO: 17.11.2017
HORÁRIO: 18:35h ~ 18:50h
REFERÊNCIA: 1 ano - 8.620h
Em = 396 lux

Figura 51: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – 1 ano (12 meses)

LUMINÁRIA TIPO 4
DATA DA MEDIÇÃO: 21.11.2017
HORÁRIO: 18:30h ~ 18:50h
REFERÊNCIA: 1 ano - 8.620h
Em = 300 lux

Figura 52: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 1 ano (12 meses)

LUMINÁRIA TIPO 2
DATA DA MEDIÇÃO: 16.11.2017
HORÁRIO: 18:40h ~ 19:00h
REFERÊNCIA: 1 ano - 8.620h
Em = 438 lux

Figura 53: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 1 ano (12 meses)

LUMINÁRIA TIPO 5
DATA DA MEDIÇÃO: 22.11.2017
HORÁRIO: 19:20h ~ 19:40h
REFERÊNCIA: 1 ano - 8.620h
Em = 165 lux

Figura 54: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 1 ano (12 meses)

LUMINÁRIA TIPO 3
DATA DA MEDIÇÃO: 14.11.2017
HORÁRIO: 19:00h ~ 19:20h
REFERÊNCIA: 1 ano - 8.620h
Em = 391 lux

Figura 55: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 1 ano (12 meses)

LUMINÁRIA TIPO 6
DATA DA MEDIÇÃO: 23.11.2017
HORÁRIO: 18:55h ~ 19:20h
REFERÊNCIA: 1 ano - 8.620h
Em = 407 lux

As Figuras 56 e 57 mostram os resultados das medições realizadas após 1 ano e meio dos sistemas de iluminação acesos, que correspondem à

aproximadamente 10.770h nos modelos que utilizam a lâmpada fluorescente tubular.
A depreciação medida no modelo tipo 1 foi de 16% e no modelo do tipo 4 foi de 21%.

Figura 56: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 1 ano e 3 meses (15 meses)

LUMINÁRIA TIPO 1
DATA DA MEDIÇÃO: 23.02.2018
HORÁRIO: 18:35h ~ 18:55h
REFERÊNCIA: 1 ano e 3 meses - 10.776h
Em = 370 lux

Figura 57: Medição do sistema de iluminação tipo 4 – 1 ano e 3 meses (15 meses)

LUMINÁRIA TIPO 4
DATA DA MEDIÇÃO: 26.02.2018
HORÁRIO: 19:45h ~ 20:00h
REFERÊNCIA: 1 ano e 3 meses - 10.776h
Em = 301 lux

As Figura 58 e 59 mostram que após esse mesmo período a depreciação dos modelos que utilizaram lâmpada tubo LED foi de apenas 1% nos modelo tipo 2, luminária com aletas e que mantiveram os 6% nos modelo tipo 5, luminária com difusor.

Figura 58: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 1 ano e 3 meses (15 meses)

Figura 59: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 1 ano e 3 meses (15 meses)

As Figuras 60 e 61 mostram os resultados ponto a ponto medidos nesse período das luminárias tipo 3 e 6, modelos que utilizam a tecnologia LED diretamente sobre a luminária. A depreciação foi de 13% no modelo com aletas e de 2% no modelo com difusor.

Figura 60: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 1 ano e 3 meses (15 meses)

LUMINÁRIA TIPO 3
 DATA DA MEDIÇÃO: 21.02.2018
 HORÁRIO: 17:45h ~ 18:10h
 REFERÊNCIA: 1 ano e 3 meses - 10.776h
 Em = 368 lux

Figura 61: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 1 ano e 3 meses (15 meses)

LUMINÁRIA TIPO 6
 DATA DA MEDIÇÃO: 28.02.2018
 HORÁRIO: 18:35h ~ 18:55h
 REFERÊNCIA: 1 ano e 3 meses - 10.776h
 Em = 406 lux

As figuras seguintes, mostram as medições ponto a ponto realizadas após 1 ano e meio ligadas, que correspondem à aproximadamente 12.930h.

As medições ocorreram na metade do mês de maio, e antes da medição, entre o final do mês de abril e início de maio, houve a queima de um dos componentes de um dos sistemas de iluminação tipo 4.

Assim, foi realizada somente a medição correspondente ao sistema de iluminação tipo 1 (Fig. 62), que apresentou depreciação de 16% após quase 13.000h, mantendo o nível médio de iluminância medido à 1 ano e 3 meses.

Figura 62: Medição do sistema de iluminação tipo 1 – 1 ano e 6 meses (18 meses)

Em relação aos sistemas de iluminação que utilizavam a tecnologia fluorescente tubular, optou-se por retirar todas as luminárias que utilizavam essa tecnologia para posterior ensaio em laboratório e comparação dos resultados de depreciação relacionada apenas às lâmpadas.

Os sistemas de iluminação utilizando lâmpada tubo LED depreciaram conforme medições realizadas 1% na luminária modelo com aletas (Fig. 63) e 7% nas luminárias modelo com difusor (Fig. 64).

Figura 63: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 1 ano e 6 meses (18 meses)

LUMINÁRIA TIPO 2
 DATA DA MEDIÇÃO: 17.05.2018
 HORÁRIO: 17:25h ~ 17:45h
 REFERÊNCIA: 1 ano e 6 meses - 12.931h
 Em = 434 lux

Figura 64: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 1 ano e 6 meses (18 meses)

LUMINÁRIA TIPO 5
 DATA DA MEDIÇÃO: 22.05.2018
 HORÁRIO: 17:30h ~ 17:50h
 REFERÊNCIA: 1 ano e 6 meses - 12.931h
 Em = 156 lux

Já nos sistemas de iluminação com o LED aplicado na luminária, como mostram as figuras seguintes, a depreciação se manteve em 13% no modelo com aletas (Fig. 65) e 4% no modelo com difusor (Fig. 66).

Figura 65: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 1 ano e 6 meses (18 meses)

LUMINÁRIA TIPO 3
DATA DA MEDIÇÃO: 16.05.2018
HORÁRIO: 17:50h ~ 18:05h
REFERÊNCIA: 1 ano e 6 meses - 12.931h
Em = 366 lux

Figura 66: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 1 ano e 6 meses (18 meses)

LUMINÁRIA TIPO 6
DATA DA MEDIÇÃO: 23.05.2018
HORÁRIO: 18:55h ~ 19:10h
REFERÊNCIA: 1 ano e 6 meses - 12.931h
Em = 399 lux

As Figuras 67e 68 a seguir mostram as medições dos sistemas de iluminação que utilizam a tecnologia LED após 1 ano e 9 meses. As medições mostram que a do modelo tipo 2 foi de 2% e do modelo tipo 5 foi de 11%.

Figura 67: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 1 ano e 9 meses (21 meses)

LUMINÁRIA TIPO 2
 DATA DA MEDIÇÃO: 16.08.2018
 HORÁRIO: 17:40h ~ 18:00h
 REFERÊNCIA: 1 ano e 9 meses - 15.087h
 Em = 431 lux

Figura 68: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 1 ano e 9 meses (21 meses)

LUMINÁRIA TIPO 5
 DATA DA MEDIÇÃO: 21.08.2018
 HORÁRIO: 17:45h ~ 18:05h
 REFERÊNCIA: 1 ano e 9 meses - 15.087h
 Em = 152 lux

As medições apresentadas nas Figuras 69 e 70 mostram as medições ponto a ponto realizadas no mesmo período dos sistemas de iluminação com as luminárias em LED. O modelo tipo 3 manteve a depreciação em 13% medida a 6 meses atrás e o modelo tipo 6 depreciou 6% no total.

Figura 69: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 1 ano e 9 meses (21 meses)

Figura 70: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 1 ano e 9 meses (21 meses)

Por fim, as Figuras 71, 72, 73 e 74 mostram os resultados das últimas medições realizadas na célula teste, em um total de 17.000h com os sistemas de iluminação ligados.

Nos sistemas de iluminação que utilizavam lâmpada tubo LED, a depreciação em ambas as tipologias permaneceram constantes desde a medição realizada a 3 meses atrás.

Nos sistemas com o LED aplicado na luminária, houve depreciação total de 18% na tipo 3, com aletas (Fig. 73) e de 7% na tipo 6, com difusor (Fig. 74).

Figura 71: Medição do sistema de iluminação tipo 2 – 2 anos (24 meses)

LUMINÁRIA TIPO 2
 DATA DA MEDIÇÃO: 08.11.2018
 HORÁRIO: 19:10h ~ 19:30h
 REFERÊNCIA: 2 anos - 17.027h
 Em = 428 lux

Figura 72: Medição do sistema de iluminação tipo 5 – 2 anos (24 meses)

LUMINÁRIA TIPO 5
DATA DA MEDIÇÃO: 13.11.2018
HORÁRIO: 19:10h ~ 19:35h
REFERÊNCIA: 2 anos - 17.027h
Em = 151 lux

Figura 73: Medição do sistema de iluminação tipo 3 – 2 anos (24 meses)

LUMINÁRIA TIPO 3
DATA DA MEDIÇÃO: 07.11.2018
HORÁRIO: 18:35h ~ 19:05h
REFERÊNCIA: 2 anos - 17.027h
Em = 345 lux

Figura 74: Medição do sistema de iluminação tipo 6 – 2 anos (24 meses)

LUMINÁRIA TIPO 6
 DATA DA MEDIÇÃO: 14.11.2018
 HORÁRIO: 19:00h ~ 19:20h
 REFERÊNCIA: 2 anos - 17.027h
 Em = 386 lux

Outro aspecto constatado durante as medições foi que os sistemas de iluminação em LED não estabilizam em um único valor. O gráfico abaixo mostra a variação das medições comparando a lâmpada fluorescente tubular, o tubo LED e a luminária em LED em uma das medições realizadas.

Figura 75: Gráfico da variação do nível de iluminância das tecnologias utilizadas

Observando o gráfico mostrado na Figura 75, percebe-se que as maiores variações são da tecnologia LED, sendo que a oscilação da luminária em LED é maior que a da luminária utilizando lâmpada tubo LED.

A variação da lâmpada fluorescente é mínima, e em determinados pontos, ela chega a ser nula.

Apesar de os resultados serem específicos para os produtos dos fabricantes utilizados na pesquisa, pode-se questionar se o indivíduo que fica exposto pelo menos 8 horas por dia a essas pequenas oscilações da tecnologia LED pode vir a apresentar algum problema de saúde, tal como stress e dores de cabeça.

Lembrando que os componentes dos sistemas de iluminação utilizados para esta pesquisa são um dos mais conhecidos e renomados no mercado nacional.

A tensão medida em alguns momentos não apresentou grandes variações, os valores apresentados variavam de 122V e 125V.

3.3. Resultados das medições

Por meio do experimento, observou-se que houve depreciação nos sistemas de iluminação que utilizavam a tecnologia fluorescente e menos acentuada na que utilizam a tecnologia LED.

A seguir, temos uma tabela mostrando o nível de iluminância média resultante das medições realizadas.

Tabela 8: Iluminância média das medições realizadas 0h até 2 anos de depreciação.

Período das medições	SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO					
	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6
0h	442 lux	438 lux	421 lux	380 lux	170 lux	415 lux
1 mês	435 lux	450 lux	411 lux	354 lux	171 lux	413 lux
3 meses	408 lux	443 lux	403 lux	332 lux	169 lux	415 lux
6 meses	408 lux	442 lux	398 lux	334 lux	166 lux	449 lux
9 meses	396 lux	437 lux	392 lux	321 lux	134 lux	417 lux
12 meses	396 lux	438 lux	391 lux	300 lux	165 lux	407 lux
15 meses	370 lux	433 lux	368 lux	301 lux	160 lux	406 lux
18 meses	371 lux	434 lux	366 lux		156 lux	399 lux
21 meses		431 lux	368 lux		152 lux	392 lux
24 meses		428 lux	345 lux		151 lux	386 lux

Observa-se que ao final de 1 ano e meio de experimento, cerca de 13.000h, para os sistemas de iluminação que utilizaram a tecnologia fluorescente, houve depreciação total de 16% no caso das luminárias modelo com aletas e cerca de 21% nas luminárias modelo com difusor. Essa última, utilizando a medição em cerca de 11.000h. Após 1 ano e meio, é possível que a depreciação ficasse por volta de 25%.

E após 2 anos de experimento, cerca de 17.000h, para os sistemas de iluminação que utilizavam a tecnologia LED, obtemos as seguintes depreciações totais, no caso das que utilizavam lâmpada tubo LED na luminária, a depreciação do conjunto das luminárias modelo com aletas foi de apenas 2% e do conjunto das luminárias modelo com difusor foi de 11%.

A partir dos resultados anteriores, podemos concluir no caso onde as luminárias recebem as lâmpadas, a depreciação é maior nos sistemas de iluminação com difusor, onde as mesmas ficam confinadas, e é menor nos sistemas de iluminação com aletas, onde a dissipação de calor é maior.

Nos modelos em que as luminárias foram projetadas para receber a tecnologia LED direto nela, no caso da pesquisa, chamada de luminária com o LED aplicado, a depreciação do conjunto das luminárias modelo com aletas foi de 18% e no conjunto das luminárias modelo com difusor foi de 7%.

É possível que, pelo fato do sistema de iluminação com aletas possuir um difusor a mais no conjunto, ela tenha depreciado mais. Outra possível causa seria o próprio projeto da luminária.

CAPÍTULO 4

ENSAIOS EM LABORATÓRIO

4. ENSAIOS EM LABORATÓRIO

4.1. Considerações preliminares

Este capítulo abordará os ensaios iniciais em 0 hora e os ensaios dos sistemas de iluminação depreciados.

Todos os sistemas de iluminação utilizados no experimento foram ensaiados no laboratório do IEE, que é acreditado pelo INMETRO, para que estivessem padronizados para a realização das simulações. Este ensaio preliminar foi importante uma vez que, no início da pesquisa, o fabricante ainda não havia ensaiado os sistemas de iluminação com a utilização das lâmpadas tubo LED.

Devido ao prazo da pesquisa e a demanda de serviço do laboratório, o ensaio inicial foi realizado com novas luminárias adquiridas, em parceria com o próprio IEE, posteriormente ao início das medições do experimento para que não houvesse prejuízo no andamento do estudo. Foram solicitadas pelo IEE, exclusivamente para uso no ensaio, novas peças do mesmo modelo utilizado no experimento.

As lâmpadas fluorescentes e as lâmpadas tubo LED utilizadas no ensaio inicial foram do mesmo lote utilizado no experimento.

Além de verificar a depreciação dos sistemas de iluminação por meio das medições, após o final do experimento, os mesmos sistemas de iluminação foram levados novamente ao laboratório do IEE para serem ensaiados depois da depreciação.

4.2. Ensaios fotométricos iniciais

Os ensaios iniciais foram realizados por partes, devido à demanda de serviço do laboratório.

As lâmpadas fluorescentes tubulares utilizadas no ensaio inicial passaram por um período anterior de 100h de sazonalamento, que é a estabilização do fluxo luminoso das lâmpadas.

Os primeiros sistemas de iluminação a serem ensaiados foram os de modelo tipo 2 e tipo 5, que utilizavam lâmpada tubo LED. Os ensaios ocorreram no dia 05 de

dezembro de 2017 para o modelo tipo 2, e no dia 07 de dezembro de 2017 para o modelo tipo 5.

No entanto, houve um problema percebido ao final da tese. Ao comparar os resultados dos sistemas de iluminação iniciais e finais depreciados, observou-se que o fluxo luminoso inicial do conjunto tipo 5 era muito maior que o depreciado.

Ao avaliar lado a lado os sistemas de iluminação do mesmo modelo, percebeu-se que os difusores eram diferentes. Infelizmente, esse foi um problema originário da fábrica, pois os códigos das luminárias eram os mesmos, apesar de terem sido solicitados em épocas distintas.

Decidiu-se, para aproximar os valores, realizar novo ensaio, onde seria aplicado o conjunto luminária e lâmpadas novas, com o difusor cuidadosamente limpo de uma das luminárias utilizadas no experimento. Os dados utilizados nesta pesquisa são referentes ao novo ensaio efetuado em 11 de fevereiro de 2019.

A estabilização de cada sistema de iluminação, ou seja, o tempo necessário para que o fluxo do conjunto se mantivesse estável para ensaio, durou 60 minutos no primeiro modelo e 75 minutos no segundo.

As Figuras 76 e 77 a seguir mostram a curva fotométrica obtida nos primeiros ensaios em dezembro de 2017 e a Figura 78 a curva fotométrica resultante do ensaio realizado em fevereiro de 2019.

Figura 76: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 02

Figura 77: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 05 (07.dez.2017)

Figura 78: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 05 (11.fev.2019)

O fluxo luminoso do sistema de iluminação tipo 02 foi de 3361 lúmens, e do tipo 05 foi de 2644 lúmens no primeiro ensaio e 1326 lúmens no segundo. A temperatura de cor medida foi de 6205K, 6321K e 5888K, respectivamente.

Comparando as curvas fotométricas resultantes dos ensaios (Figuras 77 e 78), percebe-se que além do fluxo luminoso, as curvas são diferentes.

No dia 23 de janeiro de 2018, foi realizado o ensaio fotométrico do sistema de iluminação tipo 03 e a estabilização da peça ocorreu após 1 hora. O fluxo luminoso encontrado foi de 2928 lúmens e a temperatura de cor medida foi de 3968K. A Figura 79 mostra a curva fotométrica encontrada em ensaio.

Figura 79: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 03

O próximo ensaio com o sistema de iluminação tipo 06 ocorreu no mesmo dia, 23 de janeiro de 2018, e a estabilização do fluxo luminoso também demorou 1 hora. A Figura 80 mostra o resultado da curva fotométrica encontrada após ensaio. Como pode ser visto, o fluxo foi de 4033 lúmens e a temperatura de cor medida foi de 3903K.

Figura 80: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 06

Os ensaios dos sistemas de iluminação utilizando a tecnologia fluorescente ocorreram no final de fevereiro e início de março de 2018. O modelo tipo 04 foi ensaiado no dia 22 de fevereiro e sua estabilização durou 1 hora e 45 minutos. O

fluxo encontrado foi de 3265 lúmens e a temperatura de cor de 3879K. A figura 81 mostra o resultado do ensaio realizado.

Figura 81: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 04

O último ensaio relacionado aos sistemas de iluminação em 0h foi realizado no dia 01 de março de 2018 com o modelo tipo 01. A estabilização ocorreu após 30 minutos e o fluxo luminoso obtido do conjunto foi de 3831 lúmens e 3977K, e a curva fotométrica resultante está ilustrada na Figura 82.

Figura 82: Foto e curva fotométrica ensaiada em laboratório – sistema de iluminação tipo 01

Os arquivos fotométricos gerados com esses ensaios iniciais foram utilizados nas simulações descritas no Capítulo 05. Em relação ao arquivo do conjunto do modelo tipo 5, foi empregado o arquivo fotométrico obtido no ensaio refeito.

4.3. Ensaios fotométricos finais depreciados

No final do experimento, os sistemas de iluminação depreciados foram ensaiados novamente com o intuito de verificar sua real depreciação e comparar com os ensaios iniciais realizados. Para cada modelo de luminária, ensaiou-se as duas luminárias usadas no experimento para efeito de comparação. Com o intuito de conferir a depreciação somente da luminária, ensaiaram-se também os mesmos sistemas de iluminação utilizando as lâmpadas novas.

Separadamente, conforme descrito na metodologia, foram também ensaiadas somente as lâmpadas na esfera integradora, com o objetivo de verificar se as mesmas depreciam mais nos modelos com difusores do que nos modelos com aletas.

A Figura 83 mostra a depreciação ocorrida em relação às curvas fotométricas ensaiadas. Fica claro que houve depreciação principalmente na curva fotométrica da luminária 1 do conjunto depreciado, tendo como referência a curva fotométrica inicial. Além disso, podemos observar também que os valores da intensidade luminosa diminuíram.

A temperatura de cor inicial dos sistemas modelo tipo 1 medida foi de 3977K e as luminárias depreciadas apresentaram temperatura de cor de 3834K e 3817K.

Figura 83: Curvas fotométricas – luminárias modelo tipo 1

Curva fotométrica inicial

Curva fotométrica depreciada - 1

Curva fotométrica depreciada - 2

A Figura 84 ilustra as curvas dos sistemas de iluminação tipo 4 ensaiados. Como há presença de difusor nesse modelo, as curvas mantêm o mesmo formato, porém é possível observar que a intensidade luminosa diminui nos dois conjuntos depreciados.

A temperatura de cor medida no ensaio inicial foi de 3879K e as depreciadas apresentaram temperatura de cor de 3668K e 3689K.

Apesar da luminária número 1 ter sofrido falha em um dos componentes, foi possível realizar os ensaios das 2 peças do modelo tipo 4. Verificou-se em laboratório que o reator do sistema de iluminação da luminária número 1 queimou durante o experimento. Dessa forma, para realizar o ensaio, foi utilizado o reator da luminária número 2 do mesmo modelo.

Figura 84: Curvas fotométricas – luminárias modelo tipo 4

Curva fotométrica inicial

Curva fotométrica depreciada - 1

Curva fotométrica depreciada - 2

A seguir compararemos os resultados dos conjuntos que utilizam lâmpadas tubo LED.

A Figura 85 compara a curva fotométrica ensaiada inicialmente e após a depreciação. Observa-se que, nas curvas fotométricas dos conjuntos depreciados, há falhas em um dos lados das curvas de intensidade luminosa. A temperatura de cor inicial era de 6205K e as depreciadas apresentaram 6440K e 6470K.

Figura 85: Curvas fotométricas – luminárias modelo tipo 2

Curva fotométrica inicial

Curva fotométrica depreciada - 1

Curva fotométrica depreciada - 2

A Figura 86 mostra as curvas fotométricas dos sistemas de iluminação tipo 5. Percebe-se que a luminária 2 tem a curva de intensidade luminosa depreciada em relação à curva fotométrica inicial. Porém, devido ao fato de os difusores enviados serem diferentes, descartaremos o resultado dos ensaios desse modelo de luminária. A temperatura de cor inicial era de 5888K e as depreciadas apresentaram temperatura de cor de 6187K e 6058K.

Na figura a seguir, a curva fotométrica inicial considerada foi a realizada em fevereiro de 2019.

Figura 86: Curvas fotométricas – luminárias modelo tipo 5

Curva fotométrica inicial

Curva fotométrica depreciada - 1

Curva fotométrica depreciada - 2

Por fim, foram ensaiados os sistemas de iluminação onde a tecnologia LED está inserida na própria luminária. Nesse caso, só foi possível ensaiar duas situações: sistema de iluminação 0h – luminárias novas, e sistemas de iluminação depreciadas em 2 anos.

A Figura 87 ilustra as curvas fotométricas dos sistemas de iluminação modelo tipo 3, com LED aplicado na própria luminária. Apesar de o modelo ser com aletas, a peça apresenta um difusor entre as aletas e o LED fixado no corpo da luminária.

Percebe-se, observando as imagens, que houve perda nas curvas do fluxo luminoso medido. A temperatura de cor apresentada no ensaio inicial foi de 3968K e, após o experimento, apresentaram temperatura de cor de 4010K e 3992K.

Figura 87: Curvas fotométricas – luminárias modelo tipo 3

Curva fotométrica inicial

Curva fotométrica depreciada - 1

Curva fotométrica depreciada - 2

A figura 88 mostra as curvas fotométricas dos sistemas de iluminação tipo 6, onde também se percebe-se uma redução nas curvas de fluxo luminoso nos ensaios dos conjuntos depreciados. A temperatura de cor apresentada no ensaio inicial foi de 3903K e, após depreciados, apresentaram temperatura de cor de 3914K e 3909K.

Figura 88: Curvas fotométricas – luminárias modelo tipo 6

Curva fotométrica inicial

Curva fotométrica depreciada - 1

Curva fotométrica depreciada - 2

4.4. Resultados dos ensaios

As tabelas a seguir mostram os resultados do fluxo luminoso, em lumens, dos ensaios realizados. Os valores são resultantes dos ensaios iniciais com o sistema de iluminação novo, adquirido após início do experimento, como mencionado anteriormente, e o ensaio das duas luminárias utilizadas para medição em duas situações: uma com todo o sistema de iluminação depreciado (luminária, lâmpada e equipamento auxiliar) e outra com a troca somente das lâmpadas depreciadas por novas.

Todas as lâmpadas do experimento também foram ensaiadas na esfera integradora. Nas tabelas, são mostradas o fluxo luminoso médio obtido por meio de

ensaio das duas lâmpadas novas e o fluxo de cada lâmpada utilizada no experimento e em cada conjunto de luminária.

Tabela 9: Tabela de fluxo luminoso em lumens dos sistemas de iluminação com lâmpadas fluorescentes tubulares

MODELOS		LUMINÁRIAS					LÂMPADAS		
		0h	lamp depr.	%	lamp. nova	%	0h	depr.	%
TIPO 1	luminária N°1	3831	2825	26%	3167	17%	2353	2174	8%
								2149	9%
	luminária N°2		2945	23%	3253	15%		2158	8%
								2186	7%
TIPO 4	luminária N°1	3265	2489	24%	2675	18%	2353	2206	6%
								2179	7%
	luminária N°2		2454	25%	2748	16%		2194	7%
								2188	7%

A Tabela 9 é o resultado dos sistemas de iluminação que utilizam a tecnologia fluorescente tubular. Esses foram retirados da célula teste e ensaiados após 18 meses acesos.

No caso desses sistemas de iluminação, não se poderá comparar a porcentagem da depreciação do conjunto luminárias mais lâmpadas com a porcentagem depreciação somente das lâmpadas, pois há uma diferença nos resultados decorrente das lâmpadas terem sido ensaiadas com o reator de referência e as luminárias com as lâmpadas terem sido ensaiadas com o reator do experimento. No entanto, o que será considerado é a depreciação do fluxo total em si.

Observa-se nos resultados dos ensaios dos sistemas de iluminação utilizando a tecnologia fluorescente, que houve entre 23% e 25% de depreciação no sistema de iluminação tipo 1, e entre 24% e 25% de depreciação no tipo 4, ou seja, a depreciação do conjunto foi próxima entre os modelos com aletas e com difusor.

Se considerar apenas a depreciação da luminária, os índices observados nos modelos tipo 1 foram de 15% com a luminária 1 e 17% com a luminária 2 e, nos modelos tipo 4, foram de 16% com a luminária 1 e 18% com a luminária 2, implicando em apenas 1% de diferença na depreciação das luminárias. As lâmpadas sofreram entre 5% e 9% de depreciação no fluxo medido em esfera.

Com esses resultados, podemos concluir que, no experimento realizado com lâmpadas fluorescentes tubulares, a depreciação dos modelos com aletas e com difusor é bem próxima. Logo, não há depreciação maior no modelo onde o sistema de iluminação está fechado pelo difusor, como era esperado no que diz respeito às lâmpadas e aos sistemas de iluminação.

Tabela 10: Tabela de fluxo luminoso em lumens dos sistemas de iluminação com lâmpadas tubo LED

MODELOS		LUMINÁRIAS					LÂMPADAS		
		0h	lamp depr.	%	lamp. nova	%	0h	depr.	%
TIPO 2	luminária N°1	3361	3124	7%	3273	3%	2121	2009	5%
								2056	3%
	luminária N°2		3096	8%	3248	3%		2016	5%
								1968	7%
TIPO 5	luminária N°1	1326	1332	erro	1417	erro	2121	1992	6%
								1997	6%
	luminária N°2		1171	12%	1259	5%		1969	7%
								2028	4%

A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos em ensaio dos sistemas de iluminação utilizando lâmpada tubo LED após 2 anos depreciados.

Analisando a depreciação do conjunto dos sistemas de iluminação no modelo tipo 2, a depreciação foi de 7% (luminária 1) e 8% (luminária 2) no conjunto de luminárias mais lâmpadas depreciadas. A depreciação da luminária ficou em 3% nas duas luminárias no ensaio onde foram utilizadas as lâmpadas novas.

A análise do conjunto do modelo 5 foi descartada devido ao problema do difusor que veio diferente na solicitação realizada pelo IEE. Pelos dados obtidos, é provável que ainda haja diferença entre os difusores nas luminárias utilizadas no experimento. Na comparação de valores do fluxo luminoso, observa-se uma grande diferença entre a luminária número um e número dois.

Utilizando o novo fluxo luminoso obtido com o novo ensaio realizado, descrito neste capítulo, subitem 4.2. Ensaio fotométrico iniciais, percebeu-se talvez os difusores da luminária número um e dois fossem diferentes. Um segundo ensaio seria necessário para comprovar essa teoria. No entanto, devido aos outros serviços do laboratório, não foram possíveis de serem realizados dentro do prazo para

finalização desta pesquisa. Assim, um erro no resultado foi gerado, pois o fluxo final das luminárias depreciadas ficou maior que o inicial.

A depreciação das lâmpadas dos sistemas de iluminação tipo 2, modelo com aletas, foi entre 3% e 7%, e nas lâmpadas dos sistemas de iluminação tipo 5, modelo com difusor, foi entre 4% e 7%. Podemos dizer que, para as lâmpadas tubo LED, a depreciação somente das lâmpadas é praticamente a mesma.

Tabela 11: Tabela de fluxo luminoso em lumens dos sistemas de iluminação com LED acoplado

MODELOS		LUMINÁRIAS		
		0h	luminária depreciada	%
TIPO 3	luminária N°1	2928	2473	15%
	luminária N°2		2452	16%
TIPO 6	luminária N°1	4033	3422	15%
	luminária N°2		3272	19%

A Tabela 11 mostra que o sistema de iluminação do modelo com aletas (tipo 3) depreciou 15% com a luminária 1 e 16% com a luminária 2, enquanto o modelo com difusor (tipo 6) depreciou 15% com a luminária 1 e 19% com a 2. Neste caso, esperava-se que a luminária tipo 3 depreciasse mais que a tipo 6 devido à presença de aletas e difusor, no entanto os percentuais de depreciação apresentaram-se muito semelhantes.

Infelizmente, pelo problema ocorrido com o difusor em um dos modelos de luminárias fornecidos, e pelo fato da depreciação encontrada no modelo tipo 6 em ensaio ser bem maior que a encontrada nas medições, os resultados não foram conclusivos no tocante ensaios dos modelos com difusor.

No entanto, são válidas para a análise dos modelos com aletas e para a comparação dos resultados somente das lâmpadas.

Comparando os resultados dos ensaios observa-se que a porcentagem maior da depreciação dos sistemas de iluminação com aletas provêm da depreciação das lâmpadas, e uma parcela provêm do acúmulo de sujeira no próprio sistema.

CAPÍTULO 5

SIMULAÇÕES

5. SIMULAÇÕES

5.1. Considerações preliminares

Neste capítulo, foram comparados os resultados das simulações de três programas de cálculo luminotécnico mais utilizados no Brasil em relação à confiabilidade de dados e aos recursos oferecidos. São eles: Dialux EVO, AGi32 e Relux.

O objetivo foi verificar se há diferenças nos seus resultados. Foram comparadas três situações: uma com a sala vazia considerando as reflexões de teto, parede e piso, conforme definido no Capítulo 3 de metodologia; uma com a presença de mobiliários nas salas, estes fornecidos pela própria biblioteca de cada programa; e por fim as salas com a presença de mobiliários com acabamentos e cores aplicados tanto no ambiente como no mobiliário.

Os resultados principais encontram-se nas figuras a seguir, e o memorial de cálculo encontra-se no Anexo II, III e IV, respectivamente dos programas Dialux EVO, AGi32 e Relux.

5.2. Simulações com ambiente vazio

A grande maioria dos arquitetos e lighting designers apresentam um quantitativo final do sistema de iluminação de um ambiente baseado em cálculos considerando a sala vazia, o qual, em alguns casos, é realizado por meio do método das eficiências ou método dos lumens.

Os cálculos são realizados nesta situação, pois na maior parte dos casos, os mobiliários e acabamentos dos ambientes ainda não foram definidos e/ou não há tempo hábil para apresentação das simulações com um grande detalhamento.

Os arquivos fotométricos utilizados foram os ensaiados pela pesquisadora no laboratório do IEE, considerando zero depreciação.

Figura 89: Resultado cálculo ponto a ponto – luminária tipo 1 – sala vazia

A Figura 89, mostra os resultados ponto a ponto calculados nos programas Dialux EVO, Agi32 e Relux, respectivamente, utilizando a luminária tipo 1. Como pode ser visto, a diferença do nível de iluminância é no máximo de 5% comparando os resultados do programa Dialux EVO com o Relux. A diferença cai para 1% se comparados os resultados entre o programa Dialux EVO e Agi32.

As Figuras 90, 91, 92, 93 e 94 mostram os resultados ponto a ponto das luminárias tipo 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente. A diferença do nível de iluminância se mantém no máximo entre 4% e 5%.

Figura 90: Resultado cálculo ponto a ponto – luminária tipo 2 – sala vazia

Figura 91: Resultado cálculo ponto a ponto – luminária tipo 3 – sala vazia

Figura 92: Resultado cálculo ponto a ponto – luminária tipo 4 – sala vazia

Figura 93: Resultado cálculo ponto a ponto – luminária tipo 5 – sala vazia

Figura 94: Resultado cálculo ponto a ponto – luminária tipo 6 – sala vazia

Observa-se que os resultados obtidos pelos cálculos dos programas Dialux EVO, Relux e Agi32 não apontaram grande diferença. Ou seja, o usuário pode escolher, dentre esses, o programa de cálculo que melhor se adaptar ao seu uso.

5.3. Simulações com mobiliário

A seguir, foram simulados os mesmos ambientes com o acréscimo de mobiliários. A finalidade de simular com mobiliário foi verificar se há grande diferença em inseri-los no cálculo luminotécnico e qual a diferença no resultado. Como foi dito anteriormente, em muitos casos o layout do projeto ainda não foi definido e não entra na etapa de cálculo.

Os mobiliários ou objetos inseridos em cálculo foram os fornecidos por cada programa. Desta maneira, cada mobiliário acrescentado tem sua particularidade e seu acabamento.

As figuras seguintes mostram os resultados ponto a ponto dos cálculos. O primeiro ambiente é referente ao cálculo ponto a ponto do Dialux EVO, o segundo do Agi32, e o terceiro do Relux.

Figura 95: Resultado do cálculo ponto a ponto – luminária 1 – sala mobiliada

Figura 96: Resultado do cálculo ponto a ponto – luminária tipo 2 – sala mobiliada

Figura 97: Resultado do cálculo ponto a ponto – luminária tipo 3 – sala mobiliada

Figura 98: Resultado do cálculo ponto a ponto – luminária tipo 4 – sala mobiliada

Figura 99: Resultado do cálculo ponto a ponto – luminária tipo 5 – sala mobiliada

Figura 100: Resultado do cálculo ponto a ponto – luminária tipo 6 – sala mobiliada

Analisando os resultados das Figuras 95 a 100, observa-se que a diferença do resultado da iluminância permanece no máximo em 5% se comparados os programas Dialux EVO e Agi32 com o Relux. Entre os programas Dialux EVO e Relux, a diferença fica no máximo em 1%.

Como podem ser observados nas figuras anteriores, os programas Dialux EVO e Agi32 permitem retirar os pontos onde temos a presença de mobiliários. Já no programa Relux, como a distância entre os pontos ficou em aproximadamente 0,49m, os pontos não coincidiram com o mobiliário. Por isso temos 24 pontos totais no programa Relux, ao invés de 23 pontos como nos outros programas.

5.4. Simulação com mobiliário e cromaticidade

Por fim, para comparar os resultados das simulações e da experimentação, os ambientes foram modelados o mais próximo possível da célula teste.

Para determinar a cor mais próxima do real foi utilizado o programa Adobe Kuler que, por meio de uma foto da célula teste, consegue verificar a composição de cores RGB ou HEX. Com base em uma imagem ou foto é possível analisar a cor aproximada de um objeto.

A Figura 101 a seguir mostra as cores encontradas por meio da foto da sala utilizada.

Figura 101: Imagem da célula teste no programa Adobe Kuler

Com base nos dados obtidos, as cores da mesa, armários, parede, piso e teto foram aplicados no programa de cálculo luminotécnico.

As figuras seguintes 102 a 107 mostram o resultado ponto a ponto de cada modelo de luminária.

Figura 102: Resultado do cálculo ponto a ponto luminária tipo 1 – sala mobiliada com cromaticidade

Figura 103: Resultado do cálculo ponto a ponto luminária tipo 2 – sala mobiliada com cromaticidade

Figura 104: Resultado do cálculo ponto a ponto luminária tipo 3 – sala mobiliada com cromaticidade

Figura 105: Resultado do cálculo ponto a ponto luminária tipo 4 – sala mobiliada com cromaticidade

Figura 106: Resultado do cálculo ponto a ponto luminária tipo 5 – sala mobiliada com cromaticidade

Figura 107: Resultado do cálculo ponto a ponto luminária tipo 6 – sala mobiliada com cromaticidade

Analisando os cálculos anteriores, a diferença nos resultados aumentou. Se comparado o programa Dialux EVO com o Agi32, a variação ficou entre 13% e 17%, que significa uma discrepância de 54 lux no caso de 17%.

A diferença entre os programas Agi32 e Relux variou de 7% a 10% e, entre o Dialux EVO e o Relux, a diferença verificada é de 4% a 10%.

O que pode ser observado é que, mesmo aplicando as cores utilizando o sistema RGB obtidas pelo programa Adobe Kuler, a reflexão dada por cada

programa varia. Optou-se por manter a reflexão fornecida pelo programa de cálculo, pois em geral, os usuários utilizam somente um dos programas de cálculo.

No caso do programa Agi32 e do Relux, os níveis de iluminância com cores aplicadas e presença de mobiliário aumentaram devido à elevação da reflexão dos mobiliários.

5.5. Comparação dos resultados das simulações

A Tabela 12 mostra o resumo dos resultados da iluminância média obtida em cada situação e em cada programa de cálculo utilizado.

A situação 1 corresponde aos ambientes vazios, considerando as reflexões de 50, 50 e 20 (teto, parede e piso). A situação 2 corresponde aos ambientes com a presença de mobiliário fornecido pelo próprio programa, ou no caso do programa Agi32, foi inserido um volume com as medidas do mobiliário.

A situação 3 corresponde aos ambientes considerando a presença dos mesmos mobiliários acrescidos com cromaticidade utilizando o programa Adobe Kuler, porém mantendo as reflexões dadas automaticamente por cada programa de cálculo.

Tabela 12: Tabela comparativa do nível de iluminância média entre os programas de cálculo

Resultados Simulações - Nível iluminância média - Instalação 0h							
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Situação 1	Dialux EVO	485 lux	440 lux	414 lux	379 lux	150 lux	472 lux
	Agi32	480 lux	436 lux	411 lux	375 lux	150 lux	468 lux
	Relux	461 lux	419 lux	396 lux	359 lux	145 lux	448 lux
Situação 2	Dialux EVO	481 lux	439 lux	414 lux	371 lux	147 lux	463 lux
	Agi32	469 lux	436 lux	413 lux	370 lux	147 lux	461 lux
	Relux	459 lux	417 lux	395 lux	352 lux	143 lux	438 lux
Situação 3	Dialux EVO	439 lux	403 lux	383 lux	335 lux	132 lux	418 lux
	Agi32	503 lux	466 lux	440 lux	401 lux	145 lux	499 lux
	Relux	468 lux	424 lux	400 lux	361 lux	160 lux	447 lux

Resumindo e comparando os dados da tabela anterior, podemos concluir que os três programas de cálculo utilizados fornecem o nível de iluminância médio

próximo, ou seja, com diferença mínima de até 5% no caso de os ambientes estarem vazios ou com acréscimo de mobiliário. Portanto o projetista pode escolher o programa de cálculo que mais se adapta ao seu trabalho.

No caso de acréscimo de acabamentos de cores além do mobiliário, cada programa forneceu uma reflexão distinta, modificando e aumentando a diferença no resultado final.

Os dados de inserção no programa sofrem variações, pois acabam sendo subjetivos no que se refere à cor. Mesmo utilizando um programa que possibilita a verificação da cor mais próxima do real por meio da imagem, já que os fornecedores de mobiliário e tinta não fornecem a real cor aplicada em porcentagem RGB e nem a reflexão de cada uma delas.

Assim, pode-se dizer que os programas de cálculo podem ser utilizados para ter uma base da quantidade de iluminância desejada em um ambiente, considerando uma margem de erro de aproximadamente 15% a 20%.

CAPÍTULO 6

COMPARAÇÕES: SIMULAÇÃO x EXPERIMENTAÇÃO

6. COMPARAÇÕES: SIMULAÇÃO x EXPERIMENTAÇÃO

A primeira comparação será dos resultados dos sistemas de iluminação medidos e simulados, obtendo dessa maneira a margem de erro a ser considerada no cálculo luminotécnico.

Observamos no Capítulo 6 que, incluso mobiliário e cores de piso, parede e teto, os resultados variam bastante, pois os fabricantes ainda não fornecem os valores de cor exatos, seja em RGB ou HEX. O mesmo vale para o tipo de acabamento e dados de reflexão, entre outros necessários para criar o ambiente real dentro do simulador. O que foi simulado na pesquisa está o mais próximo do real de acordo com os recursos disponíveis.

A Tabela 13 a seguir mostra o nível de iluminância médio dado em cada programa acrescido do nível de iluminância médio medido “in loco” no momento da instalação.

Tabela 13: Tabela resumo do nível de iluminância medido e simulado

	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6
E_{med} medido	442 lux	438 lux	421 lux	380 lux	170 lux	415 lux
E_{med} Dialux EVO vazio	485 lux	440 lux	414 lux	379 lux	150 lux	472 lux
E_{med} Dialux EVO mob	481 lux	439 lux	414 lux	371 lux	147 lux	463 lux
E_{med} Dialux EVO mob e mat	439 lux	403 lux	383 lux	335 lux	132 lux	418 lux
E_{med} AGi 32 vazio	480 lux	436 lux	411 lux	376 lux	150 lux	468 lux
E_{med} AGi32 mob	469 lux	436 lux	413 lux	370 lux	147 lux	461 lux
E_{med} AGi32 mob e mat	503 lux	466 lux	440 lux	401 lux	160 lux	499 lux
E_{med} Relux vazio	461 lux	419 lux	396 lux	359 lux	145 lux	448 lux
E_{med} Relux mob	459 lux	417 lux	395 lux	352 lux	143 lux	438 lux
E_{med} Relux mob e mat	468 lux	424 lux	400 lux	361 lux	145 lux	447 lux

Com o intuito de facilitar a visualização dos resultados, seguem nas Figuras 108 e 109 os gráficos comparativos com os resultados da experimentação (medição) e das três situações simuladas no Capítulo 5 mostrados anteriormente.

O gráfico da Figura 108 é referente aos sistemas de iluminação com aletas (tipo 1, tipo 2 e tipo 3) e o da Figura 109 aos sistemas com difusor (tipo 4, tipo 5 e tipo 6).

Figura 108: Gráfico comparativo Experimentação x Simulação – Sistemas de iluminação com aletas

Figura 109: Gráfico comparativo Experimentação x Simulação – Sistema de iluminação com difusor

Analisando os gráficos das Figuras 108 e 109, observa-se que a diferença entre os resultados da medição e da simulação não ultrapassa 50 lux para cada

tipologia de iluminação, com exceção do resultado da simulação com mobiliário e materiais aplicados no programa AGi32, que ficou acima dos demais valores encontrados em todas as situações. Seria interessante uma pesquisa mais detalhada para verificar as possíveis causas deste fenômeno.

Dependendo do programa de cálculo e a situação simulada, observamos que o nível médio encontrado é praticamente igual ao medido. No entanto, não é possível afirmar que, colocando os dados de entrada de maneira detalhada, encontraremos o nível de iluminância simulado igual ao medido após a instalação dos sistemas de iluminação.

Apesar das diferenças encontradas nos resultados, podemos sim ter uma ideia do nível de iluminância que será medido após a instalação. Os softwares de cálculo são uma ferramenta importante na etapa projetual de arquitetura e, por meio das comparações realizadas, podemos dizer que são confiáveis. A margem de erro entre os programas de cálculo e a experimentação está por volta de 10%.

CAPÍTULO 7

COMPARAÇÕES: MEDIÇÕES x NORMA

7. COMPARAÇÕES: MEDIÇÕES x NORMA

7.1. Considerações preliminares

A importância de verificar a real depreciação dos sistemas que utilizam a tecnologia LED deriva do fato de que esses sistemas são muito recentes, e desta forma, o fator de depreciação apresenta-se como uma variável quando deveria ser uma constante conhecida.

Segundo os manuais de iluminação da Osram e Philips, sabe-se que a vida útil de uma lâmpada é o número de horas decorridas até que ela deprecie 30% do fluxo luminoso inicial.

A vida útil de uma lâmpada fluorescente tubular é dada pelos fabricantes como cerca de 20.000h. No caso de uma lâmpada tubo LED, a vida útil é, segundo o INMETRO (Portaria número 389), a partir de 25.000h, sendo que o valor informado é diferente para cada fornecedor.

Sabe-se também, conforme norma internacional CIE-97:2005, que o valor de depreciação do sistema de iluminação depende não somente do tipo de lâmpada e suas características particulares, mas também do modelo de luminária que acomoda as lâmpadas e da manutenção das superfícies de um ambiente.

O projeto luminotécnico deve levar em consideração, portanto, o fator de perdas. Em longo prazo, a falta de iluminância na área de tarefa pode acarretar problemas como erros ou atraso na conclusão de tarefas a serem realizadas, e até perda da visão parcial. Assim, além da limpeza programada das luminárias e das superfícies da sala, é prudente calcular a depreciação do conjunto dos sistemas de iluminação instalados.

A Tabela 14 seguinte é resultado do cruzamento de dados conforme metodologia apresentada no Capítulo 2 descrita no Item 2.5. Determinação do fator de manutenção referente à norma CIE 97:2005.

Tabela 14: Tabela de fator de manutenção dos sistemas de iluminação do experimento.

	Tempo	Horas	LLMF	LSF	LMF	RSMF	MF
Luminária Tipo 1 (C)	0 meses	0 horas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1 mês	720 horas	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
	3 meses	2154 horas	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97
	6 meses	4310 horas	0,93	1,00	0,93	0,97	0,84
	9 meses	6465 horas	0,92	0,99	0,91	0,97	0,80
	1 ano	8620 horas	0,90	0,98	0,89	0,96	0,75
	15 meses	13128 horas	0,90	0,98	0,87	0,96	0,74
	1,5 ano	13128 horas	0,90	0,96	0,84	0,95	0,69
	21 meses	15087 horas	0,90	0,94	0,82	0,95	0,66
	2 anos	17520 horas	0,90	0,92	0,80	0,95	0,63
Luminária Tipo 2 (C)	0 meses	0 horas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1 mês	720 horas	1,00*	1,00*	1,00	1,00	1,00
	3 meses	2154 horas	1,00*	1,00*	1,00	1,00	1,00
	6 meses	4310 horas	1,00*	1,00*	0,93	0,97	0,90
	9 meses	6465 horas	1,00*	1,00*	0,91	0,97	0,88
	1 ano	8620 horas	0,98*	1,00*	0,89	0,96	0,84
	15 meses	10776 horas	0,98*	1,00*	0,87	0,96	0,82
	1,5 ano	13128 horas	0,97*	0,99*	0,84	0,95	0,77
	21 meses	15087 horas	0,97*	0,99*	0,82	0,95	0,75
	2 anos	17520 horas	0,96*	0,98*	0,80	0,95	0,72
Luminária Tipo 3 (C)	0 meses	0 horas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1 mês	720 horas	1,00*	1,00*	1,00	1,00	1,00
	3 meses	2154 horas	1,00*	1,00*	1,00	1,00	1,00
	6 meses	4310 horas	1,00*	1,00*	0,93	0,97	0,90
	9 meses	6465 horas	1,00*	1,00*	0,91	0,97	0,88
	1 ano	8620 horas	0,98*	1,00*	0,89	0,96	0,84
	15 meses	13128 horas	0,98*	1,00*	0,87	0,96	0,82
	1,5 ano	13128 horas	0,97*	0,99*	0,84	0,95	0,77
	21 meses	15087 horas	0,97*	0,99*	0,82	0,95	0,75
	2 anos	17520 horas	0,96*	0,98*	0,80	0,95	0,72
Luminária Tipo 4 (D)	0 meses	0 horas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1 mês	720 horas	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
	3 meses	2154 horas	0,97	1,00	1,00	1,00	0,97
	6 meses	4310 horas	0,93	1,00	0,92	0,97	0,83
	9 meses	6465 horas	0,92	0,99	0,90	0,97	0,80
	1 ano	8620 horas	0,90	0,98	0,88	0,96	0,75
	15 meses	13128 horas	0,90	0,98	0,87	0,96	0,74
	1,5 ano	13128 horas	0,90	0,96	0,85	0,95	0,70
	21 meses	15087 horas	0,90	0,94	0,83	0,95	0,67
	2 anos	17520 horas	0,90	0,92	0,83	0,95	0,65
Luminária Tipo 5 (D)	0 meses	0 horas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1 mês	720 horas	1,00*	1,00*	1,00	1,00	1,00
	3 meses	2154 horas	1,00*	1,00*	1,00	1,00	1,00
	6 meses	4310 horas	1,00*	1,00*	0,92	0,97	0,89
	9 meses	6465 horas	1,00*	1,00*	0,90	0,97	0,87
	1 ano	8620 horas	0,98*	1,00*	0,88	0,96	0,83
	15 meses	13128 horas	0,98*	1,00*	0,87	0,96	0,82
	1,5 ano	13128 horas	0,97*	0,99*	0,85	0,95	0,78
	21 meses	15087 horas	0,97*	0,99*	0,83	0,95	0,76
	2 anos	17520 horas	0,96*	0,98*	0,83	0,95	0,74
Luminária Tipo 6 (D)	0 meses	0 horas	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1 mês	720 horas	1,00*	1,00*	1,00	1,00	1,00
	3 meses	2154 horas	1,00*	1,00*	1,00	1,00	1,00
	6 meses	4310 horas	1,00*	1,00*	0,92	0,97	0,89
	9 meses	6465 horas	1,00*	1,00*	0,90	0,97	0,87

	1 ano	8620 horas	0,98*	1,00*	0,88	0,96	0,83
	15 meses	13128 horas	0,98*	1,00*	0,87	0,96	0,82
	1,5 ano	13128 horas	0,97*	0,99*	0,85	0,95	0,78
	21 meses	15087 horas	0,97*	0,99*	0,83	0,95	0,76
	2 anos	17520 horas	0,96*	0,98*	0,83	0,95	0,74

* considerando que o LED deprecia a partir de 1 ano

Fonte: CIE-97

Os valores do fator de manutenção (MF) encontrados na Tabela 14 são os valores a serem utilizados na fase de projeto luminotécnico, dependendo do tempo em horas que se deseja manter um nível de iluminância, segundo a norma CIE-97:2005.

A grande maioria dos projetistas utiliza somente o valor padrão que é sugerido em manuais de iluminação. Para uma sala limpa considera-se 0,80, para sala de média limpeza 0,70, e para sala suja o valor de 0,60 (PHILIPS,1981). Pela experiência da pesquisadora, infelizmente alguns projetistas não incluem o fator de manutenção ou, em outros casos, os projetos que vêm de fábricas ampliam esse valor para aumentar a venda de peças.

Os valores de 0,80, 0,70 e 0,60 são recomendados pelo manual da Philips quando não há dados suficientes sobre depreciação da lâmpada e luminária, o que atualmente é quase impossível de ocorrer, pois essas informações são facilmente encontradas em catálogos impressos e mesmo na internet.

7.2. Resultados da comparação

Um dos resultados mais importantes foi a determinação dos valores de depreciação dos sistemas de iluminação por meio das medições realizadas ao longo de dois anos, onde foi possível observar o quanto a tecnologia fluorescente e a tecnologia LED depreciam ao longo do tempo, sob as mesmas condições.

A tabela seguinte foi criada para comparar os valores dos fatores de manutenção (MF) preconizados pela norma CIE-97:2005 e os valores encontrados nas medições.

Tabela 15: Tabela comparativa de fatores de manutenção

	Tempo	Horas	MF CIE:97	Iluminância Esperada	Iluminância Medida	MF encontrado
Luminária Tipo 1	Início	0h	1.00	442 lux	442 lux	1.00
	1 mês	720h	0.99	438 lux	435 lux	0.98
	3 meses	2154h	0.97	429 lux	408 lux	0.92
	6 meses	4310h	0.84	371 lux	408 lux	0.92
	9 meses	6465h	0.80	355 lux	396 lux	0.90
	12 meses	8620h	0.75	333 lux	396 lux	0.90
	15 meses	10776h	0.74	326 lux	370 lux	0.84
	18 meses	12931h	0.69	305 lux	371 lux	0.84
Luminária Tipo 2	Início	0h	1.00	438 lux	438 lux	1.00
	1 mês	720h	1.00	438 lux	443 lux	1.01
	3 meses	2154h	1.00	438 lux	442 lux	1.01
	6 meses	4310h	0.90	395 lux	442 lux	1.01
	9 meses	6465h	0.88	387 lux	437 lux	1.00
	12 meses	8620h	0.84	367 lux	438 lux	1.00
	15 meses	10776h	0.82	359 lux	433 lux	0.99
	18 meses	12931h	0.77	336 lux	434 lux	0.99
	21 meses	15087h	0.75	328 lux	431 lux	0.98
	24 meses	17027h	0.72	313 lux	428 lux	0.98
Luminária Tipo 3	Início	0h	1.00	421 lux	421 lux	1.00
	1 mês	720h	1.00	421 lux	411 lux	0.98
	3 meses	2154h	1.00	421 lux	403 lux	0.96
	6 meses	4310h	0.90	380 lux	398 lux	0.95
	9 meses	6465h	0.88	372 lux	392 lux	0.93
	12 meses	8620h	0.84	353 lux	391 lux	0.93
	15 meses	10776h	0.82	345 lux	368 lux	0.87
	18 meses	12931h	0.77	323 lux	366 lux	0.87
	21 meses	15087h	0.75	315 lux	368 lux	0.87
	24 meses	17027h	0.72	301 lux	345 lux	0.82
Luminária Tipo 4	Início	0h	1.00	380 lux	380 lux	1.00
	1 mês	720h	0.99	376 lux	354 lux	0.93
	3 meses	2154h	0.97	369 lux	332 lux	0.97
	6 meses	4310h	0.83	315 lux	334 lux	0.88
	9 meses	6465h	0.80	302 lux	321 lux	0.84
	12 meses	8620h	0.75	283 lux	300 lux	0.79
	15 meses	10776h	0.74	280 lux	301 lux	0.79
	18 meses	12931h	0.70	265 lux	-	-
Luminária Tipo 5	Início	0h	1.00	170 lux	170 lux	1.00
	1 mês	720h	1.00	170 lux	171 lux	1.01
	3 meses	2154h	1.00	170 lux	169 lux	0.99
	6 meses	4310h	0.89	152 lux	166 lux	0.98
	9 meses	6465h	0.87	148 lux	134 lux	0.79
	12 meses	8620h	0.83	141 lux	165 lux	0.94
	15 meses	10776h	0.82	139 lux	160 lux	0.94
	18 meses	12931h	0.78	132 lux	156 lux	0.92
	21 meses	15087h	0.76	129 lux	152 lux	0.89
	24 meses	17027h	0.74	126 lux	151 lux	0.89
Luminária Tipo 6	Início	0h	1.00	415 lux	415 lux	1.00
	1 mês	720h	1.00	415 lux	413 lux	1.00
	3 meses	2154h	1.00	415 lux	415 lux	1.00
	6 meses	4310h	0.89	370 lux	449 lux	1.08
	9 meses	6465h	0.87	362 lux	417 lux	0.98
	12 meses	8620h	0.83	344 lux	407 lux	0.98
	15 meses	10776h	0.82	340 lux	406 lux	0.98
	18 meses	12931h	0.78	322 lux	399 lux	0.96

	21 meses	15087h	0.76	314 lux	392 lux	0.94
	24 meses	17027h	0.74	308 lux	386 lux	0.93

Ao analisar as depreciações ocorridas durante o período do experimento, verificou-se que houve depreciação em todos os sistemas de iluminação instalados.

Observa-se que após três meses da instalação dos sistemas de iluminação, as luminárias tipo 1 e 4, com a tecnologia fluorescente tubular, depreciaram mais do que o esperado. Assim como ocorreu com o sistema de iluminação tipo 3 com o LED acoplado na luminária, modelo com aletas e difusor.

Curiosamente, o sistema de iluminação tipo 2, utilizando uma lâmpada tubo LED, apresentou aumento no nível médio esperado. SCOPACASA (2016) mostra em um relatório de uma amostra LED que, após 6.000h, o fluxo do LED aumenta, logo, pode-se dizer que a medição realizada esta dentro do padrão.

Os sistemas de iluminação do tipo 5 e 6 apresentaram resultados de acordo com o esperado.

Em 6 meses, observa-se que nos sistemas de iluminação com lâmpada fluorescente, a depreciação medida começa a ser menor que a esperada. De 3 a 6 meses, praticamente não houve depreciação em nenhum dos sistemas e, além disso, o valor medido na iluminância média do sistema de iluminação tipo 6 apresentou um aumento.

Em relação aos sistemas de iluminação com a tecnologia LED, esperava-se que os modelos com lâmpadas tubo LED e com o LED aplicado depreciassem do mesmo modo, no entanto encontramos diferença nos resultados.

Continuando a análise da Tabela 15, podemos observar que em 1 ano e meio de experimento, os valores de depreciação medidos continuam menores que os esperados.

Se o componente do sistema de iluminação tipo 4 estivesse em funcionamento ao final de 18 meses (1 ano e meio), poderíamos estipular que a depreciação ficaria menor do que o esperado. Se não houvesse ocorrido a queima do reator, poderíamos manter os conjuntos acesos por mais tempo, além das 13.000h, uma vez que os fabricantes de lâmpadas garantem que a vida útil da lâmpada pode chegar a 20.000h.

Após 2 anos de pesquisa, comparando os fatores de manutenção e depreciação obtidos com a norma CIE-97:2005, percebe-se que, ao final, a

depreciação ocorrida no experimento foi menor que a norma prevê em todas as situações.

CAPÍTULO 8

VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

8. VERIFICAÇÃO DAS HIPÓTESES

A tese possui três hipóteses:

Hipótese 1: Existe depreciação do fluxo luminoso na tecnologia LED quando comparada com a tecnologia fluorescente

A hipótese 1 foi comprovada conforme os resultados obtidos nas medições durante dois anos, esses estão detalhados no Capítulo 3.

A expectativa era que os sistemas de iluminação que utilizam a tecnologia LED depreciassem em uma proporção maior, próxima à tecnologia fluorescente, e que fosse mais intensa nos modelos com difusor.

Nos sistemas de iluminação utilizando lâmpadas tanto fluorescente tubular como tubo LED, a depreciação resultante das medições foi maior no modelo com difusor (fechadas) do que no modelo com aletas (semiabertas).

Porém, quando o LED está aplicado na luminária, o resultado é inverso. O motivo pode ser a presença do difusor mais as aletas, ou pode ser causado pelo design da própria luminária.

Hipótese 2: Existe depreciação do fluxo luminoso na tecnologia LED, sendo mais intensa na lâmpada tubo LED quando comparada ao LED acoplado na própria luminária

A hipótese 2 foi parcialmente comprovada. No modelo com difusor, a depreciação do fluxo luminoso medido no plano de trabalho foi maior nos sistemas de iluminação que utilizam lâmpada tubo LED, quando comparadas ao LED aplicado na própria luminária. A primeira depreciou 11% e a segunda depreciou 7%.

No caso dos modelos com aletas, a depreciação das medições nos sistemas de iluminação que utilizavam lâmpada tubo LED foi de 2%, e nas que o LED está aplicado na luminária, foi de 18%.

Hipótese 3: Os dados de depreciação preconizados pela norma CIE-97:2005 não correspondem à realidade, pois as depreciações reais são maiores que a norma

A hipótese 3 foi parcialmente comprovada, como pode ser observado na Tabela 15 do Capítulo 7.

Até 3 meses, os valores medidos utilizando a tecnologia fluorescente estavam maiores que os calculados a partir da norma, portanto até esse período, a hipótese se comprovou. No entanto, após 6 meses, o nível de iluminância medido passa a ser maior, ou seja, a depreciação total foi menor.

As figuras a seguir demonstram os resultados das medições com a depreciação verificada a partir da norma.

Figura 110: Gráfico comparativo dos sistemas de iluminação utilizando tecnologia fluorescente

Figura 111: Gráfico comparativo dos sistemas de iluminação utilizando tecnologia LED: lâmpada tubo LED

Figura 112: Gráfico comparativo dos sistemas de iluminação utilizando tecnologia LED, aplicado na luminária

As confirmações ou não dessas hipóteses são válidas para os sistemas de iluminação utilizadas nesta pesquisa, dos fabricantes Lumicenter e Philips, que gentilmente doaram os produtos para ensaios e medições.

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES

9. CONCLUSÕES

Por meio da experimentação, isto é, das medições realizadas, observou-se que houve depreciação em todos os sistemas de iluminação. Ela foi menos acentuada nos sistemas que utilizavam tecnologia LED comparada à tecnologia fluorescente, e mais intensa nos modelos com difusor do que nos modelos de aletas, com exceção dos sistemas de iluminação com LED aplicado na luminária.

Um dos possíveis motivos dessa inversão de resultados seria a presença de um difusor entre o LED e as aletas, causando um aquecimento maior neste modelo de luminária, e, logo, o aceleração da depreciação da tecnologia LED. O desenho do próprio projeto da luminária também pode ter causado essa maior depreciação.

Apesar do experimento que utilizava lâmpadas fluorescentes ter terminado após 13.000h devido à queima de um dos reatores, é provável que, se os conjuntos estivessem ligados, as medições poderiam ter finalizado junto com as medições que utilizavam a tecnologia LED, uma vez que os fabricantes afirmam que a vida útil das lâmpadas fluorescentes é de 20.000h.

Durante as comparações realizadas entre as medições e os ensaios laboratoriais, notou-se que os difusores de um dos modelos de luminárias fornecidos eram diferentes. Primeiro pelo resultado do próprio ensaio, segundo pela comparação visual entre peças.

Embora tenha sido realizado um segundo ensaio utilizando corpo e lâmpadas novas e o difusor de uma das luminárias utilizadas no experimento, e devidamente limpo, chegou-se à conclusão que havia diferença entre os difusores provenientes dos sistemas de iluminação utilizados no experimento. O fluxo luminoso medido em laboratório teve uma diferença de 12% entre eles.

A partir desse problema encontrado, não foi possível verificar por meio dos ensaios laboratoriais a real depreciação dos sistemas de iluminação com difusor.

No entanto, o resultado dos ensaios das lâmpadas mostrou que a sua depreciação dentro dos modelos com difusor e com aletas é praticamente o mesmo, ou seja, podemos concluir que a maior parcela da depreciação do modelo com difusor provém do acúmulo de sujeira no próprio corpo da peça.

Com relação às simulações, comparando os três programas utilizados (Dialux EVO, AGi32 e Relux) a diferença nos resultados foi de 5% na situação em que os

ambientes estão vazios, e as reflexões padrões estão sendo utilizadas. Por reflexão padrão, entende-se que seja considerado 70% para acabamentos claros, 50% para acabamento médios, e de 10% a 20% para acabamentos escuros.

Caso haja acréscimo de mobiliários e acabamentos próximos ao modelo real, a diferença no resultado final aumenta e varia entre os programas de cálculo. Obteve-se uma diferença de 15% a 20% entre os programas nessas situações.

Ao comparar todos os resultados da iluminância média alcançada nos programas de cálculo com a iluminância média das medições, observou-se que a diferença não ultrapassou 50 lux, o que significa uma variação de no máximo 10% nos resultados.

Apenas um dos resultados obtidos apresentou diferença maior que essa, porém, como foi mencionado anteriormente no Capítulo 5, ainda não é possível inserir os dados de entrada, tais como cromaticidade, reflexão e o próprio mobiliário, exatamente como os existentes. Assim, os dados de saída acabam sendo modificados.

A maior diferença entre os resultados na comparação das simulações, ocorreu devido os dados da reflexão de mobiliários que cada programa considerou distinto ao inserir a cromaticidade. Infelizmente as informações exatas de reflexão e cromaticidade não são fornecidas pelos fabricantes.

Embora haja diferenças nos resultados, os softwares de cálculo luminotécnico são uma ferramenta importante na etapa projetual de arquitetura e pelos resultados obtidos na comparação desses programas com as medições, pode-se afirmar que os resultados são confiáveis, considerando uma margem de erro de apenas 10%.

Por fim, ao comparar a depreciação do nível de iluminância média das medições realizadas com a depreciação esperada conforme norma CIE-97:2005, foi possível concluir que para o período de até 3 meses, a depreciação do primeiro é maior que o segundo, tanto em relação à tecnologia fluorescente, como no caso da tecnologia LED.

Após 6 meses, observou-se que a depreciação real medida foi menor do que a norma CIE-97:2005 prediz, e esse comportamento continuou até o final do experimento. Especificamente no caso do modelo 3, a proporção da depreciação do seguiu a norma, no entanto, em valores absolutos, ela continuou menor que a norma.

Por meio das medições, foi possível verificar que os sistemas de iluminação que utilizam lâmpadas, sejam elas fluorescentes tubulares ou tubo LED, têm maior

perda do fluxo luminoso nos modelos com difusor do que nos que possuem aletas e são semiabertos. Embora haja essa perda maior nos sistemas fechados com difusor, eles trazem mais conforto visual aos usuários.

A pesquisa foi importante, pois pôde mostrar o real fator de manutenção ou depreciação que pode ser considerado no projeto luminotécnico. A própria norma CIE-97:2005 não coloca os dados relacionados à depreciação do fluxo luminoso da lâmpada (LLMF) e efeito de falha de envelhecimento da lâmpada (LSF) dos LEDs, justificando que os dados do LED mudam constantemente.

Esta tese proporciona o desenvolvimento de outras pesquisas, na mesma área, que aprofundem a análise da depreciação dos diversos tipos de tecnologias dos sistemas de iluminação. Um exemplo seria aumentar o tempo de medição da depreciação, seja por meio de medições ou por meio de ensaios, uma vez que talvez haja depreciação da tecnologia LED de maneira brusca em algum momento de sua vida útil.

As medições e os ensaios também poderiam ser realizados com outros modelos de sistemas de iluminação, ou mesmo comparando diversos fabricantes, pois os resultados do experimento apresentado por esta tese são específicos dos fabricantes utilizados.

A importância maior da pesquisa foi encontrar os dados de depreciação que cada sistema de iluminação pode trazer, pois eles devem ser levados em consideração no projeto luminotécnico. Esses índices afetam diretamente o nível de iluminância do plano de trabalho, que caso esteja muito alto ou muito baixo, afeta os usuários finais.

Quando os sistemas de iluminação forem instalados, o nível de iluminância pode estar cerca de 30% maior que o recomendado pela norma NBR/ISO CIE8995-1, para que ao longo do tempo permaneça dentro desses valores e que traga conforto visual aos usuários. Deve-se estabelecer o tempo de troca dos sistemas de iluminação e seus componentes, assim como programar sua limpeza.

Além de os resultados adquiridos nesta pesquisa serem úteis para os arquitetos e *lighting designers*, a pesquisa também mostrou o cuidado necessário ao se projetar uma luminária em LED. Esta pode aumentar ou reduzir a vida útil do sistema de iluminação em questão, dependendo da forma como o sistema é montado e a escolha dos componentes e materiais utilizados para a composição dele.

A pesquisa revelou que a depreciação da tecnologia LED é menor que a da tecnologia fluorescente tubular na maioria dos casos, no entanto, como mostram estudos relacionados à saúde e exposição constante ao LED, questiona-se o real motivo da substituição atual dessas tecnologias. Poderia ser uma questão de economia de energia ou de aumento da produtividade e conforto dos usuários. Seria para obter uma certificação no edifício ou seria realmente uma melhoria das condições de trabalho dos usuários.

Acredito que ainda há potencial para a realização de muitos estudos a serem sobre essa nova tecnologia, e é importante que seus resultados sejam amplamente divulgados na comunidade científica e para os profissionais envolvidos em projetos de iluminação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10. BIBLIOGRAFIA

10.1. Bibliografia referenciada

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1:2013**
– Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. São Paulo, 2013. 46p.

Commission Internationale de l'éclairage. **CIE-097:2005**. Guide on the maintenance of indoor electric lighting systems. 2nd Edition, Austria, 2005. 28p.

CNN. Cable News Network. 25.novembro.2017. Por Manisha Ganguly. **Loss of the night: Light pollution rising rapidly on a global scale**. Acesso em: 15.dez.2018.

ELETROBRAS. **Relatório de Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil – Sumário Executivo**. Rio de Janeiro: ELETROBRAS; PROCEL, 2009. 77p.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Consumo anual de energia elétrica por classe (nacional)**. Disponível em:

<<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Consumo-Anual-de-Energia-Eletrica-por-classe-nacional>> consulta em dezembro/2018

GARCIA, Leandro Henrique Cascaldi. **A reestruturação do setor elétrico brasileiro e a crise do racionamento (1981-2002)**. Trabalho final de graduação. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2011. 72p.

IESNA, LM-57 – Calculating Coefficients of Utilization, Wall and Ceiling Cavity Exitance

JACOB, Edson. **Manual de Utilização de Leds e Fontes de Alimentação**.

KYBA, C., KÜSTER, T. SÁNCHEZ de Miguel, A., BAUGH, K., JECHOW, A., HÖLKER, F. BENNIE, J., ELVIDGE, C. D., GASTON, K.J., GUANTER, L..

Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. –

Science Advances, Vol 3, N° 11, 22.nov.2017.

Disponível em: < <http://advances.sciencemag.org/content/3/11/e1701528>>

MERCOLA, J.M., WUNSCH, Alexander. **How LED Lighting may compromise your health.** Em MERCOLA, Take Control of your Health. 23.Outubro.2016

Disponível em: < <https://articles.mercola.com/sites/articles/archive/2016/10/23/near-infrared-led-lighting.aspx>> Acessado em: 27.Ago.2018

PHILIPS. **Manual de Iluminação**, 3^a edição, 1981

ROSER, Max. **“Light”** em OurWorLdInData.org., 2019. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/light>>. Acesso em: 06.fev.2019

SCOPACASA, Vicente A. Entendendo a IESNA LM80-08 e TM-21-11. **Revista O Setor Elétrico**, capítulo XII - LED – Evolução e inovação, São Paulo, Edição 131, dezembro 2016. P. 30-33.

SOARES, Ruy Barbosa. **Resposta humana à luz: alterações não visuais e o projeto luminotécnico residencial com LEDs.** Dissertação de mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2018. 152 p.

SOUZA, Dennis Flores de. DIALux uma ferramenta em constante evolução. **Revista Lume Arquitetura**, São Paulo, N°49, abril/maio 2011. P.38-46.

10.2. Bibliografia consultada

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_i_luminacao_cap6.pdf>. Acessado em abril de 2014.

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **IEC/PAS 62612:2013** – Lâmpadas LED com dispositivo de controle incorporado para serviços de iluminação geral – Requisitos de desempenho. São Paulo, 2013. 12p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **IEC/TS 62504:2012** – Termos e definições para LEDs e os módulos de LED de iluminação geral. São Paulo, 2013. 12p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16026:2012** – Dispositivo de controle eletrônico c.c. ou c.a. para módulos de LED – Requisitos de desempenho. São Paulo, 2012. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16205-1:2013** – Lâmpadas LED sem dispositivo de controle incorporado de base única. Parte 1: Requisitos de segurança. São Paulo, 2013. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16205-2:2013** – Lâmpadas LED sem dispositivo de controle incorporado de base única. Parte 2: Requisitos de desempenho. São Paulo, 2013. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 61347-2-13:2012** – Dispositivo de controle da lâmpada. Parte 2-13: Requisitos particulares para dispositivos de controle eletrônicos alimentados em c.c. ou c.a. para os módulos de LED. São Paulo, 2012. 33p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 62031:2013** – Módulos de LED para iluminação em geral – Especificações de segurança. São Paulo, 2013. 11p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 62560:2013** – Lâmpadas LED com dispositivos de controle incorporado para serviços de iluminação geral para tensão > 50V – Especificações de segurança. São Paulo, 2013. 19p.

BARBOSA, Alessandra da Costa. **Estudo fotométrico de lâmpada de LED**. In: I Workshop de Iluminação a LED, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL. Outubro de 2012.

BIGONI, Silvia. **Eficiência dos conjuntos óticos de alumínio especular de alto desempenho energético**. 2013. 252p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CHOW, Michael. **Engineering a successful lighting retrofit**. Ohio, USA, 2012. Disponível em: <<http://www.csemag.com/home/single-article/engineering-a-successful-lighting-retrofit/8b8e4eeec4f0c6e6c81cf81ab518b22b.html>> . Acesso em 14/abril/2015.

EPE, disponível em:

<<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Consumo-Anual-de-Energia-Eletrica-por-classe-nacional>> consulta em dezembro/2018

EDIRISINGHE, U A S K. **Study to evaluate the effectiveness of lighting system by using LED technology in Commercial buildings**. 2012, 79p. Dissertação (mestrado) em Engenharia. Department of Energy Technology, Royal Institute of Technology, Suécia. 2012.

FARIA, Nara. **NBR 5413: O que e por que deve mudar?** Revista Lumière, São Paulo, Nº 21, p.56-59, 2008.

FERREIRA, Juliana Zandova. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulare T8 e tubulares de LED**. 2014, 59p. Monografia de especialização – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

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

GALVÃO, Walter; D'OTTAVIANO, Camila. **A luz na arquitetura e na cidade**. Cienc. Cult. São Paulo, v. 67, n.3, p. 48-50, Setembro 2015. Disponível em:
<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252015000300015> Acessado em outubro/2018

GANSLANDT, R.; HOFMANN, H.. **Handbook of Lighting Design**, Erco Edition, Germany, 1st. Edition, 1992. 289p.

IESNA Illuminating Engineering Society of North America. **Lighting Handbook**. 10th Edition. New York, IESNA, 2010.

IWASHITA, Juliana. **Eficiência energética em sistemas de iluminação de interiores: análise de luminárias comerciais**. 2004. 205p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

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

MIQUELIN, Juliana Zimbardi. **Análise de desempenho de lâmpadas LEDs e LFCs como alternativas em iluminação residencial em função da implementação da portaria ministerial Nº 1007 que limita o uso de lâmpadas incandescentes no Brasil**. 2011. 75p. Trabalho de graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2011.

MODENA, B.R.; CAMPOS, D.P. de; REIS, F.A.B. Viabilidade da transição fluorescente para LED no ambiente industrial. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, Volume 7, Número 2, Julho, 2011. Disponível em:
<http://www2.ib.unicamp.br/revista/be310/index.php/be310/article/viewFile/301/234>

OSRAM. Manual Osram, **Iluminação: Conceitos e projetos**. Impresso em 22.12.2006.

PEREIRA, Daniela Cardoso Laudares. **Modelos Físicos reduzidos: uma ferramenta para avaliação da iluminação natural**. 2006. 246p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PHILIPPI, A.; ROMERO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. São Paulo. SP. Editora Manole, 2004. 1045p.

PROCEL. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>

SÁ, Cláudia. **Softwares de iluminação**. Revista Lume Arquitetura, São Paulo, N°40, outubro/novembro 2009. P.32-38.

STRAVORAVDIS, Spyros. **Lighting Offices with LEDs: A Study on Retrofitting Solutions**. 2013, 211p. Tese (doutorado) – Welsh Schoof of Architecture, 2013.

STRELETS, K.; PERLOVA E.; PLATONOVA, M.; PANKOVA A.; ROMERO, M.; AL-SHABAB, M. S.. **Post Occupancy Evaluation (POE) and Energy Conservation Opportunities (ECOs) Study for Three Facilities in SPbPU in Saint Petersburg**. In: 15th Internacional scientific conference “Underground Urbanisaton as a Prerequisite for Sustainable Development”. 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com>>

REVISTA Lume Arquitetura. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/lume/> e revistas impressas.

ROIZENBLATT, Isac. **Critérios da Iluminação Elétrica Urbana**. 2009. 196p. Tese (Doutorado) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2009.

ROMERO, M. A.; REIS, L. B. **Eficiência energética em edifícios**. São Paulo: Manole, 2011 (no prelo). 195p.

ROY, Geoffrey G. **A comparative study of lighting simulation packages suitable for use in architectural design**. Murdoch University – School of Engineering, October 2000.

SARGENT, Robert G. **Verification and Validation of Simulation Models**. Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference, 2011. P. 183-198.

TEIXEIRA, I.; RIVERA, R.; REIFF, L.O.. **Iluminação LED: sai Edison entram Haitz e Moore – benefícios e oportunidades para o país**. BNDES Setorial 43, p.363-412, março, 2016.

THE CLIMATE GROUP. **The LED lighting wave is reaching Brazil, says Antonio Barbalho, World Bank**. Disponível em:
<<https://www.theclimategroup.org/news/led-lighting-wave-reaching-brazil-says-antonio-barbalho-world-bank>> Acesso em outubro/2018

VIANNA, Nelson; GONÇALVES, Joana Carla Soares. **Iluminação e Arquitetura**. Virtus S/C Ltda, São Paulo, SP, 2001. 378p.

ANEXO I

FICHA TÉCNICA DAS LUMINÁRIAS

FAA04-S228

Descrição

Luminária comercial de sobrepor, na versão para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares bulbo T5 de 28W / 54W. Corpo confeccionado em chapa de aço tratada e fosfatizada #26. Reator alojado na parte interna do corpo da luminária. Pintura eletrostática poliéster à pó branco liso. Conjunto ótico constituído de refletor e aletas parabólicas em alumínio anodizado brilhante de alta pureza e refletância. Soquetes anti-vibratórios em policarbonato com proteção contra raios UV, com sistema de engate rápido para os fios, rotor de segurança e contatos em bronze fósforo, fixação ao corpo da luminária por meio de encaixe.

Informações Técnicas

DIALux

Link para download
Plugin Lumicenter
para Dialux

Grupo Lumicenter Lighting
Av. Rui Barbosa, 3770, Afonso
Pena, São José dos Pinhás – PR.
+55 (41) 2103.2750
www.lumicenter.com

Código	Potência	Fluxo	Lâmpada	Rend.	A (mm)	B (mm)	C (mm)
FAA04-S228	66 W	5800lm	28 W	76%	313	61	1195

CAA02-S232

Descrição

Luminária comercial de sobrepor, na versão para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares bulbo T8 de 32W. Corpo confeccionado em chapa de aço tratada e fosfatizada #26, pintura eletrostática pó poliéster com camada mínima de 80 micra. Reator alojado na parte interna do corpo da luminária. Conjunto ótico constituído de refletor e aletas parabólicas em alumínio anodizado brilhante com 99,85% de pureza, proporcionando excelente controle de ofuscamento. Soquetes anti-vibratórios em policarbonato com proteção contra raios UV, com sistema de engate rápido para os fios, rotor de segurança e contatos em bronze fósforo, fixação ao corpo da luminária por meio de encaixe. Rendimento 74%. IP20.

Informações técnicas

Código	Lâmpada	Rend	A (mm)	B (mm)	C (mm)
CAA02-S232	2x32W	74%	244	75	1317

DIALux

Link para download
Plugin Lumicenter
para Dialux

Grupo Lumicenter Lighting
Av. Rui Barbosa, 3770, Afonso
Pena, São José dos Pinhás – PR.
+55 (41) 2103.2750
www.lumicenter.com

EAA02-S3500840

Descrição

Luminária comercial de sobrepor a LED. Corpo em chapa de aço #26, tratada superficialmente. Pintura eletrostática branca microtexturizada, a pó poliéster. Refletor e aletas parabólicas em alumínio de alto brilho. Difusores em acrílico leitoso (PMMA) para melhor controle de ofuscamento e difusão da luz. Equipada com 2 linhas paralelas com LEDs SMD com consumo total de 37W e 3400lm de fluxo luminoso, eficácia de 91lm/W com temperatura de cor 4000K e IRC85. Manutenção de 70% do fluxo inicial em 30.000h de uso. Equipada com driver full-range de 100V à 250V integrado à luminária, com eficiência mínima de 90%, THD <10%, fator de potência >0,98 e conector de engate rápido à rede elétrica. IP20.

Informações técnicas

EAA02-S3500840												
Teto (%)	70	30	10	50	30	10	50	30	10	0	0	0
Parede (%)	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0	0	0
Chão (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0
RCR	Fator de Utilização (%)											
0	117	117	117	112	112	112	107	107	107	107	100	100
1	106	103	100	102	100	97	98	96	94	90	90	90
2	95	91	88	92	88	84	89	85	82	79	79	79
3	86	80	75	83	78	73	80	76	72	69	69	69
4	78	71	65	75	69	64	73	68	64	61	61	61
5	70	63	57	68	62	57	66	61	56	54	54	54
6	64	56	51	62	56	51	61	55	50	48	48	48
7	58	51	46	57	50	45	56	50	45	43	43	43
8	54	46	41	52	46	41	51	45	41	39	39	39
9	50	42	37	48	42	37	47	41	37	35	35	35
10	46	39	34	45	38	34	44	38	34	32	32	32

DIALux

Link para download
Plugin Lumicenter
para Dialux

Grupo Lumicenter Lighting

Rua Salomão Miguel Nasser, 1200,
Guatupê, São José dos Pinhás - PR.
+55 (41) 2103.2750
www.lumicenter.com

Código	Potência*	Fluxo**	Temp. Cor	IRC	A	B	C
EAA02-S3500840	37W	3400lm	4000 K	85	250	41	11901

FHT07-S228

Descrição

Luminária comercial de sobrepor, na versão para 2 lâmpada fluorescentes tubulares bulbo T5 de 28W ou 54W. Corpo confeccionado em chapa de aço tratada e fosfatizada #26. Pintura eletrostática em pó poliéster com camada mínima de 80 micra na cor branca microtexturizada. Reator alojado na parte interna do corpo da luminária. Difusor em acrílico leitoso (PMMA). Soquetes anti-vibratórios em policarbonato com proteção contra raios UV, com sistema de engate rápido para os fios, rotor de segurança e contatos em bronze fósforo, fixação ao corpo da luminária por meio de encaixe. IP20.

Informações técnicas

DIALux

Link para download
Plugin Lumicenter
para Dialux

Grupo Lumicenter Lighting
Av. Rui Barbosa, 3770, Afonso
Pena, São José dos Pinhás – PR.
+55 (41) 2103.2750
www.lumicenter.com

Código	Lâmpada	A	B	C
FHT07-S228	2x28/54W T5	160	100	1180

CHT10-S232ACL

Descrição

Luminária comercial de sobrepor, na versão para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares bulbo T8 de 32W. Corpo confeccionado em chapa de aço tratada e fosfatizada #26. Pintura eletrostática em pó poliéster com camada mínima de 80 micra. Cor branca. Reator alojado na parte interna do corpo da luminária. Difusor em poliestireno leitoso. Soquetes anti-vibratórios em policarbonato com proteção contra raios UV, com sistema de engate rápido para os fios, rotor de segurança e contatos em bronze fósforo, fixação ao corpo da luminária por meio de encaixe.

Informações técnicas

Código	Lâmpada	A	B	C
CHT10-S232CL	2x32W T8	200	100	1243

DIALux

Link para download
Plugin Lumicenter
para Dialux

Grupo Lumicenter Lighting
Av. Rui Barbosa, 3770, Afonso
Pena, São José dos Pinhás – PR.
+55 (41) 2103.2750
www.lumicenter.com

LCN13-S4000840

Descrição

Luminária comercial de sobrepor a LED. Tecnologia Lumicenter. Corpo e refletor produzido em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente, tinta pó poliéster na cor branca microtexturizada. Proteção em acrílico leitoso 2mm de espessura (PMMA). Equipada com LEDs SMD de alto brilho, aplicados sobre placas de metalcore. Consumo total de 36,5W, fluxo luminoso total de 3850lm, eficácia de 105lm/W. Temperatura de cor 4000K, IRC85. Driver multitemperatura (100~250V) integrado à luminária. Possui conector de engate rápido para instalação elétrica. IP20.

Informações técnicas

LCN13-S8000840									
Teto (%)	70		50		30		0		
Parede (%)	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Chão (%)	20		20		20		20		0
Fator de Utilização (%)									
RCR	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	117	117	117	112	112	112	107	107	107
1	103	99	95	99	95	92	95	92	90
2	90	84	78	86	81	77	83	79	75
3	79	72	66	76	70	64	73	68	63
4	70	62	56	68	61	55	66	59	54
5	63	55	48	61	54	48	59	52	47
6	57	49	42	55	48	42	53	47	42
7	52	43	38	50	43	37	49	42	37
8	47	39	34	46	39	33	45	38	33
9	44	36	30	42	35	30	41	35	30
10	40	33	28	39	32	27	38	32	27

DIALux

Link para download
Plugin Lumicenter
para Dialux

Grupo Lumicenter Lighting
Av. Rui Barbosa, 3770, Afonso
Pena, São José dos Pinhás - PR.
+55 (41) 2103.2750
www.lumicenter.com

Código	Potência*	Fluxo**	Temp. Cor	IRC	A	B	C
LCN13-S4000840	36,5W	3850lm	4000K	85	160	50	1300

ANEXO II

MEMORIAIS DE CÁLCULOS PROGRAMA DIALUX EVO

Table of contents

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h

Ambientes vazios

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h	3
Luminaire parts list	3
Views	5
Site 1	
Building 1	
Storey 1	
Sala 1	
Room summary	6
Luminaire layout plan	7
Cálculo luminária tipo 1 / Perpendicular illuminance	7
Sala 2	8
Room summary	10
Luminaire layout plan	11
Cálculo luminária tipo 2 / Perpendicular illuminance	11
Sala 3	12
Room summary	14
Luminaire layout plan	15
Cálculo luminária tipo 3 / Perpendicular illuminance	15
Sala 4	16
Room summary	18
Luminaire layout plan	19
Cálculo luminária tipo 4 / Perpendicular illuminance	19
Sala 5	20
Room summary	22
Luminaire layout plan	23
Cálculo luminária tipo 5 / Perpendicular illuminance	23
Sala 6	24
Room summary	26
Luminaire layout plan	27
Cálculo luminária tipo 6 / Perpendicular illuminance	28

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h

Quantity	Luminaire (Luminous emittance)		
2	Luminaire - Ensalo IEE - CAA02-S232ACL - TuboLED 18W Luminous emittance 1 Filling: 1xT5 Absolute photometry Luminaire luminous flux: 1326 lm Power: 34.7 W Luminous efficacy: 38.2 lm/W Colorimetric data 1x: CCT 3000 K, CRI 100	See our luminaire catalog for an image of the luminaire.	
2	Luminaire - Ensalo IEE - CAA02-S232 TuboLED 18W Luminous emittance 1 Filling: 1xTubuled Absolute photometry Luminaire luminous flux: 3361 lm Power: 34.7 W Luminous efficacy: 96.9 lm/W Colorimetric data 1x: CCT 3000 K, CRI 100	See our luminaire catalog for an image of the luminaire.	
2	Luminaire - Ensalo IEE - FAA04-S228 Luminous emittance 1 Filling: 1xT5 Absolute photometry Luminaire luminous flux: 3831 lm Power: 62.4 W Luminous efficacy: 61.4 lm/W Colorimetric data 1x: CCT 3000 K, CRI 100	See our luminaire catalog for an image of the luminaire.	
2	Luminaire - Ensalo IEE - FH107-S28 Luminous emittance 1 Filling: 1xT5 Absolute photometry Luminaire luminous flux: 3265 lm Power: 58.7 W Luminous efficacy: 55.6 lm/W Colorimetric data 1x: CCT 3000 K, CRI 100	See our luminaire catalog for an image of the luminaire.	
2	Luminaire - Ensalo IEE - LCN13-S4000840 Luminous emittance 1 Filling: 1xled Absolute photometry Luminaire luminous flux: 4033 lm Power: 36.0 W Luminous efficacy: 112.1 lm/W Colorimetric data 1x: CCT 3000 K, CRI 100	See our luminaire catalog for an image of the luminaire.	

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h

Perspectiva

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 50.0%, Walls 50.0%, Floor 20.0%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)				Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 1	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	486 (≥ 500)	338	584	0.70	0.58			
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m									

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - Ensalo IEE - FAA04-S228	3831	62.4	61.4
Total via all luminaires		7662	124.8	61.4

Lighting power density: 10.74 W/m² (Floor area of room 11.62 m²)
Lighting power density: 21.77 W/m² = 4.48 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
The energy consumption quantities refer to the lights planned for the room without taking into account light scenes and their dimming levels.
Consumption: 340 kWh/a of maximum 450 kWh/a

Sala 1

Luminaire - Ensalo EE FAA04-S228

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.042	2.820	1.00
2	1.475	0.829	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 1 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 1 / Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light scenario 1
Average lux: 489 lx, Min: 387 lx, Max: 575 lx, Min/average: 0.80, Min/max: 0.67
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 50.0%, Walls 50.0%, Floor 20.0%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)				Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 2	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	441	≥ 500	318	540	0.72	0.59		
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m									

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [m]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - Ensalo IEE - CAA02 S232 TuboLED 18W	3361	34.7	96.9
Total via all luminaires		6722	69.4	96.9

Lighting power density: 5.97 W/m² (Floor area of room 11.62 m²),
Lighting power density: 12.11 W/m² = 2.14 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
The energy consumption quantities refer to the lights planned for the room without taking into account light scenes and their dimming levels.
Consumption: 190 kWh/a of maximum 450 kWh/a

Sala 2

Lumicenter - Ensalo IE CAA02-S232 TuboLED 18W

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.478	3.038	2.820	1.00
2	1.478	0.831	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 2 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 2: Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light source
Average 440 lx, Min: 351 lx, Max: 527 lx, Min/average: 0.80, Min/max: 0.67
Height 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Sala 3

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 50.0%, Walls 50.0%, Floor 20.0%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)				Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 3	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	414 (± 500)	308	480	0.74	0.64			
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m									

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - ensaio EE - EAA02-S3500840	2928	36.0	81.4
Total via all luminaires		5856	72.0	81.3

Lighting power density: 6.19 W/m² (Floor area of room 11.62 m²),
Lighting power density: 12.96 W/m² = 3.03 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
The energy consumption quantities refer to the lights planned for the room without taking into account light scenes and their dimming levels.
Consumption: 200 kWh/a of maximum 450 kWh/a

Sala 3

Cálculo luminária tipo 3 / Perpendicular illuminance

Lumicenter - ensaio IEE EAA02-S3500840

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.039	2.820	1.00
2	1.475	0.828	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 3: Perpendicular illuminance (Grid)
Light source: Light source
Average: 469 lx, Min: 355 lx, Max: 469 lx, Min/average: 0.86, Min/max: 0.76
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Sala 4

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 50.0%, Walls 50.0%, Floor 20.0%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)			Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 4	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	379	(≥ 500)	307	430	0.81	0.71	
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m								

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [m]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - Ensalo IEE - FHT07-S28	3265	58.7	55.6
Total via all luminaires		6530	117.4	55.6

Lighting power density: 10.10 W/m² (Floor area of room 11.62 m²)
Lighting power density: 20.48 W/m² = 5.40 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
The energy consumption quantities refer to the lights planned for the room without taking into account light scenes and their dimming levels.
Consumption: 320 kWh/a of maximum 450 kWh/a

Sala 4

Luminaire - Ensalo EE FHT07-S28

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.043	2.820	1.00
2	1.475	0.829	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 4 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 4: Perpendicular illuminance (Grid)
Light source: Light source
Average: 376 lx, Min: 345 lx, Max: 417 lx, Min/average: 0.91, Min/max: 0.83
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Sala 5

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 50.0%, Walls 50.0%, Floor 20.0%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)			Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 5	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	150 (± 500)	125	167	0.83	0.75		
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m								

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - CHT10-S232ACL - Tubuled 18W	1326	34.7	38.2
Total via all luminaires		2652	69.4	38.2

Lighting power density: 5.97 W/m² (Floor area of room 11.62 m²),
Lighting power density: 12.11 W/m² = 8.06 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
The energy consumption quantities refer to the lights planned for the room without taking into account light scenes and their dimming levels.
Consumption: 190 kWh/a of maximum 450 kWh/a

Sala 5

Cálculo luminária tipo 5 / Perpendicular illuminance

Luminaire: CHT10-S232ACL - TuboLED 18W

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.040	2.820	1.00
2	1.475	0.820	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 5: Perpendicular illuminance (Grid)

Light scenario: Light scene
Average: 150 lx, Min: 136 lx, Max: 164 lx, Min/average: 0.91, Min/max: 0.83
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 50.0%, Walls 50.0%, Floor 20.0%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)			Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 6	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	473	(≥ 500)	379	536	0.80	0.71	
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m								

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [m]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - Ensalo IEE - LCN13-S4000840	4033	36.0	112.1
Total via all luminaires		8066	72.0	112.0

Lighting power density: 6.19 W/m² (Floor area of room 11.62 m²),
Lighting power density: 12.56 W/m² = 2.66 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
The energy consumption quantities refer to the lights planned for the room without taking into account light scenes and their dimming levels.
Consumption: 200 kWh/a of maximum 450 kWh/a

Sala 6

Cálculo luminária tipo 6 / Perpendicular illuminance

Luminairecenter - Ensalo IE LCN13-S4000840

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.039	2.820	1.00
2	1.475	0.820	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 6 / Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light scenario 1
Average: 472 lx, Min: 428 lx, Max: 521 lx, Min/average: 0.91, Min/max: 0.82
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h

Ambientes com mobiliários

Table of contents

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h	3
Luminaire parts list	5
Views	5
Site 1	
Building 1	
Storey 1	
Sala 1	
Room summary	6
Luminaire layout plan	7
Cálculo luminária tipo 1 / Perpendicular illuminance	8
Sala 2	
Room summary	10
Luminaire layout plan	11
Cálculo luminária tipo 2 / Perpendicular illuminance	12
Sala 3	
Room summary	14
Luminaire layout plan	15
Cálculo luminária tipo 3 / Perpendicular illuminance	16
Sala 4	
Room summary	18
Luminaire layout plan	19
Cálculo luminária tipo 4 / Perpendicular illuminance	20
Sala 5	
Room summary	22
Luminaire layout plan	23
Cálculo luminária tipo 5 / Perpendicular illuminance	24
Sala 6	
Room summary	26
Luminaire layout plan	27
Cálculo luminária tipo 6 / Perpendicular illuminance	28

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h

Quantity	Luminaire (Luminous emittance)	
2	<p>Luminaire: Ensalo IEE - CAA02-S232 TuboLED 18W</p> <p>Luminous emittance 1</p> <p>Filling: 1xT5</p> <p>Absolute photometry</p> <p>Luminaire luminous flux: 1326 lm</p> <p>Power: 34.7 W</p> <p>Luminous efficacy: 38.2 lm/W</p> <p>Colorimetric data</p> <p>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>
2	<p>Luminaire: Ensalo IEE - CAA02-S232 TuboLED 18W</p> <p>Luminous emittance 1</p> <p>Filling: 1xTubuled</p> <p>Absolute photometry</p> <p>Luminaire luminous flux: 3361 lm</p> <p>Power: 34.7 W</p> <p>Luminous efficacy: 96.9 lm/W</p> <p>Colorimetric data</p> <p>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>
2	<p>Luminaire: Ensalo IEE - FAA04-S228</p> <p>Luminous emittance 1</p> <p>Filling: 1xT5</p> <p>Absolute photometry</p> <p>Luminaire luminous flux: 3831 lm</p> <p>Power: 62.4 W</p> <p>Luminous efficacy: 61.4 lm/W</p> <p>Colorimetric data</p> <p>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>
2	<p>Luminaire: Ensalo IEE - FH107-S28</p> <p>Luminous emittance 1</p> <p>Filling: 1xT5</p> <p>Absolute photometry</p> <p>Luminaire luminous flux: 3265 lm</p> <p>Power: 58.7 W</p> <p>Luminous efficacy: 55.6 lm/W</p> <p>Colorimetric data</p> <p>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>
2	<p>Luminaire: Ensalo IEE - LCN13-S4000840</p> <p>Luminous emittance 1</p> <p>Filling: 1xled</p> <p>Absolute photometry</p> <p>Luminaire luminous flux: 4033 lm</p> <p>Power: 36.0 W</p> <p>Luminous efficacy: 112.1 lm/W</p> <p>Colorimetric data</p> <p>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h

Quantity	Luminaire (Luminous emittance)	
2	<p>Luminaire: Ensalo IEE - EAA02-S3500840</p> <p>Luminous emittance 1</p> <p>Filling: 1xled</p> <p>Absolute photometry</p> <p>Luminaire luminous flux: 2928 lm</p> <p>Power: 36.0 W</p> <p>Luminous efficacy: 81.4 lm/W</p> <p>Colorimetric data</p> <p>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>

Total lamp luminous flux: 37488 lm, Total luminaire luminous flux: 37488 lm, Total Load: 525.0 W, Luminous efficacy: 71.4 lm/W

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h

Perspectiva

Sala 1

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 50.0%, Walls 50.0%, Floor 20.0%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)				Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 1	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	466	(± 500)	9.58	589	0.02	0.02		
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m									

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - Ensalo IEE - FAA04-S228	3831	62.4	61.4
Total via all luminaires		7662	124.8	61.4

Lighting power density: 10.74 W/m² (Floor area of room 11.62 m²)
Lighting power density: 21.77 W/m² = 4.67 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
The energy consumption quantities refer to the lights planned for the room without taking into account light scenes and their dimming levels.
Consumption: 340 kWh/a of maximum 450 kWh/a

Sala 1

Luminairecenter - Ensalo IE FAA04-S228

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.042	2.820	1.00
2	1.475	0.829	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 1 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 1: Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light scenario 1
Average: 481 lx, Min: 350 lx, Max: 578 lx, Min/average: 0.73, Min/max: 0.61
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Sala 2

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 50.0%, Walls 50.0%, Floor 20.0%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)				Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 2	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	433	(≥ 500)	165	543	0.38	0.30		
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m									

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - Ensalo IEE - CAA02 S232 TuboLED 18W	3361	34.7	96.9
Total via all luminaires		6722	69.4	96.9

Lighting power density: 5.97 W/m² (Floor area of room 11.62 m²),
Lighting power density: 12.35 W/m² = 2.85 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.62 m²)
The energy consumption quantities refer to the lights planned for the room without taking into account light scenes and their dimming levels.
Consumption: 190 kWh/a of maximum 450 kWh/a

Sala 2

Lumicenter - Ensaiso IE CAA02-S232 TuboLED 18W

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.478	3.038	2.820	1.00
2	1.478	0.831	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 2 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 2: Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light scenario 1
Average footcandle: 1.53 lx, Min: 0.53 lx, Max: 5.33 lx, Min/average: 0.75, Min/max: 0.62
Average footcandle: 1.53 lx, Min: 0.53 lx, Max: 5.33 lx, Min/average: 0.75, Min/max: 0.62
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Sala 3

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 50.0%, Walls 50.0%, Floor 20.0%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)				Min	Max	Min/Average	Max/Min
1 Sala teste Tipo 3	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	401	≥ 500	6.69	487	0.02	0.01		
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m									

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - ensaio EE - EAA02-S3500840	2928	36.0	81.4
Total via all luminaires		5856	72.0	81.3

Lighting power density: 6.19 W/m² (Floor area of room 11.62 m²),
Lighting power density: 12.96 W/m² = 3.13 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
The energy consumption quantities refer to the lights planned for the room without taking into account light scenes and their dimming levels.
Consumption: 200 kWh/a of maximum 450 kWh/a

Sala 3

Lumicenter - ensaio IEE EAA02-S3500840

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.039	2.820	1.00
2	1.475	0.828	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 3 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 3: Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light scenario 1
Average: 0.81 lx, Min: 0.354 lx, Max: 0.70 lx, Min/max: 0.70
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Sala 4

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 50.0%, Walls 50.0%, Floor 20.0%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)		Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 4	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	359	(± 500)	7.74	426	0.02	0.02
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m							

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [m]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - Ensalo IEE - FHT07-S28	3265	58.7	55.6
Total via all luminaires		6530	117.4	55.6

Lighting power density: 10.10 W/m² (Floor area of room 11.62 m²)
Lighting power density: 20.48 W/m² = 5.70 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
The energy consumption quantities refer to the lights planned for the room without taking into account light scenes and their dimming levels.
Consumption: 320 kWh/a of maximum 450 kWh/a

Sala 4

Luminaire - Ensalo EE FHT07-S28

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.043	2.820	1.00
2	1.475	0.829	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 4 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 4: Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light scenario 1
Average: 374 lx, Min: 321 lx, Max: 414 lx, Min/average: 0.87, Min/max: 0.78
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Sala 5

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 50.0%, Walls 50.0%, Floor 20.0%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)				Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 5	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	142	(± 500)	28.9	165	0.20	0.18		
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m									

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [m]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - CHT10-S232ACL - TuboLED 18W	1326	34.7	38.2
Total via all luminaires		2652	69.4	38.2

Lighting power density: 5.97 W/m² (Floor area of room 11.62 m²),
Lighting power density: 12.11 W/m² = 8.51 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
The energy consumption quantities refer to the lights planned for the room without taking into account light scenes and their dimming levels.
Consumption: 190 kWh/a of maximum 450 kWh/a

Sala 5

Lumicenter CHT10-S232ACL - TuboLED 18W

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.473	3.040	2.820	1.00
2	1.473	0.829	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 5 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 5: Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light scenario 1
Average height: 1.47 m, Min: 1.25 m, Max: 1.63 m, Min/average: 0.85, Min/max: 0.77
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Sala 6

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 50.0%, Walls 50.0%, Floor 20.0%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)			Min	Max	Min/Average	Max/Min
1 Sala teste Tipo 6	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	448	(≥ 500)	10.1	531	0.02	0.02	
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m								

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - Ensalo IEE - LCN13-S4000840	4033	36.0	112.1
Total via all luminaires		8066	72.0	112.0

Lighting power density: 6.19 W/m² (Floor area of room 11.62 m²),
Lighting power density: 12.56 W/m² = 2.80 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
The energy consumption quantities refer to the lights planned for the room without taking into account light scenes and their dimming levels.
Consumption: 200 kWh/a of maximum 450 kWh/a

Sala 6

Lumicenter - Ensalo IE LCN13-S4000840

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.039	2.820	1.00
2	1.475	0.820	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 6 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 6: Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light scenario 1
Average room height: 4.65 m, Min: 3.88 m, Max: 5.20 m, Min/average: 0.86, Min/max: 0.77
Height: 0.750 m

Table of contents

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h	3
Luminaire parts list	5
Views	5
Site 1	
Building 1	
Storey 1	
Sala 1	
Room summary	6
Luminaire layout plan	7
Cálculo luminária tipo 1 / Perpendicular illuminance	8
Sala 2	
Room summary	10
Luminaire layout plan	11
Cálculo luminária tipo 2 / Perpendicular illuminance	12
Sala 3	
Room summary	14
Luminaire layout plan	15
Cálculo luminária tipo 3 / Perpendicular illuminance	16
Sala 4	
Room summary	18
Luminaire layout plan	19
Cálculo luminária tipo 4 / Perpendicular illuminance	20
Sala 5	
Room summary	22
Luminaire layout plan	23
Cálculo luminária tipo 5 / Perpendicular illuminance	24
Sala 6	
Room summary	26
Luminaire layout plan	27
Cálculo luminária tipo 6 / Perpendicular illuminance	28

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h

Ambientes com mobiliários e cromaticidade

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h

Quantity	Luminaire (Luminous emittance)	
2	<p>Luminaire - Ensalo IEE - CAA02-S232 TuboLED 18W</p> <p>Luminous emittance 1</p> <p>Filling: 1xT5</p> <p>Absolute photometry</p> <p>Luminaire luminous flux: 1326 lm</p> <p>Power: 34.7 W</p> <p>Luminous efficacy: 38.2 lm/W</p> <p>Colorimetric data</p> <p>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>
2	<p>Luminaire - Ensalo IEE - CAA02-S232 TuboLED 18W</p> <p>Luminous emittance 1</p> <p>Filling: 1xTubuled</p> <p>Absolute photometry</p> <p>Luminaire luminous flux: 3361 lm</p> <p>Power: 34.7 W</p> <p>Luminous efficacy: 96.9 lm/W</p> <p>Colorimetric data</p> <p>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>
2	<p>Luminaire - Ensalo IEE - FAA04-S228</p> <p>Luminous emittance 1</p> <p>Filling: 1xT5</p> <p>Absolute photometry</p> <p>Luminaire luminous flux: 3831 lm</p> <p>Power: 62.4 W</p> <p>Luminous efficacy: 61.4 lm/W</p> <p>Colorimetric data</p> <p>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>
2	<p>Luminaire - Ensalo IEE - FH107-S28</p> <p>Luminous emittance 1</p> <p>Filling: 1xT5</p> <p>Absolute photometry</p> <p>Luminaire luminous flux: 3265 lm</p> <p>Power: 58.7 W</p> <p>Luminous efficacy: 55.6 lm/W</p> <p>Colorimetric data</p> <p>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>
2	<p>Luminaire - Ensalo IEE - LCN13-S4000840</p> <p>Luminous emittance 1</p> <p>Filling: 1xled</p> <p>Absolute photometry</p> <p>Luminaire luminous flux: 4033 lm</p> <p>Power: 36.0 W</p> <p>Luminous efficacy: 112.1 lm/W</p> <p>Colorimetric data</p> <p>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h

Quantity	Luminaire (Luminous emittance)	
2	<p>Luminaire - Ensalo IEE - EAA02-S3500840</p> <p>Luminous emittance 1</p> <p>Filling: 1xled</p> <p>Absolute photometry</p> <p>Luminaire luminous flux: 2928 lm</p> <p>Power: 36.0 W</p> <p>Luminous efficacy: 81.4 lm/W</p> <p>Colorimetric data</p> <p>1x: CCT 3000 K, CRI 100</p>	<p>See our luminaire catalog for an image of the luminaire.</p>

Total lamp luminous flux: 37488 lm, Total luminaire luminous flux: 37488 lm, Total Load: 525.0 W, Luminous efficacy: 71.4 lm/W

Calculos célula teste DialuxEVO - 0h

Perspectiva 2

Sala 1

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 45.2%, Walls 34.9%, Floor 13.8%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)			Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 1	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	424 (± 500)	293	546	0.007	0.005		
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m								

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - Ensalo IEE - FAA04-S228	3831	62.4	61.4
Total via all luminaires		7662	124.8	61.4

Lighting power density: 10.74 W/m² (Floor area of room 11.62 m²)
Lighting power density: 21.77 W/m² = 5.14 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
Consumption: 340 kWh/a of maximum 450 kWh/a
The energy consumption quantities do not take into account light scenes and their dimming levels.

Cálculo luminária tipo 1 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 1: Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light source 1
Average: 436 lx, Min: 321 lx, Max: 537 lx, Min/average: 0.73, Min/max: 0.60
Height: 0.750 m

Sala 1

Lumicenter - Ensaio IEE FAA04-S228

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.042	2.820	1.00
2	1.475	0.829	2.820	1.00

Scale: 1 : 25

Sala 2

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 45.2%, Walls 34.9%, Floor 13.8%, Light loss factor: 1.00

Workplane		Average (Target)			
Surface	Result	Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 2	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	397 (≥ 500)	121	508	0.30
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m		0.24			

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - Ensalo IEE - CAA02 S232 TuboLED 18W	3361	34.7	96.9
Total via all luminaires		6722	69.4	96.9

Lighting power density: 5.97 W/m² (Floor area of room 11.62 m²),
Lighting power density: 12.35 W/m² = 3.11 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.62 m²)
Consumption: 190 kWh/a of maximum 450 kWh/a
The energy consumption quantities do not take into account light scenes and their dimming levels.

Cálculo luminária tipo 2 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 2: Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light scenario
Average: 403 lx, Min: 305 lx, Max: 498 lx, Min/average: 0.76, Min/max: 0.61
Height: 0.750 m

Sala 2

Luminairecenter - Ensaiso IEE CAA02-S232 TuboLED 18W

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.478	3.038	2.820	1.00
2	1.478	0.831	2.820	1.00

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Sala 3

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 45.2%, Walls 34.9%, Floor 13.8%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)			Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 3	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	370	(≥ 500)	216	456	0.006	0.005	
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m								

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - ensaio EE - EAA02-S3500840	2928	36.0	81.4
Total via all luminaires		5856	72.0	81.3

Lighting power density: 6.19 W/m² (Floor area of room 11.62 m²),
Lighting power density: 12.56 W/m² = 3.39 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
Consumption: 200 kWh/a of maximum 450 kWh/a

The energy consumption quantities do not take into account light scenes and their dimming levels.

Sala 3

Lumicenter - ensaio IEE EAA02-S3500840

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.039	2.820	1.00
2	1.475	0.828	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 3 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 3: Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light scenario 1
Average room height: 3.85 m, Min: 3.12 m, Max: 4.45 m, Min/average: 0.81, Min/max: 0.70
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Sala 4

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 45.2%, Walls 34.9%, Floor 13.8%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)			Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 4	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	323 (± 500)	276	384	0.009	0.007		
Height: 0.7750 m, Wall zone: 0.500 m								

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - Ensalo IEE - FHT07-S28	3265	58.7	55.6
Total via all luminaires		6530	117.4	55.6

Lighting power density: 10.10 W/m² (Floor area of room 11.62 m²)
Lighting power density: 20.48 W/m² = 6.33 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
Consumption: 320 kWh/a of maximum 450 kWh/a
The energy consumption quantities do not take into account light scenes and their dimming levels.

Sala 4

Luminaire - Ensalo EE FHT07-S28

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.043	2.820	1.00
2	1.475	0.829	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 4 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 4: Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light scenario 1
Average SFC: Min: 255 lx, Max: 374 lx, Min/average: 0.88, Min/max: 0.79
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Sala 5

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 45.2%, Walls 34.9%, Floor 13.8%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)			Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 5	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	128 (± 500)	25.2	149	0.20	0.17		
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m								

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - CHT10-S232ACL - TuboLED 18W	1326	34.7	38.2
Total via all luminaires		2652	69.4	38.2

Lighting power density: 5.97 W/m² (Floor area of room 11.62 m²),
Lighting power density: 12.11 W/m² = 9.49 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
Consumption: 190 kWh/a of maximum 450 kWh/a
The energy consumption quantities do not take into account light scenes and their dimming levels.

Sala 5

Luminaire CHT10-S232ACL - TuboLED 18W

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.043	2.820	1.00
2	1.475	0.830	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 5 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 5: Perpendicular illuminance (Grid)

Light scene: Light scene
Average: 132 lx, Min: 114 lx, Max: 147 lx, Min/average: 0.86, Min/max: 0.78
Height: 0.750 m

Value grid [lx]

Scale: 1 : 25

Sala 6

Clearance height: 2.920 m, Reflection factors: Ceiling 45.2%, Walls 34.9%, Floor 13.8%, Light loss factor: 1.00

Workplane

Surface	Result	Average (Target)			Min	Max	Min/Average	Min/Max
1 Sala teste Tipo 6	Perpendicular illuminance (adaptive) [lx]	404	(≥ 500)	3.58	481	0.009	0.007	
Height: 0.750 m, Wall zone: 0.500 m								

#	Luminaire	Φ(Luminaire) [lm]	Power [W]	Luminous efficacy [lm/W]
2	Lumicenter - Ensalo IEE - LCN13-S4000840	4033	36.0	112.1
Total via all luminaires		8066	72.0	112.0

Lighting power density: 6.19 W/m² (Floor area of room 11.62 m²),
Lighting power density: 12.56 W/m² = 3.11 W/m²/100 lx (Area of working plane 5.73 m²)
Consumption: 200 kWh/a of maximum 450 kWh/a
The energy consumption quantities do not take into account light scenes and their dimming levels.

Sala 6

Lumicenter - Ensalo IE LCN13-S4000840

No.	X [m]	Y [m]	Mounting height [m]	Light loss factor
1	1.475	3.039	2.820	1.00
2	1.475	0.820	2.820	1.00

Cálculo luminária tipo 6 / Perpendicular illuminance

Cálculo luminária tipo 6 / Perpendicular illuminance (Grid)
Light scenario: Light scenario
Average: 416 lx, Min: 365 lx, Max: 470 lx, Min/average: 0.87, Min/max: 0.78
Height: 0.750 m

ANEXO III

MEMORIAIS DE CÁLCULOS

PROGRAMA AGi32

Luminaire Schedule					
Symbol	Qty	Label	Description	Lumens/Lamp	LLF
+	2	FAA04-S228	Tipo 1	N.A.	1.000
+	2	CAA02-S218_tuboLED	Tipo 2	N.A.	1.000
+	2	EAA02-S3500840	Tipo 3	N.A.	1.000
+	2	FHT07-S228	Tipo 4	N.A.	1.000
+	2	LCN13-S4000840	Tipo 6	N.A.	1.000
+	2	CHT10-S232ACL_tuboLED	Tipo 5	N.A.	1.000

Statistical Area Summary						
Label	Avg	Max	Min	Avg/Min	Max/Min	Grid Z
Calculo luminaria tipo 1	480	571	380	1.26	1.50	0.75
Calculo luminaria tipo 2	436	526	345	1.26	1.52	0.75
Calculo luminaria tipo 3	411	466	350	1.18	1.33	0.75
Calculo luminaria tipo 4	376	415	341	1.10	1.22	0.75
Calculo luminaria tipo 5	150	164	135	1.11	1.21	0.75
Calculo luminaria tipo 6	468	519	423	1.11	1.23	0.75

Luminaire Location Summary						
LumNo	Label	X	Y	Z	Orient	Tilt
16	FAA04-S228	1.472	7.229	2.82	0	0
17	FAA04-S228	1.472	5.021	2.82	0	0
18	CAA02-S218_tuboLED	4.522	7.23	2.82	0	0
19	CAA02-S218_tuboLED	4.522	5.026	2.82	0	0
20	EAA02-S3500840	7.579	7.231	2.82	0	0
21	EAA02-S3500840	7.579	5.018	2.82	0	0
22	FHT07-S228	1.475	3.041	2.82	0	0
23	FHT07-S228	1.475	0.832	2.82	0	0
26	LCN13-S4000840	7.574	3.041	2.82	0	0
27	LCN13-S4000840	7.574	0.829	2.82	0	0
28	CHT10-S232ACL_tuboLED	4.524	3.039	2.82	0	0
29	CHT10-S232ACL_tuboLED	4.524	0.825	2.82	0	0

Cálculo célula teste - 0h
Ambientes vazios

Programa Agi32 versão 19.4

Cristiane Mitiko Sato Furuyama

Cálculo célula teste - 0h
Ambientes vazios

Programa Agi32 versão 19.4

Cristiane Mitiko Sato Furuyama

Room Surface Summary			
Room	Label	Color	Reflect.
Sala 1	Floor		0.20
	Wall_1		0.50
	Wall_2		0.50
	Wall_3		0.50
	Wall_4		0.50
	Ceiling		0.50
Sala 2	Floor		0.20
	Wall_1		0.50
	Wall_2		0.50
	Wall_3		0.50
	Wall_4		0.50
	Ceiling		0.50
Sala 3	Floor		0.20
	Wall_1		0.50
	Wall_2		0.50
	Wall_3		0.50
	Wall_4		0.50
	Ceiling		0.50
Sala 4	Floor		0.20
	Wall_1		0.50
	Wall_2		0.50
	Wall_3		0.50
	Wall_4		0.50
	Ceiling		0.50
Sala 5	Floor		0.20
	Wall_1		0.50
	Wall_2		0.50
	Wall_3		0.50
	Wall_4		0.50
	Ceiling		0.50
Sala 6	Floor		0.20
	Wall_1		0.50
	Wall_2		0.50
	Wall_3		0.50
	Wall_4		0.50
	Ceiling		0.50

Cálculo célula teste - 0h
Ambientes vazios

Programa Agi32 versão 19.4

Cristiane Mitiko Sato Furuyama

Page 2 of 4

Cálculo célula teste - 0h
Ambientes vazios

Programa Agi32 versão 19.4

Cristiane Mitiko Sato Furuyama

Page 4 of 4

Luminaire Schedule					
Symbol	Qty	Label	Description	Lumens/Lamp	LLF
+	2	FAA04-S228	Tipo 1	N.A.	1.000
+	2	CAA02-S218_tuboLED	Tipo 2	N.A.	1.000
+	2	EAA02-S3500840	Tipo 3	N.A.	1.000
+	2	FHT07-S228	Tipo 4	N.A.	1.000
+	2	LCN13-S4000840	Tipo 6	N.A.	1.000
+	2	CHT10-S232ACL - TuboLED 18W	Tipo 5	N.A.	1.000

Statistical Area Summary						
Label	Avg	Max	Min	Avg/Min	Max/Min	Grid Z
Calculo luminaria tipo 1	469	581	291	1.61	2.00	0.75
Calculo luminaria tipo 2	436	536	346	1.26	1.55	0.75
Calculo luminaria tipo 3	413	477	308	1.34	1.55	0.75
Calculo luminaria tipo 4	370	418	313	1.18	1.34	0.75
Calculo luminaria tipo 5	147	165	122	1.20	1.35	0.75
Calculo luminaria tipo 6	461	522	387	1.19	1.35	0.75

Luminaire Location Summary						
LumNo	Label	X	Y	Z	Orient	Tilt
16	FAA04-S228	1.472	7.229	2.82	0	0
17	FAA04-S228	1.472	5.021	2.82	0	0
18	CAA02-S218_tuboLED	4.522	7.23	2.82	0	0
19	CAA02-S218_tuboLED	4.522	5.026	2.82	0	0
20	EAA02-S3500840	7.579	7.231	2.82	0	0
21	EAA02-S3500840	7.579	5.018	2.82	0	0
22	FHT07-S228	1.475	3.041	2.82	0	0
23	FHT07-S228	1.475	0.832	2.82	0	0
26	LCN13-S4000840	7.574	3.041	2.82	0	0
27	LCN13-S4000840	7.574	0.829	2.82	0	0
28	CHT10-S232ACL - TuboLED 18W	4.525	3.042	2.82	0	0
29	CHT10-S232ACL - TuboLED 18W	4.525	0.827	2.82	0	0

Cálculo célula teste - 0h
Ambientes com mobiliário

Programa Agi32 versão 19.4

Cristiane Mitiko Sato Furuyama

Page 1 of 4

Room Surface Summary			
Room	Label	Color	Reflect.
Sala 1	Floor		0.20
	Wall_1		0.50
	Wall_2		0.50
	Wall_3		0.50
	Wall_4		0.50
	Ceiling		0.50
Sala 2	Floor		0.20
	Wall_1		0.50
	Wall_2		0.50
	Wall_3		0.50
	Wall_4		0.50
	Ceiling		0.50
Sala 3	Floor		0.20
	Wall_1		0.50
	Wall_2		0.50
	Wall_3		0.50
	Wall_4		0.50
	Ceiling		0.50
Sala 4	Floor		0.20
	Wall_1		0.50
	Wall_2		0.50
	Wall_3		0.50
	Wall_4		0.50
	Ceiling		0.50
Sala 5	Floor		0.20
	Wall_1		0.50
	Wall_2		0.50
	Wall_3		0.50
	Wall_4		0.50
	Ceiling		0.50
Sala 6	Floor		0.20
	Wall_1		0.50
	Wall_2		0.50
	Wall_3		0.50
	Wall_4		0.50
	Ceiling		0.50

Cálculo célula teste - 0h
Ambientes com mobiliário

Programa Agi32 versão 19.4

Cristiane Mitiko Sato Furuyama

Page 2 of 4

Cálculo célula teste - 0h
Ambientes com mobiliário

Programa Agi32 versão 19.4

Cristiane Mitiko Sato Furuyama

Page 3 of 4

Cálculo célula teste - 0h
Ambientes com mobiliário

Programa Agi32 versão 19.4

Cristiane Mitiko Sato Furuyama

Page 4 of 4

Luminaire Schedule					
Symbol	Qty	Label	Description	Lumens/Lamp	LLF
+	2	FAA04-S228	Tipo 1	N.A.	1.000
+	2	CAA02-S218_tuboLED	Tipo 2	N.A.	1.000
+	2	EAA02-S3500840	Tipo 3	N.A.	1.000
+	2	FHT07-S228	Tipo 4	N.A.	1.000
+	2	LCN13-S4000840	Tipo 6	N.A.	1.000
+	2	CHT10-S232ACL_tuboLED	Tipo 5	N.A.	1.000

Statistical Area Summary						
Label	Avg	Max	Min	Avg/Min	Max/Min	Grid Z
Calculo luminaria tipo 1	503	615	326	1.54	1.89	0.75
Calculo luminaria tipo 2	466	566	371	1.26	1.53	0.75
Calculo luminaria tipo 3	440	504	335	1.31	1.50	0.75
Calculo luminaria tipo 4	401	451	345	1.16	1.31	0.75
Calculo luminaria tipo 5	160	180	136	1.18	1.32	0.75
Calculo luminaria tipo 6	499	562	426	1.17	1.32	0.75

Luminaire Location Summary						
LumNo	Label	X	Y	Z	Orient	Tilt
16	FAA04-S228	1.472	7.229	2.82	0	0
17	FAA04-S228	1.472	5.021	2.82	0	0
18	CAA02-S218_tuboLED	4.522	7.23	2.82	0	0
19	CAA02-S218_tuboLED	4.522	5.026	2.82	0	0
20	EAA02-S3500840	7.579	7.231	2.82	0	0
21	EAA02-S3500840	7.579	5.018	2.82	0	0
22	FHT07-S228	1.475	3.041	2.82	0	0
23	FHT07-S228	1.475	0.832	2.82	0	0
26	LCN13-S4000840	7.574	3.041	2.82	0	0
27	LCN13-S4000840	7.574	0.829	2.82	0	0
28	CHT10-S232ACL_tuboLED	4.526	3.04	2.82	0	0
29	CHT10-S232ACL_tuboLED	4.526	0.83	2.82	0	0

Cálculo célula teste - 0h
Ambientes mobiliados e cromatizados

Programa Agi32 versão 19.4

Cristiane Mitiko Sato Furuyama

Page 1 of 4

Cálculo célula teste - 0h
Ambientes mobiliados e cromatizados

Programa Agi32 versão 19.4

Cristiane Mitiko Sato Furuyama

Page 3 of 4

Room Surface Summary			
Room	Label	Color	Reflect.
Sala 1	Floor		0.41
	Wall_1		0.66
	Wall_2		0.66
	Wall_3		0.66
	Wall_4		0.66
	Ceiling		0.43
Sala 2	Floor		0.41
	Wall_1		0.66
	Wall_2		0.66
	Wall_3		0.66
	Wall_4		0.66
	Ceiling		0.43
Sala 3	Floor		0.41
	Wall_1		0.66
	Wall_2		0.66
	Wall_3		0.66
	Wall_4		0.66
	Ceiling		0.43
Sala 4	Floor		0.41
	Wall_1		0.66
	Wall_2		0.66
	Wall_3		0.66
	Wall_4		0.66
	Ceiling		0.43
Sala 5	Floor		0.41
	Wall_1		0.66
	Wall_2		0.66
	Wall_3		0.66
	Wall_4		0.66
	Ceiling		0.43
Sala 6	Floor		0.41
	Wall_1		0.66
	Wall_2		0.66
	Wall_3		0.66
	Wall_4		0.66
	Ceiling		0.43

Cálculo célula teste - 0h
Ambientes mobiliados e cromatizados

Programa Agi32 versão 19.4

Cristiane Mitiko Sato Furuyama

Page 2 of 4

Cálculo célula teste - 0h
Ambientes mobiliados e cromatizados

Programa Agi32 versão 19.4

Cristiane Mitiko Sato Furuyama

Page 4 of 4

ANEXO IV

MEMORIAIS DE CÁLCULOS

PROGRAMA RELUX

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number :
Date : 15.01.2019

Installation :

Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Customer :
Processed by :
Date : 15.01.2019

Project description:
Ambientes vazios - 0h

The following values are based on exact calculations on calibrated lamps, luminaires and their arrangement. In practice, gradual divergences can occur.

Guarantee claims for luminaire data are excluded.

Relux and the luminaire manufacturers accept no liability for consequential damage and damage which is occasioned to the user or to third parties.

Table of contents

First Page	1
Table of contents	2
1 Luminaire data	4
1.1 Lumicenter - Ensaio IEE, FAA04-S228 (Luminaria_aletas_2x28W.ies)	5
1.1.1 Data sheet	6
1.2 Lumicenter - Ensaio IEE, CAA02-S232 TuboLED 18W... (Luminaria_aleta...)	7
1.2.1 Data sheet	8
1.3 Lumicenter - ensaio IEE, EAA02-S3500840 (Luminaria_aletas_LED.ies)	9
1.3.1 Data sheet	10
1.4 Lumicenter - Ensaio IEE, FHT07-S28 (Luminaria_diffusor_2x28W.ies)	11
1.4.1 Data sheet	12
1.5 Lumicenter - Ensaio IEE, LCN13-S4000840 (Luminaria_diffusor_LED.ies)	13
1.5.1 Data sheet	14
1.6 Lumicenter, CHT10-S232ACL - TuboLE... (Luminaria_diffusor...)	15
1.6.1 Data sheet	16
Description, Célula teste - 0h - sala vazia	17
1 Floor 3D	18
1 Sala - Tipo 1	19
1.1 Description, Sala - Tipo 1	20
1.1.1 Floor plan	21
1.2 Summary, Sala - Tipo 1	22
1.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 1	23
1.3 Calculation results, Sala - Tipo 1	24
1.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 1 (E)	25
2 Sala - Tipo 2	26
2.1 Description, Sala - Tipo 2	27
2.1.1 Floor plan	28
2.2 Summary, Sala - Tipo 2	29
2.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 2	30
2.3 Calculation results, Sala - Tipo 2	31
2.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 2 (E)	32
3 Sala - Tipo 3	33
3.1 Description, Sala - Tipo 3	34
3.1.1 Floor plan	35
3.2 Summary, Sala - Tipo 3	36
3.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 3	37
3.3 Calculation results, Sala - Tipo 3	38
3.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 3 (E)	39
4 Sala - Tipo 4	40
4.1 Description, Sala - Tipo 4	41
4.1.1 Floor plan	42
4.2 Summary, Sala - Tipo 4	43
4.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 4	44
4.3 Calculation results, Sala - Tipo 4	45
4.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 4 (E)	46
5 Sala - Tipo 5	47
5.1 Description, Sala - Tipo 5	48
5.1.1 Floor plan	49
5.2 Summary, Sala - Tipo 5	50
5.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 5	51
5.3 Calculation results, Sala - Tipo 5	52
5.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 5 (E)	53
6 Sala - Tipo 6	54
6.1 Description, Sala - Tipo 6	55
6.1.1 Floor plan	56
6.2 Summary, Sala - Tipo 6	57
6.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 6	58

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number :
Date : 15.01.2019

Table of contents

6.3 Calculation results, Sala - Tipo 6
6.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 6 (E)

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number :
Date : 15.01.2019

1 Luminaire data

1.1 Lumicenter - Ensaio IEE, FAA04-S228 (Luminaria_aletas_2x28W.ies)

1.1.1 Data sheet

Manufacturer: Lumicenter - Ensaio IEE

Luminaria_aletas_2x28W.ies FAA04-S228

Luminaire data

Absolute Photometry : 61.79 lm/W
Luminaire efficacy : A50 ↓ 100.0% ↑ 0.0%
Classification : 51 95 100 100 100
CIE Flux Codes : 17.8 / 18.8
UGR 4H 8H : 62 W
Power : 3831 lm
Luminous flux :
Dimensions : 260 mm x 1140 mm x 1 mm

Equipped with

Quantity : 1
Designation : T5
Colour :

Manufacturer: Lumicenter - ensaio IEE		
Luminaria_aletas_LED.ies	EAA02-S3500840	
Luminaire data		
Absolute Photometry		Equipped with
Luminaire efficacy	: 81.33 lm/W	Quantity
Classification	: A50 ↓100.0% ↑0.0%	Designation
CIE Flux Codes	: 66 96 100 100 100	Colour
UGR 4H 8H	: 16.3 / 15.0	
Power	: 36 W	
Luminous flux	: 2928 lm	
Dimensions	: 210 mm x 1143 mm x 1 mm

Manufacturer: Lumicenter - Ensaio IEE		
Luminaria_aletas_tuboLED.ies	CAA02-S232 TuboLED 18W	
Luminaire data		
Absolute Photometry		Equipped with
Luminaire efficacy	: 96.03 lm/W	Quantity
Classification	: A50 ↓100.0% ↑0.0%	Designation
CIE Flux Codes	: 58 93 100 100 100	Colour
UGR 4H 8H	: 16.2 / 18.8	
Power	: 35 W	
Luminous flux	: 3361 lm	
Dimensions	: 220 mm x 1220 mm x 1 mm

Manufacturer: Lumicenter - Ensaio IEE

Luminaria_difusor_LED.ies	LCN13-S4000840
Luminaire data	
Absolute Photometry	
Luminaire efficacy	: 112.03 lm/W
Classification	: A40 ↓100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes	: 49 80 96 100 100
UGR 4H 8H	: 24.3 / 23.6
Power	: 36 W
Luminous flux	: 4033 lm
Dimensions	: 110 mm x 1187 mm x 1 mm

Equipped with
Quantity : 1
Designation : led
Colour :

Manufacturer: Lumicenter - Ensaio IEE

Luminaria_difusor_2x28W.ies	FHT07-S28
Luminaire data	
Absolute Photometry	
Luminaire efficacy	: 55.34 lm/W
Classification	: A40 ↓100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes	: 48 80 96 100 100
UGR 4H 8H	: 22.2 / 21.9
Power	: 59 W
Luminous flux	: 3265 lm
Dimensions	: 160 mm x 1180 mm x 1 mm

Equipped with
Quantity : 1
Designation : T5
Colour :

Description, Célula teste - 0h - sala vazia

.1 Floor 3D

1 Luminaire data

1.6 Lumicenter, CHT10-S232ACL - TuboLE... (Luminaria_difus...)

1.6.1 Data sheet

Manufacturer: Lumicenter

Luminaria_difusor_TuboLEDies

CHT10-S232ACL - TuboLED 18W

Luminaire data

Absolute Photometry

Luminaire efficacy

Classification

CIE Flux Codes

UGR 4H 8H

Power

Luminous flux

Dimensions

: 37.89 lm/W

: A40 ↓100.0% ↑0.0%

: 47.79 96 100 100

: 18.3/ 18.4

: 35 W

: 1326 lm

: 200 mm x 1243 mm x 1 mm

Equipped with

Quantity

Designation

Colour

: 1

: led

:

:

1 Sala - Tipo 1

1.2 Summary, Sala - Tipo 1

1.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 1

General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Maintenance factor

Average indirect fraction
0.75 m
2.82 m
1.00

Total luminous flux of all lamps
Total power
Total power per area (11.62 m²)

7662 lm
124 W
10.67 W/m²

Illuminance
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity U₀
Diversity U_d

Eav
Emin
Emax
Emin/Em
Emin/Emax

461 lx
378 lx
533 lx
1:1.22 (0.82)
1:1.41 (0.71)

Type No./Make
Lumicenter - Ensalo IEE
Order No.
Luminaire name
Equipment

1 2
: Luminaria aletas_2x28W.ies
: FAA04-S228
: 1 x T5 62 W / 3831 lm

1 Sala - Tipo 1

1.1 Description, Sala - Tipo 1

1.1.1 Floor plan

General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Maintenance factor

Average indirect fraction
0.75 m
2.82 m
1.00

Total luminous flux of all lamps
Total power
Total power per area (11.62 m²)

7662 lm
124 W
10.67 W/m²

Illuminance
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity U₀
Diversity U_d

Eav
Emin
Emax
Emin/Em
Emin/Emax

461 lx
378 lx
533 lx
1:1.22 (0.82)
1:1.41 (0.71)

Type No./Make
Lumicenter - Ensalo IEE
Order No.
Luminaire name
Equipment

1 2
: Luminaria aletas_2x28W.ies
: FAA04-S228
: 1 x T5 62 W / 3831 lm

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

1 Sala - Tipo 1

1.3 Calculation results, Sala - Tipo 1

1.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 1 (E)

[m]	379	435	435	(378)
2.4	442	505	504	440
2.0				
1.6	465	526	527	466
1.2	468	531	[533]	471
0.8	447	511	512	448
0.4	380	437	437	381
	0.4	0.8	1.2	1.6
	Illuminance [lx]			

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

2 Sala - Tipo 2

2.1 Description, Sala - Tipo 2

2.1.1 Floor plan

Height reference plane	: 0.75 m
Average illuminance	: 461 lx
Minimum illuminance	: 378 lx
Maximum illuminance	: 533 lx
Uniformity Uo	: 1 : 1.22 (0.82)
Diversity Ud	: 1 : 1.41 (0.71)

Wall	X	Y	Length	Reflectance
1	3.25 m	4.24 m	3.94 m	50.0 %
2	6.20 m	4.24 m	2.95 m	50.0 %
3	6.20 m	8.18 m	3.94 m	50.0 %
4	3.25 m	8.18 m	2.95 m	50.0 %
Floor				20.0 %
Ceiling				50.0 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation :
Project number :
Date :

Simulação Célula teste Relux 2018
15.01.2019

RELUX®

2 Sala - Tipo 2

2.2 Summary, Sala - Tipo 2

2.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 2

General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Maintenance factor

Average indirect fraction
0.75 m
2.82 m
1.00

Total luminous flux of all lamps
Total power
Total power per area (11.62 m²)

6722 lm
70 W
6.02 W/m²

Illuminance

Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity Uo
Diversity Ud

Eav
Emin
Emax
Emin/Em
Emin/Emax

419 lx
334 lx
502 lx
1:1.25 (0.8)
1:1.5 (0.67)

Type No. Make

Lumicenter - Ensato IEE

2 2
Order No.
Luminaire name
Equipment

: Luminaria aletas tubolED ies
: CAA02-S232 TubolED 18W
: 1 x tubolied 35 W / 3361 lm

Object :
Installation :
Project number :
Date :

Simulação Célula teste Relux 2018
15.01.2019

RELUX®

2 Sala - Tipo 2

2.3 Calculation results, Sala - Tipo 2

2.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 2 (E)

Height reference plane
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity Uo
Diversity Ud

Eav
Emin
Emax
Emin/Eav
Emin/Emax

: 0.75 m
: 419 lx
: 334 lx
: 502 lx
: 1 : 1.25 (0.80)
: 1 : 1.50 (0.67)

3 Sala - Tipo 3

3.2 Summary, Sala - Tipo 3

3.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 3

General
Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 2.82 m
Maintenance factor : 1.00
Total luminous flux of all lamps : 5856 lm
Total power : 72 W
Total power per area (11.62 m²) : 6.19 W/m²

Illuminance
Average illuminance : Eav 396 lx
Minimum illuminance : Emin 340 lx
Maximum illuminance : Emax 450 lx
Uniformity Uo : 1:1.16 (0.86)
Diversity Ud : 1:1.32 (0.76)

Type No. IMake

Lumicenter - ensaio IEE
Order No. : Luminaria alelas_LED.ies
Luminaire name : EAA02-S3500840
Equipment : 1 x led 36 W / 2928 lm

3 Sala - Tipo 3

3.1 Description, Sala - Tipo 3

3.1.1 Floor plan

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	6.30 m	4.24 m	3.94 m	50.0 %
2	9.25 m	4.24 m	2.95 m	50.0 %
3	9.25 m	8.18 m	3.94 m	50.0 %
4	6.30 m	8.18 m	2.95 m	50.0 %
Floor				20.0 %
Ceiling				50.0 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

3 Sala - Tipo 3

3.3 Calculation results, Sala - Tipo 3

3.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 3 (E)

[m]	(340)	401	401	342
2.4	365	431	432	369
2.0	384	447	[450]	388
1.6	385	448	448	386
1.2	368	431	431	369
0.8	341	403	404	342
0.4				
	0.4	0.8	1.2	1.6
	Illuminance [lx]			

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

4 Sala - Tipo 4

4.1 Description, Sala - Tipo 4

4.1.1 Floor plan

Height reference plane	: 0.75 m
Average illuminance	: 396 lx
Minimum illuminance	: 340 lx
Maximum illuminance	: 450 lx
Uniformity Uo	: 1 : 1.16 (0.86)
Diversity Ud	: 1 : 1.32 (0.76)

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	0.20 m	0.05 m	3.94 m	50.0 %
2	3.15 m	0.05 m	2.95 m	50.0 %
3	3.15 m	3.99 m	3.94 m	50.0 %
4	0.20 m	3.99 m	2.95 m	50.0 %
Floor				20.0 %
Ceiling				50.0 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date :

4 Sala - Tipo 4

4.2 Summary, Sala - Tipo 4

4.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 4

General
Calculation algorithm used :
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 2.82 m
Maintenance factor : 1.00

Total luminous flux of all lamps : 6530 lm
Total power : 118 W
Total power per area (11.62 m²) : 10.15 W/m²

Illuminance
Average illuminance : 359 lx
Minimum illuminance : 328 lx
Maximum illuminance : 391 lx
Uniformity Uo : 1:1.09 (0.91)
Diversity Ud : 1:1.19 (0.84)

Type No. Make

Lumicenter - Ensato IEE
4 2 Order No. : Luminaria difusor_2x28W ies
Luminaire name : FHT07-S28
Equipment : 1 x T5 59 W / 3265 lm

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date :

4 Sala - Tipo 4

4.3 Calculation results, Sala - Tipo 4

4.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 4 (E)

[m]	(328)	378	381	333
2.4	344	[391]	390	342
2.0	333	375	375	333
1.6	332	374	374	332
1.2	341	389	390	343
0.8	337	386	384	333
0.4				
	0.4	0.8	1.2	1.6
	Illuminance [lx]

Height reference plane : 0.75 m
Average illuminance : 359 lx
Minimum illuminance : 328 lx
Maximum illuminance : 391 lx
Uniformity Uo : 1 : 1.09 (0.91)
Diversity Ud : 1 : 1.19 (0.84)

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date :

5 Sala - Tipo 5

5.1 Description, Sala - Tipo 5

5.1.1 Floor plan

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	3.25 m	0.05 m	3.94 m	50.0 %
2	6.20 m	0.05 m	2.95 m	50.0 %
3	6.20 m	3.99 m	3.94 m	50.0 %
4	3.25 m	3.99 m	2.95 m	50.0 %
Floor				20.0 %
Ceiling				50.0 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date :

5 Sala - Tipo 5

5.2 Summary, Sala - Tipo 5

5.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 5

General
Calculation algorithm used : High indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 2.82 m
Maintenance factor : 1.00
Total luminous flux of all lamps : 2652 lm
Total power : 70 W
Total power per area (11.62 m²) : 6.02 W/m²

Illuminance
Average illuminance : 145 lx
Minimum illuminance : 132 lx
Maximum illuminance : 158 lx
Uniformity Uo : 1:1.1 (0.91)
Diversity Ud : 1:1.19 (0.84)

Type No.1Make
Lumicenter : Luminaire difusor TuboLED ies
Order No. : CHT10-S232ACL - TuboLED 18W
Luminaire name : 1 x led 35 W / 1326 lm
Equipment :

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

5 Sala - Tipo 5

5.3 Calculation results, Sala - Tipo 5

5.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 5 (E)

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

6 Sala - Tipo 6

6.1 Description, Sala - Tipo 6

6.1.1 Floor plan

Height reference plane : 0.75 m
Average illuminance : 145 lx
Minimum illuminance : 132 lx
Maximum illuminance : 158 lx
Uniformity Uo : 1 : 1.10 (0.91)
Diversity Ud : 1 : 1.19 (0.84)

Wall	X	Y	Length	Reflectance
1	6.30 m	0.05 m	3.94 m	50.0 %
2	9.25 m	0.05 m	2.95 m	50.0 %
3	9.25 m	3.99 m	3.94 m	50.0 %
4	6.30 m	3.99 m	2.95 m	50.0 %
Floor				20.0 %
Ceiling				50.0 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation :
Project number :
Date :

Simulação Célula teste Relux 2018
15.01.2019

6 Sala - Tipo 6

6.2 Summary, Sala - Tipo 6

6.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 6

General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Maintenance factor

Average indirect fraction
0.75 m
2.82 m
1.00

Total luminous flux of all lamps
Total power
Total power per area (11.62 m²)

8066 lm
72 W
6.19 W/m²

Illuminance
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity Uo
Diversity Ud

Eav
Emin
Emax
Emin/Em
Emin/Emax

448 lx
408 lx
489 lx
1:1.1 (0.91)
1:1.2 (0.84)

Type No. Make

Lumicenter - Ensato IEE

5 2
Order No.
Luminaire name
Equipment

: Luminaria difusor_LED ies
: LCN13-S4000840
: 1 x led 36 W / 4033 lm

Object :
Installation :
Project number :
Date :

Simulação Célula teste Relux 2018
15.01.2019

6 Sala - Tipo 6

6.3 Calculation results, Sala - Tipo 6

6.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 6 (E)

[m]	(408)	473	473	410
2.4	427	[489]	488	426
2.0	415	471	471	416
1.6	414	469	470	416
1.2	424	487	488	427
0.8	415	479	481	417
0.4	0.4	0.8	1.2	1.6
	Illuminance [lx]

Height reference plane
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity Uo
Diversity Ud

Eav
Emin
Emax
Emin/Eav
Emin/Emax

: 0.75 m
: 448 lx
: 408 lx
: 489 lx
: 1 : 1.10 (0.91)
: 1 : 1.20 (0.84)

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number :
Date : 15.01.2019

Installation :

Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Customer :
Processed by :
Date : 15.01.2019

Project description:
Ambientes com mobiliário - 0h

The following values are based on exact calculations on calibrated lamps, luminaires and their arrangement. In practice, gradual divergences can occur.

Guarantee claims for luminaire data are excluded.

Relux and the luminaire manufacturers accept no liability for consequential damage and damage which is occasioned to the user or to third parties.

Table of contents

First Page	1
Table of contents	2
1 Luminaire data	4
1.1 Lumicenter - Ensaio IEE, FAA04-S228 (Luminaria_aletas_2x28W.ies)	5
1.1.1 Data sheet	6
1.2 Lumicenter - Ensaio IEE, CAA02-S232 TuboLED 18W... (Luminaria_aleta...)	7
1.2.1 Data sheet	8
1.3 Lumicenter - ensaio IEE, EAA02-S3500840 (Luminaria_aletas_LED.ies)	9
1.3.1 Data sheet	10
1.4 Lumicenter - Ensaio IEE, FHT07-S28 (Luminaria_diffusor_2x28W.ies)	11
1.4.1 Data sheet	12
1.5 Lumicenter - Ensaio IEE, LCN13-S4000840 (Luminaria_diffusor_LED.ies)	13
1.5.1 Data sheet	14
1.6 Lumicenter, CHT10-S232ACL - TuboLE... (Luminaria_diffusor...)	15
1.6.1 Data sheet	16
Description, Célula teste - 0h	17
1 Floor 3D	18
1 Sala - Tipo 1	19
1.1 Description, Sala - Tipo 1	20
1.1.1 Floor plan	21
1.2 Summary, Sala - Tipo 1	22
1.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 1	23
1.3 Calculation results, Sala - Tipo 1	24
1.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 1 (E)	25
2 Sala - Tipo 2	26
2.1 Description, Sala - Tipo 2	27
2.1.1 Floor plan	28
2.2 Summary, Sala - Tipo 2	29
2.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 2	30
2.3 Calculation results, Sala - Tipo 2	31
2.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 2 (E)	32
3 Sala - Tipo 3	33
3.1 Description, Sala - Tipo 3	34
3.1.1 Floor plan	35
3.2 Summary, Sala - Tipo 3	36
3.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 3	37
3.3 Calculation results, Sala - Tipo 3	38
3.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 3 (E)	39
4 Sala - Tipo 4	40
4.1 Description, Sala - Tipo 4	41
4.1.1 Floor plan	42
4.2 Summary, Sala - Tipo 4	43
4.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 4	44
4.3 Calculation results, Sala - Tipo 4	45
4.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 4 (E)	46
5 Sala - Tipo 5	47
5.1 Description, Sala - Tipo 5	48
5.1.1 Floor plan	49
5.2 Summary, Sala - Tipo 5	50
5.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 5	51
5.3 Calculation results, Sala - Tipo 5	52
5.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 5 (E)	53
6 Sala - Tipo 6	54
6.1 Description, Sala - Tipo 6	55
6.1.1 Floor plan	56
6.2 Summary, Sala - Tipo 6	57
6.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 6	58

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number :
Date : 15.01.2019

Table of contents

6.3 Calculation results, Sala - Tipo 6
6.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 6 (E)

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number :
Date : 15.01.2019

1 Luminaire data

1.1 Lumicenter - Ensaio IEE, FAA04-S228 (Luminaria_aletas_2x28W.ies)

1.1.1 Data sheet

Manufacturer: Lumicenter - Ensaio IEE

Luminaria_aletas_2x28W.ies FAA04-S228

Luminaire data

Absolute Photometry : 61.79 lm/W
Luminaire efficacy : A50 ↓ 100.0% ↑ 0.0%
Classification : 51 95 100 100 100
CIE Flux Codes : 17.8 / 18.8
UGR 4H 8H : 62 W
Power : 3831 lm
Luminous flux :
Dimensions : 260 mm x 1140 mm x 1 mm

Equipped with

Quantity : 1
Designation : T5
Colour :

Manufacturer: Lumicenter - Ensaio IEE			
Luminaria_aletas_tuboLED.ies	CAA02-S232 TuboLED 18W		
Luminaire data			
Absolute Photometry		Equipped with	
Luminaire efficacy	: 96.03 lm/W	Quantity	: 1
Classification	: A50 ↓100.0% ↑0.0%	Designation	: tuboled
CIE Flux Codes	: 58.93 100 100 100	Colour	:
UGR 4H 8H	: 16.2 / 18.8		
Power	: 35 W		
Luminous flux	: 3361 lm		
Dimensions	: 220 mm x 1220 mm x 1 mm

Manufacturer: Lumicenter - ensaio IEE			
Luminaria_aletas_LED.ies	EAA02-S3500840		
Luminaire data			
Absolute Photometry		Equipped with	
Luminaire efficacy	: 81.33 lm/W	Quantity	: 1
Classification	: A50 ↓100.0% ↑0.0%	Designation	: led
CIE Flux Codes	: 66.96 100 100 100	Colour	:
UGR 4H 8H	: 16.3 / 15.0		
Power	: 36 W		
Luminous flux	: 2928 lm		
Dimensions	: 210 mm x 1143 mm x 1 mm		

Manufacturer: Lumicenter - Ensaio IEE			
Luminaria_diffusor_LED.ies	LCN13-S4000840		
Luminaire data			
Absolute Photometry		Equipped with	
Luminaire efficacy	: 112.03 lm/W	Quantity	: 1
Classification	: A40 ↓ 100.0% ↑ 0.0%	Designation	: led
CIE Flux Codes	: 49 80 96 100 100	Colour	:
UGR 4H 8H	: 24.3 / 23.6		
Power	: 36 W		
Luminous flux	: 4033 lm		
Dimensions	: 110 mm x 1187 mm x 1 mm

Manufacturer: Lumicenter - Ensaio IEE			
Luminaria_diffusor_2x28W.ies	FHT07-S28		
Luminaire data			
Absolute Photometry		Equipped with	
Luminaire efficacy	: 55.34 lm/W	Quantity	: 1
Classification	: A40 ↓100.0% ↑0.0%	Designation	: T5
CIE Flux Codes	: 48 80 96 100 100	Colour	:
UGR 4H 8H	: 22.2 / 21.9		
Power	: 59 W		
Luminous flux	: 3265 lm		
Dimensions	: 160 mm x 1180 mm x 1 mm

Description, Célula teste - 0h
.1 Floor 3D

1 Luminaire data
1.6 Lumicenter, CHT10-S232ACL - TuboLE... (Luminaria_difus...)
1.6.1 Data sheet

Manufacturer: Lumicenter

Luminaria_difusor_TuboLEDies	CHT10-S232ACL - TuboLED 18W	
Luminaire data		
Absolute Photometry		
Luminaire efficacy	: 37.89 lm/W	: 1
Classification	: A40 ↓100.0% ↑0.0%	: led
CIE Flux Codes	: 47 79 96 100 100	
UGR 4h 8h	: 18.3 / 18.4	
Power	: 35 W	
Luminous flux	: 1326 lm	
Dimensions	: 200 mm x 1243 mm x 1 mm

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date :

RELUX®

1 Sala - Tipo 1

1.1 Description, Sala - Tipo 1

1.1.1 Floor plan

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	0.20 m	4.24 m	3.94 m	50.0 %
2	3.15 m	4.24 m	2.95 m	50.0 %
3	3.15 m	8.18 m	3.94 m	50.0 %
4	0.20 m	8.18 m	2.95 m	50.0 %
Floor				20.0 %
Ceiling				50.0 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date :

RELUX®

1 Sala - Tipo 1

1.2 Summary, Sala - Tipo 1

1.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 1

General
Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 2.82 m
Maintenance factor : 1.00
Total luminous flux of all lamps : 7662 lm
Total power : 124 W
Total power per area (11.62 m²) : 10.67 W/m²

Illuminance
Average illuminance : Eav 459 lx
Minimum illuminance : Emin 347 lx
Maximum illuminance : Emax 549 lx
Uniformity Uo : 1:1.32 (0.76)
Diversity Ud : 1:1.58 (0.63)

Type No. iMake

Lumicenter - Ensalo IEE
1 2 Order No. : Luminaria aletas_2x28W.ies
Luminaire name : FAA04-S228
Equipment : 1 x T5 62 W / 3831 lm

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

RELUX®

1 Sala - Tipo 1

1.3 Calculation results, Sala - Tipo 1

1.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 1 (E)

[m]	380	430	423 (347)
2.4	446	446	499 431
2.0			
1.6	469	526	543 472
1.2	475	544 [549]	472
0.8	450	515	518 438
0.4	381	443	443 379
	0.4	0.8	1.2 1.6 [m]
	Illuminance [lx]		

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

RELUX®

2 Sala - Tipo 2

2.1 Description, Sala - Tipo 2

2.1.1 Floor plan

Height reference plane	: 0.75 m
Average illuminance	: 459 lx
Minimum illuminance	: 347 lx
Maximum illuminance	: 549 lx
Uniformity Uo	: 1 : 1.32 (0.76)
Diversity Ud	: 1 : 1.58 (0.63)

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	3.25 m	4.24 m	3.94 m	50.0 %
2	6.20 m	4.24 m	2.95 m	50.0 %
3	6.20 m	8.18 m	3.94 m	50.0 %
4	3.25 m	8.18 m	2.95 m	50.0 %
Floor				20.0 %
Ceiling				50.0 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation :
Project number :
Date :

Simulação Célula teste Relux 2018
15.01.2019

2 Sala - Tipo 2

2.2 Summary, Sala - Tipo 2

2.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 2

General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Maintenance factor

Average indirect fraction
0.75 m
2.82 m
1.00

Total luminous flux of all lamps
Total power
Total power per area (11.62 m²)

6722 lm
70 W
6.02 W/m²

Illuminance

Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity Uo
Diversity Ud

Eav
Emin
Emax
Emin/Em
Emin/Emax

417 lx
311 lx
512 lx
1:1.34 (0.75)
1:1.65 (0.61)

Type No. Make

Lumicenter - Ensato IEE

2 2
Order No.
Luminaire name
Equipment

: Luminaria aletas tubolED ies
: CAA02-S232 TubolED 18W
: 1 x tubolied 35 W / 3361 lm

Object :
Installation :
Project number :
Date :

Simulação Célula teste Relux 2018
15.01.2019

2 Sala - Tipo 2

2.3 Calculation results, Sala - Tipo 2

2.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 2 (E)

Height reference plane
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity Uo
Diversity Ud

Eav
Emin
Emax
Emin/Eav
Emin/Emax

: 0.75 m
: 417 lx
: 311 lx
: 512 lx
: 1 : 1.34 (0.75)
: 1 : 1.65 (0.61)

3 Sala - Tipo 3

3.2 Summary, Sala - Tipo 3

3.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 3

General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Maintenance factor
Total luminous flux of all lamps
Total power
Total power per area (11.62 m²)

Illuminance
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity U₀
Diversity U_d

Type No. iMake
Lumicenter - ensaio IEE
Order No.
Luminaire name
Equipment

3 Sala - Tipo 3

3.1 Description, Sala - Tipo 3

3.1.1 Floor plan

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	6.30 m	4.24 m	3.94 m	50.0 %
2	9.25 m	4.24 m	2.95 m	50.0 %
3	9.25 m	8.18 m	3.94 m	50.0 %
4	6.30 m	8.18 m	2.95 m	50.0 %
Floor				20.0 %
Ceiling				50.0 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

RELUX®

3 Sala - Tipo 3

3.3 Calculation results, Sala - Tipo 3

3.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 3 (E)

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

RELUX®

4 Sala - Tipo 4

4.1 Description, Sala - Tipo 4

4.1.1 Floor plan

Height reference plane : 0.75 m
Average illuminance : 395 lx
Minimum illuminance : 321 lx
Maximum illuminance : 459 lx
Uniformity Uo : 1 : 1.23 (0.81)
Diversity Ud : 1 : 1.43 (0.70)

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	0.20 m	0.05 m	3.94 m	50.0 %
2	3.15 m	0.05 m	2.95 m	50.0 %
3	3.15 m	3.99 m	3.94 m	50.0 %
4	0.20 m	3.99 m	2.95 m	50.0 %
Floor				20.0 %
Ceiling				50.0 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date :

4 Sala - Tipo 4

4.2 Summary, Sala - Tipo 4

4.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 4

General
Calculation algorithm used :
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 2.82 m
Maintenance factor : 1.00

Total luminous flux of all lamps : 6530 lm
Total power : 118 W
Total power per area (11.62 m²) : 10.15 W/m²

Illuminance
Average illuminance : 352 lx
Minimum illuminance : 301 lx
Maximum illuminance : 396 lx
Uniformity Uo : 1:1.17 (0.86)
Diversity Ud : 1:1.31 (0.76)

Type No.1Make

Lumicenter - Ensato IEE
4 2 Order No. : Luminaria difusor_2x28W.ies
Luminaire name : FHT07-S28
Equipment : 1 x T5 59 W / 3265 lm

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date :

4 Sala - Tipo 4

4.3 Calculation results, Sala - Tipo 4

4.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 4 (E)

Height reference plane : 0.75 m
Average illuminance : 352 lx
Minimum illuminance : 301 lx
Maximum illuminance : 396 lx
Uniformity Uo : 1 : 1.17 (0.86)
Diversity Ud : 1 : 1.31 (0.76)

5 Sala - Tipo 5

5.2 Summary, Sala - Tipo 5

5.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 5

General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Maintenance factor
Total luminous flux of all lamps
Total power
Total power per area (11.62 m²)

Illuminance
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity Uo
Diversity Ud

Type No. IMake

Lumicenter
6 2
Order No.
Luminaire name
Equipment

5 Sala - Tipo 5

5.1 Description, Sala - Tipo 5

5.1.1 Floor plan

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	3.25 m	0.05 m	3.94 m	50.0 %
2	6.20 m	0.05 m	2.95 m	50.0 %
3	6.20 m	3.99 m	3.94 m	50.0 %
4	3.25 m	3.99 m	2.95 m	50.0 %
Floor				20.0 %
Ceiling				50.0 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

RELUX®

5 Sala - Tipo 5

5.3 Calculation results, Sala - Tipo 5

5.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 5 (E)

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

RELUX®

6 Sala - Tipo 6

6.1 Description, Sala - Tipo 6

6.1.1 Floor plan

Height reference plane : 0.75 m
Average illuminance : 143 lx
Minimum illuminance : 120 lx
Maximum illuminance : 161 lx
Uniformity Uo : 1 : 1.19 (0.84)
Diversity Ud : 1 : 1.34 (0.75)

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	6.30 m	0.05 m	3.94 m	50.0 %
2	9.25 m	0.05 m	2.95 m	50.0 %
3	9.25 m	3.99 m	3.94 m	50.0 %
4	6.30 m	3.99 m	2.95 m	50.0 %
Floor				20.0 %
Ceiling				50.0 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation :
Project number :
Date :

Simulação Célula teste Relux 2018
15.01.2019

6 Sala - Tipo 6

6.2 Summary, Sala - Tipo 6

6.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 6

General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Maintenance factor

Average indirect fraction
0.75 m
2.82 m
1.00

Total luminous flux of all lamps
Total power
Total power per area (11.62 m²)

8066 lm
72 W
6.19 W/m²

Illuminance

Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity Uo
Diversity Ud

Eav
Emin
Emax
Emin/Em
Emin/Emax

Type No. IMake

Lumicenter - Ensato IEE

5 2
Order No.
Luminaire name
Equipment

: Luminaria difusor_LED ies
: LCN13-S4000840
: 1 x led 36 W / 4033 lm

Object :
Installation :
Project number :
Date :

Simulação Célula teste Relux 2018
15.01.2019

6 Sala - Tipo 6

6.3 Calculation results, Sala - Tipo 6

6.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 6 (E)

[m]	385	452	454	(372)
2.4	415	444	480	411
2.0	416	469	480	413
1.6	418	471	471	422
1.2	418	490	[496]	423
0.8	418	459	466	396
0.4	391	459	466	396
	0.4	0.8	1.2	1.6
	Illuminance [lx]

Height reference plane
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity Uo
Diversity Ud

Eav
Emin
Emax
Emin/Eav
Emin/Emax

: 0.75 m
: 438 lx
: 372 lx
: 496 lx
: 1 : 1.18 (0.85)
: 1 : 1.33 (0.75)

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Customer :
Processed by :
Date : 15.01.2019

Project description:
Ambientes mobiliados com cromaticidade - 0h

The following values are based on exact calculations on calibrated lamps, luminaires and their arrangement. In practice, gradual divergences can occur.
Guarantee claims for luminaire data are excluded.
Relux and the luminaire manufacturers accept no liability for consequential damage and damage which is occasioned to the user or to third parties.

Table of contents

First Page	1
Table of contents	2
1 Luminaire data	4
1.1 Lumicenter - Ensaio IEE, FAA04-S228 (Luminaria_aletas_2x28W.ies)	5
1.1.1 Data sheet	6
1.2 Lumicenter - Ensaio IEE, CAA02-S232 TuboLED 18W... (Luminaria_aleta...)	7
1.2.1 Data sheet	8
1.3 Lumicenter - ensaio IEE, EAA02-S3500840 (Luminaria_aletas_LED.ies)	9
1.3.1 Data sheet	10
1.4 Lumicenter - Ensaio IEE, FHT07-S28 (Luminaria_diffusor_2x28W.ies)	11
1.4.1 Data sheet	12
1.5 Lumicenter - Ensaio IEE, LCN13-S4000840 (Luminaria_diffusor_LED.ies)	13
1.5.1 Data sheet	14
1.6 Lumicenter, CHT10-S232ACL - TuboLE... (Luminaria_diffusor...)	15
1.6.1 Data sheet	16
Description, Célula teste - 0h - sala com mobiliário e cor aplicados	17
1 Floor 3D	18
1 Sala - Tipo 1	19
1.1 Description, Sala - Tipo 1	20
1.1.1 Floor plan	21
1.2 Summary, Sala - Tipo 1	22
1.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 1	23
1.3 Calculation results, Sala - Tipo 1	24
1.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 1 (E)	25
2 Sala - Tipo 2	26
2.1 Description, Sala - Tipo 2	27
2.1.1 Floor plan	28
2.2 Summary, Sala - Tipo 2	29
2.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 2	30
2.3 Calculation results, Sala - Tipo 2	31
2.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 2 (E)	32
3 Sala - Tipo 3	33
3.1 Description, Sala - Tipo 3	34
3.1.1 Floor plan	35
3.2 Summary, Sala - Tipo 3	36
3.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 3	37
3.3 Calculation results, Sala - Tipo 3	38
3.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 3 (E)	39
4 Sala - Tipo 4	40
4.1 Description, Sala - Tipo 4	41
4.1.1 Floor plan	42
4.2 Summary, Sala - Tipo 4	43
4.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 4	44
4.3 Calculation results, Sala - Tipo 4	45
4.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 4 (E)	46
5 Sala - Tipo 5	47
5.1 Description, Sala - Tipo 5	48
5.1.1 Floor plan	49
5.2 Summary, Sala - Tipo 5	50
5.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 5	51
5.3 Calculation results, Sala - Tipo 5	52
5.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 5 (E)	53
6 Sala - Tipo 6	54
6.1 Description, Sala - Tipo 6	55
6.1.1 Floor plan	56
6.2 Summary, Sala - Tipo 6	57
6.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 6	58

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number :
Date : 15.01.2019

Table of contents

6.3 Calculation results, Sala - Tipo 6
6.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 6 (E)

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number :
Date : 15.01.2019

1 Luminaire data

1.1 Lumicenter - Ensaio IEE, FAA04-S228 (Luminaria_aletas_2x28W.ies)

1.1.1 Data sheet

Manufacturer: Lumicenter - Ensaio IEE

Luminaria_aletas_2x28W.ies FAA04-S228

Luminaire data

Absolute Photometry : 61.79 lm/W
Luminaire efficacy : A50 ↓ 100.0% ↑ 0.0%
Classification : 51 95 100 100 100
CIE Flux Codes : 17.8 / 18.8
UGR 4H 8H : 62 W
Power : 3831 lm
Luminous flux :
Dimensions : 260 mm x 1140 mm x 1 mm

Equipped with
Quantity : 1
Designation : T5
Colour :

Manufacturer: Lumicenter - ensaio iEE			
Luminaria_aletas_LED.ies	EAA02-S3500840		
Luminaire data			
Absolute Photometry		81.33 lm/W	
Luminaire efficacy		A50 ↓ 100.0%	↑ 0.0%
Classification		66 96 100 100 100	
CIE Flux Codes		16.3 / 15.0	
UGR 4H 8H		36 W	
Power		2928 lm	
Luminous flux			
Dimensions		210 mm x 1143 mm x 1 mm

Manufacturer: Lumicenter - Ensaio IEE			
Luminaria_aletas_tuboLED.ies	CAA02-S232 TuboLED 18W		
Luminaire data			
Absolute Photometry		96.03 lm/W	
Luminaire efficacy		A50 ↓ 100.0%	↑ 0.0%
Classification		58 93 100 100 100	
CIE Flux Codes		16.2 / 18.8	
UGR 4H 8H		35 W	
Power		3361 lm	
Luminous flux			
Dimensions		220 mm x 1220 mm x 1 mm

Manufacturer: Lumicenter - Ensaio IEE	
Luminaria_difusor_LED.ies	LCN13-S4000840
Luminaire data	
Absolute Photometry	
Luminaire efficacy	: 112.03 lm/W
Classification	: A40 ↓100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes	: 49 80 96 100 100
UGR 4H 8H	: 24.3 / 23.6
Power	: 36 W
Luminous flux	: 4033 lm
Dimensions	: 110 mm x 1187 mm x 1 mm

Equipped with
Quantity : 1
Designation : led
Colour :

Manufacturer: Lumicenter - Ensaio IEE	
Luminaria_difusor_2x28W.ies	FHT07-S28
Luminaire data	
Absolute Photometry	
Luminaire efficacy	: 55.34 lm/W
Classification	: A40 ↓100.0% ↑0.0%
CIE Flux Codes	: 48 80 96 100 100
UGR 4H 8H	: 22.2 / 21.9
Power	: 59 W
Luminous flux	: 3265 lm
Dimensions	: 160 mm x 1180 mm x 1 mm

Equipped with
Quantity : 1
Designation : T5
Colour :

Description, Célula teste - 0h - sala com mobiliário e cor aplicados
.1 Floor 3D

1 Luminaire data

1.6 Lumicenter, CHT10-S232ACL - TuboLE... (Luminaria_difus...)
1.6.1 Data sheet

Manufacturer: Lumicenter

Luminaria_difusor_TuboLEDies CHT10-S232ACL - TuboLED 18W

Luminaire data	Absolute Photometry	37.89 lm/W	Equipped with	Quantity	1
	Luminaire efficacy	A40 ↓ 100.0% ↑ 0.0%		Designation	led
Classification	CIE Flux Codes	47.79.96 100 100		Colour	
	UGR 4h 8h	18.3/ 18.4			
Power		35 W			
	Luminous flux	1326 lm			
Dimensions		200 mm x 1243 mm x 1 mm

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date : 15.01.2019

1 Sala - Tipo 1

1.1 Description, Sala - Tipo 1

1.1.1 Floor plan

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	0.20 m	4.24 m	3.94 m	65.5 %
2	3.15 m	4.24 m	2.95 m	65.5 %
3	3.15 m	8.18 m	3.94 m	65.5 %
4	0.20 m	8.18 m	2.95 m	65.5 %
Floor				42.3 %
Ceiling				41.7 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date : 15.01.2019

1 Sala - Tipo 1

1.2 Summary, Sala - Tipo 1

1.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 1

General
Calculation algorithm used : Average indirect fraction
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 2.82 m
Maintenance factor : 1.00
Total luminous flux of all lamps : 7662 lm
Total power : 124 W
Total power per area (11.62 m²) : 10.67 W/m²

Illuminance
Average illuminance : Eav 468 lx
Minimum illuminance : Emin 350 lx
Maximum illuminance : Emax 557 lx
Uniformity Uo : 1:1.34 (0.75)
Diversity Ud : 1:1.59 (0.63)

Type No.IMake

Lumicenter - Ensalo IEE
1 2 Order No. : Luminaria aletas_2x28W.ies
Luminaire name : FAA04-S228
Equipment : 1 x T5 62 W / 3831 lm

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date :

2 Sala - Tipo 2

2.2 Summary, Sala - Tipo 2

2.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 2

General
Calculation algorithm used :
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 2.82 m
Maintenance factor : 1.00
Total luminous flux of all lamps : 6722 lm
Total power : 70 W
Total power per area (11.62 m²) : 6.02 W/m²

Illuminance
Average illuminance : 424 lx
Minimum illuminance : 313 lx
Maximum illuminance : 518 lx
Uniformity Uo : 1:1.35 (0.74)
Diversity Ud : 1:1.66 (0.6)

Type No. Make
Lumicenter - Ensato IEE
2 2 Order No. : Luminaria_aletas_tubolED ies
Luminaire name : CAA02-S232 TubolLED 18W
Equipment : 1 x tubolied 35 W / 3361 lm

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date :

2 Sala - Tipo 2

2.3 Calculation results, Sala - Tipo 2

2.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 2 (E)

[m]	357	399	380	(313)
2.4	365	410	439	379
2.0	448	508	515	436
1.6	452	[518]	514	454
1.2	414	474	476	390
0.8	359	418	418	339
0.4				
	0.4	0.8	1.2	1.6
	Illuminance [lx]

Height reference plane : 0.75 m
Average illuminance : 424 lx
Minimum illuminance : 313 lx
Maximum illuminance : 518 lx
Uniformity Uo : 1:1.35 (0.74)
Diversity Ud : 1:1.66 (0.60)

3 Sala - Tipo 3

3.2 Summary, Sala - Tipo 3

3.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 3

3 Sala - Tipo 3

3.1 Description, Sala - Tipo 3

3.1.1 Floor plan

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

RELUX®

3 Sala - Tipo 3

3.3 Calculation results, Sala - Tipo 3

3.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 3 (E)

Object :
Installation :
Project number : Simulação Célula teste Relux 2018
Date : 15.01.2019

RELUX®

4 Sala - Tipo 4

4.1 Description, Sala - Tipo 4

4.1.1 Floor plan

Height reference plane : 0.75 m
Average illuminance : 400 lx
Minimum illuminance : 321 lx
Maximum illuminance : 461 lx
Uniformity U₀ : 1 : 1.25 (0.80)
Diversity U_d : 1 : 1.44 (0.70)

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	0.20 m	0.05 m	3.94 m	65.5 %
2	3.15 m	0.05 m	2.95 m	65.5 %
3	3.15 m	3.99 m	3.94 m	65.5 %
4	0.20 m	3.99 m	2.95 m	65.5 %
Floor				42.3 %
Ceiling				41.7 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date :

4 Sala - Tipo 4

4.2 Summary, Sala - Tipo 4

4.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 4

General
Calculation algorithm used :
Height of evaluation surface : 0.75 m
Height of luminaire plane : 2.82 m
Maintenance factor : 1.00

Total luminous flux of all lamps : 6530 lm
Total power : 118 W
Total power per area (11.62 m²) : 10.15 W/m²

Illuminance
Average illuminance : 361 lx
Minimum illuminance : 305 lx
Maximum illuminance : 407 lx
Uniformity Uo : 1:1.19 (0.84)
Diversity Ud : 1:1.34 (0.75)

Type No. Make

Lumicenter - Ensato IEE
4 2 Order No. : Luminaria difusor_2x28W ies
Luminaire name : FHT07-S28
Equipment : 1 x 15 59 W / 3265 lm

Object :
Installation : Simulação Célula teste Relux 2018
Project number : 15.01.2019
Date :

4 Sala - Tipo 4

4.3 Calculation results, Sala - Tipo 4

4.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 4 (E)

Height reference plane : 0.75 m
Average illuminance : 361 lx
Minimum illuminance : 305 lx
Maximum illuminance : 407 lx
Uniformity Uo : 1:1.19 (0.84)
Diversity Ud : 1:1.34 (0.75)

5 Sala - Tipo 5

5.2 Summary, Sala - Tipo 5

5.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 5

General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Maintenance factor
Total luminous flux of all lamps
Total power
Total power per area (11.62 m²)

Illuminance
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity Uo
Diversity Ud

Type No. IMake
Lumicenter
Order No.
Luminaire name
Equipment

5 Sala - Tipo 5

5.1 Description, Sala - Tipo 5

5.1.1 Floor plan

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	3.25 m	0.05 m	3.94 m	65.5 %
2	6.20 m	0.05 m	2.95 m	65.5 %
3	6.20 m	3.99 m	3.94 m	65.5 %
4	3.25 m	3.99 m	2.95 m	65.5 %
Floor				42.3 %
Ceiling				41.7 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----		

5 Sala - Tipo 5

5.3 Calculation results, Sala - Tipo 5

5.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 5 (E)

6 Sala - Tipo 6

6.1 Description, Sala - Tipo 6

6.1.1 Floor plan

Height reference plane	: 0.75 m
Average illuminance	: 148 lx
Minimum illuminance	: 122 lx
Maximum illuminance	: 167 lx
Uniformity Uo	: 1 : 1.21 (0.83)
Diversity Ud	: 1 : 1.37 (0.73)

Wall	x	y	Length	Reflectance
1	6.30 m	0.05 m	3.94 m	65.5 %
2	9.25 m	0.05 m	2.95 m	65.5 %
3	9.25 m	3.99 m	3.94 m	65.5 %
4	6.30 m	3.99 m	2.95 m	65.5 %
Floor				42.3 %
Ceiling				41.7 %
Room height		2.92 m		
Height of ref. plane		----

Object :
Installation :
Project number :
Date :

Simulação Célula teste Relux 2018
15.01.2019

6 Sala - Tipo 6

6.2 Summary, Sala - Tipo 6

6.2.1 Result overview, Cálculo luminária tipo 6

General
Calculation algorithm used
Height of evaluation surface
Height of luminaire plane
Maintenance factor

Average indirect fraction
0.75 m
2.82 m
1.00

Total luminous flux of all lamps
Total power
Total power per area (11.62 m²)

8066 lm
72 W
6.19 W/m²

Illuminance

Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity Uo
Diversity Ud

Eav
Emin
Emax
Emin/Em
Emin/Emax

447 lx
375 lx
509 lx
1:1.19 (0.84)
1:1.36 (0.74)

Type No. Make

Lumicenter - Ensato IEE

5 2
Order No.
Luminaire name
Equipment

: Luminaria difusor_LED ies
: LCN13-S4000840
: 1 x led 36 W / 4033 lm

Object :
Installation :
Project number :
Date :

Simulação Célula teste Relux 2018
15.01.2019

6 Sala - Tipo 6

6.3 Calculation results, Sala - Tipo 6

6.3.1 Table, Cálculo luminária tipo 6 (E)

[m]	396	458	454	(375)
2.4	429	451	479	412
2.0	432	480	489	415
1.6	435	486	480	423
1.2	432	506	[509]	429
0.8	402	473	480	411
0.4	0.4	0.8	1.2	1.6
	Illuminance [lx]

Height reference plane
Average illuminance
Minimum illuminance
Maximum illuminance
Uniformity Uo
Diversity Ud

Eav
Emin
Emax
Emin/Eav
Emin/Emax

: 0.75 m
: 447 lx
: 375 lx
: 509 lx
: 1 : 1.19 (0.84)
: 1 : 1.36 (0.74)