



Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática  
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Ewerton Brasil da S. Queiroz

## **Relatório de Estágio Supervisionado**

Campina Grande, Paraíba

Outubro de 2016

Ewerton Brasil da Silva Queiroz

## Relatório de Estágio Supervisionado

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à  
Coordenação do Curso de Graduação de Engenharia  
Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a obtenção  
do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da  
Engenharia Elétrica.*

Local de Estágio: Laboratório de Sistemas de Potência

(LSP/UFCG)

Orientador:

Professor Célio Anésio da Silva, D.Sc.

Campina Grande, Paraíba

Outubro de 2016

Ewerton Brasil da Silva Queiroz

## Relatório de Estágio Supervisionado

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à  
Coordenação do Curso de Graduação de Engenharia  
Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a obtenção  
do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da  
Engenharia Elétrica.*

Local de Estágio: Laboratório de Sistemas de Potência

(LSP/UFCG)

Aprovado em 21 /10 /2016

George Rossany Soares de Lira  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

Professor Célio Anésio da Silva, D.Sc  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus, em sua infinita misericórdia, por me sustentar nos momentos em que pensei que fraquejaria.

Agradeço a minha mãe Lucia Cleide, ao meu pai, e a meus irmãos, por me ajudarem na realização desse sonho.

Ao professor Célio Anésio, meu orientador, pela confiança e oportunidade de trabalhar no Grupo de Sistemas Elétricos.

Ao professor George Rossany, professor convidado, por ter aceito o convite de avaliar a defesa e o relatório do estágio e ter contribuído positivamente para ambos.

A meus amigos, também Graduandos em Engenharia Elétrica: Welch Maria, Helton Tavares, Bianca Cartaxo, Hélio Rubens, Ana Reis, entre outros por todo suporte e comprometimento.

Aos colegas do Laboratório de Sistemas de Potência, cujo auxílio foi indispensável para a realização deste trabalho.

A todos os professores e funcionários desta instituição, que contribuíram decisivamente na minha formação acadêmica.

## **Resumo**

No presente relatório são apresentadas as atividades do aluno Ewerton Brasil da Silva Queiroz realizadas durante o Estágio Supervisionado no Laboratório de Simulação Digital (**LabSim**), do Departamento de Engenharia Elétrica (**DEE**), da Universidade Federal de Campina Grande (**UFCG**), sob orientação do professor Célio Anésio da Silva.

Durante o estágio foram desenvolvidas as seguintes atividades de estágio: Estudo da norma NBR ISO/CIE 8995-1/2013 – Parte 1, que trata de iluminação de ambientes de trabalho; medição *in loco* dos ambientes do LSP, que foi realizada com o auxílio de uma trena para medição do comprimento, largura e altura dos ambientes; verificação dos iluminamentos médios dos ambientes do LSP, que foi realizada com o auxílio do luxímetro; Simulações com o uso do *software* DIALux, que fornece parâmetros úteis de projetos de luminotécnica; e por fim a viabilidade econômica dessa possível troca das lâmpadas fluorescentes atuais por lâmpadas LED, utilizando o método do valor presente líquido e o método da taxa interna de retorno, e também foi realizado a estimativa do consumo de energia elétrica do Laboratório de Sistemas de Potência.

Palavras-chave: DIALux, Iluminância, LED, Fluorescente.

## Sumário

Resumo.....	5
Sumário .....	6
Lista de Figuras .....	7
1. Apresentação .....	10
2. Local do Estágio.....	10
3. O Estágio.....	11
3.1 Estudo da Norma NBR ISO/CIE 8995-1 .....	12
3.2 Medição do Espaço Físico de Ambientes do LSP.....	12
3.3 Verificação de Iluminância de Interiores .....	12
3.3 Simulações DIALux .....	15
3.4. Viabilidade Econômica .....	17
3.5. Tecnologia LED .....	18
4. Estudo de Caso.....	19
5. Considerações Finais.....	26
6. Referências Bibliográficas .....	26
Anexo A – Simulações Dialux.....	27

## Lista de Figuras

Figura 1 - Fachada do LSP. ....	10
Figura 2- LABSim. ....	11
Figura 3 – Aparelho Luxímetro .....	13
Figura 4 – Especificação da Luminária Fluorescente .....	15
Figura 5 – Especificação da Luminária LED .....	16
Figura 6 – Distribuição fotométrica (Hall de Entrada – fluorescente) .....	27
Figura 7 – Valores de Iluminância e parâmetros (Hall de Entrada – fluorescente).....	27
Figura 8 – Potência total (Hall de Entrada – fluorescente).....	27
Figura 9 – Distribuição fotométrica (Hall de entrada - LED) ..	28
Figura 10 – Valores de Iluminância e parâmetros (Hall de entrada - LED).....	28
Figura 11 – Potência total (Hall de entrada - LED).....	28
Figura 12 – Distribuição fotométrica (LabSim - fluorescente)..	29
Figura 13 – Valores de Iluminância e parâmetros (LabSim – fluorescente) .....	29
Figura 14 – Potência total (LabSim - fluorescente) .....	29
Figura 15 – Distribuição fotométrica (LabSim - LED) ..	29
Figura 16 – Valores de Iluminância e parâmetros (LabSim – LED) .....	30
Figura 17 – Potência total (LabSim - LED)..	30
Figura 18 – Distribuição fotométrica (LabPro - fluorescente)..	30
Figura 19 – Valores de Iluminância e parâmetros (LabPro - fluorescente) ..	31
Figura 20 - Potência total (LabPro – fluorescente) .....	31
Figura 21 - Distribuição fotométrica (LabPro – LED) .....	31
Figura 22 - Valores de Iluminância e parâmetros (LabPro – LED).....	32
Figura 23 - Potência total (LabPro – LED). ....	32
Figura 24 – Distribuição fotométrica (Sala de aula/Térreo - fluorescente)..	32
Figura 25 – Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de aula/Térreo - fluorescente) .....	32
Figura 26 – Potência total (Sala de aula/Térreo - fluorescente)..	33
Figura 27 – Distribuição fotométrica (Sala de aula/Térreo - LED) .....	33
Figura 28 – Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de aula/Térreo - LED).....	33
Figura 29 – Potência total (Sala de aula/Térreo - LED).....	33
Figura 30 - Distribuição fotométrica (corredor/1º andar - fluorescente) .....	34
Figura 31 - Valores de Iluminância e parâmetros (corredor/1º andar – fluorescente). ....	34
Figura 32 - Potência total (corredor/1º andar - fluorescente). ....	34
Figura 33 - Distribuição fotométrica (corredor/1º andar - LED).....	34

Figura 34 - Valores de Iluminância e parâmetros (corredor/1º andar - LED) .....	35
Figura 35 - Potência total (corredor/1º andar - LED).....	35
Figura 36 - Distribuição fotométrica (Sala de professor – fluorescente) .....	35
Figura 37 - Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de professor – fluorescente).....	35
Figura 38 - Potência total (Sala de professor – fluorescente) .....	36
Figura 39 - Distribuição fotométrica (Sala de professor – LED).....	36
Figura 40 - Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de professor – LED).....	36
Figura 41 – Potencia total (Sala de professor - LED).....	36
Figura 42 - Distribuição fotométrica (corredor/2º andar - fluorescente).....	37
Figura 43 - Valores de Iluminância e parâmetros (corredor/2º andar - fluorescente). .....	37
Figura 44 – Potência total (corredor/2º andar - fluorescente) .....	37
Figura 45 – Distribuição fotométrica (corredor/2º andar - LED).....	37
Figura 46 - Valores de Iluminância e parâmetros (corredor/2º andar - LED).....	38
Figura 47 – Potência total (corredor/2º andar - LED) . .....	38
Figura 48 - Distribuição fotométrica (auditório – fluorescente) .....	38
Figura 49 - Valores de Iluminância e parâmetros (auditório – fluorescente).....	38
Figura 50 - Potência total (auditório - fluorescente) .....	39
Figura 51 - Distribuição fotométrica (auditório – LED). .....	39
Figura 52 - Valores de Iluminância e parâmetros (auditório – LED).....	39
Figura 53 – Potencia total (auditório - LED).....	39
Figura 54 – Distribuição fotométrica (copa – fluorescente).....	40
Figura 55 - Valores de Iluminância e parâmetros (copa - fluorescente).....	40
Figura 56 - Potência total (copa - fluorescente).....	40
Figura 57 – Distribuição fotométrica (copa – LED).....	40
Figura 58 - Valores de Iluminância e parâmetros (copa - LED).....	41
Figura 59- Potência total (copa - LED).....	41
Figura 60 – Distribuição fotométrica (Sala de aula/2º andar – fluorescente).....	41
Figura 61 - Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de aula/2º andar - fluorescente) .....	41
Figura 62 - Potência total (Sala de aula/2º andar - fluorescente).....	42
Figura 63 – Distribuição fotométrica (Sala de aula/2º andar - LED).....	42
Figura 64 - Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de aula/2º andar - LED).....	42
Figura 65 - Potência total (Sala de aula/2º andar - LED).....	42
Figura 66 – Distribuição fotométrica (Sala de reunião – fluorescente).....	43



Figura 67 - Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de reunião - fluorescente).....	43
Figura 68 - Potência total (Sala de reunião - fluorescente) .....	43
Figura 69 – Distribuição fotométrica (Sala de reunião – LED) .....	44
Figura 70 - Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de reunião - LED).....	44
Figura 71 - Potência total (Sala de reunião - LED).....	44

## 1. Apresentação

O Estágio Supervisionado foi realizado no Laboratório de Simulação Digital (**LabSim**) do DEE/UFCG, durante o período de 11/07/2016 a 03/10/2016, sob orientação do professor Célio Anésio da Silva.

Neste relatório é apresentado um resumo das principais atividades desenvolvidas durante o período do estágio, com destaque para:

- Estudo da Norma NBR ISO/CIE 8995-1, Iluminância de Interiores;
- Estudo e Simulações de ambientes através do DIALux;
- Estudo da teoria dos LED;
- Estudo de viabilidade econômica de uma possível aplicação da tecnologia LED.

## 2. Local do Estágio

O LabSim (Figura 2) está alocado no prédio do Laboratório de Sistemas Elétricos de Potência (LSP), que foi construído com recursos da Reitoria/UFCG (Figura 1).

Figura 1. Fachada do LSP.



Fonte: Autor

Figura 2. O LabSim.



Fonte: Autor

### 3. O Estágio

As atividades realizadas durante o estágio foram divididas em cinco etapas, o *software* DIALux foi empregado para analisar iluminamento de ambientes:

- Na primeira etapa foi realizado o estudo da Norma NBR ISO/CIE 8995-1;
- Na segunda etapa, realizou-se a medição do espaço físico dos ambientes do LSP;
- Na terceira etapa, realizou-se a verificação do nível de iluminamento dos ambientes;
- Na quarta etapa, realizou-se as simulações para verificação do nível de iluminamento dos ambientes;
- Na última etapa, foi feito o estudo de viabilidade econômica de uma possível aplicação de lâmpadas LED no LSP.

Um resumo das atividades é apresentado a seguir.

### **3.1 Estudo da Norma NBR ISO/CIE 8995-1**

Definir adequadamente um sistema de iluminação é uma tarefa que requer bastante estudo, passando pelos tipos de lâmpadas que serão usadas, luminárias, melhor posição para instalação, além do estudo de todos os fatores que vão colaborar para uma redução da eficiência deste sistema.

A NBR ISO/CIE 8995-1 parte 1, Iluminância de ambientes de trabalho, especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante o período de trabalho. Essa norma não especifica como os sistemas ou técnicas de iluminação devem ser projetados a fim de aperfeiçoar as soluções para locais específicos de trabalho.

Esta norma apresenta aspectos bem diferenciados das anteriores (NBR-5382 e NBR-5413), por apresentar novos critérios e requisitos qualitativos ao projeto, tais como, controle de ofuscamento, índice de reprodução da cor, iluminação de tarefas e critérios quantitativos, como o atendimento aos níveis de iluminância.

A iluminância foi medida no campo de trabalho. Quando este não for definido, entende-se como tal o nível referente a um plano horizontal a 0,75 m do piso. Foi o valor utilizado durante a execução das atividades do estágio.

Para as atividades realizadas durante o estágio utilizou-se os valores especificados de iluminância por tipo de tarefas/atividades segundo a norma NBR ISO/CIE 8995-1 parte 1.

### **3.2 Medição do Espaço Físico de Ambientes do LSP**

Um dos trabalhos do estágio supervisionado, foi a realização da medição dos ambientes do Laboratório de Sistemas de Potência. No caso, foram escolhidos os ambientes que possuem demanda interessante para o projeto de viabilidade econômica, são eles: *Hall*, Laboratório de Simulação, Laboratório de Proteção Digital, Sala de aula (térreo), Corredores, Sala de 01 a 07, Copa, Auditório, Sala de reunião, Sala de aula (segundo andar).

### **3.3 Verificação de Iluminância de Interiores**

Quando se deseja conhecer os níveis de iluminamento de um ambiente, utilizam-se fotômetros calibrados em lux para realizar as medições. O medidor deverá deslocar-se no plano de trabalho. Durante o estágio, o luxímetro utilizado para as medições no Laboratório de Sistemas de Potência, foi cedido pelo professor responsável do Laboratório de Instalações

Elétricas da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Abaixo é ilustrado um tipo de aparelho luxímetro (Figura 3).

Figura 3. Aparelho Luxímetro.



Fonte: Google Imagens

Um dos processos mais simples e utilizável é o recomendado pela *ABNT NBR ISO/CIE 8995-1* de 2013 – *Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior*. O processo para determinação do iluminamento descrito acima se dá através da formula a seguir:

$$p = 0,2 \cdot 5^{\log_{10} d} \quad (I)$$

Sendo,

$p$  é o tamanho da malha, expresso em metros [m];

$d$  é a maior dimensão da superfície de referência, expressa em metros [m].

O número de pontos de cálculo ( $n$ ) considerando a malha  $p$  é então estabelecido pelo número mais próximo da relação  $d$  para  $p$ . No entanto, a quantidade de pontos de cálculo pode ser majorada de forma a proporcionar maior precisão do iluminamento médio calculado.

Para a verificação da iluminância do projeto de estágio foi preciso realizar o cálculo do número de pontos para os ambientes que possuem demanda de energia elétrica relevante, que são mostrados no Quadro 1.

Quadro 1. Verificação de iluminação e cálculos.

Ambiente	C/L	$0,5 \leq \frac{c}{l} \leq 2$	Dim	N	Média [Lux]	Interf. Externa
Hall de entrada	1,09	SIM	MA	9	839,42	SIM
LabSim	1,53	SIM	MA	9	189,13	NÃO
LabPro	1,49	SIM	MA	9	181,08	NÃO
Sala de Aula(1º Andar)	1,32	SIM	MA	8	197,91	NÃO
Corredor (1º Andar)	7,55	NÃO	ME	6	139,17	SIM
Sala do professor	1,33	SIM	MA	8	150,14	NÃO
Corredor(2º andar)	4,63	NÃO	ME	6	134,95	SIM
Copa	2,00	SIM	MA	8	369,07	SIM
Auditório	2,33	NÃO	ME	8	283,79	NÃO
Sala de Reunião	1,34	SIM	MA	8	198,70	NÃO
Sala de aula (2º andar)	1,32	SIM	MA	8	197,91	NÃO

Sendo a segunda coluna deste quadro acima, a relação *comprimento sobre a largura* dos ambientes; a quarta coluna representa a *dimensão* que será utilizada nos cálculos para determinação do número de pontos, sendo MA = Maior dimensão e ME = Menor dimensão; a quinta coluna N representa o *número de pontos* de medição; a sétima coluna indica se existe interferência do meio externo no nível de iluminância. No caso do *hall* de entrada, por exemplo, existe a interferência do meio externo no nível de iluminância, esse fato se dá por conta das portas de vidros incolores.

Percebeu-se com a análise do Quadro 1, que os ambientes atualmente estão com uma média de iluminância um pouco abaixo da média padrão exigida pelo Item 5 (página 19) da norma NBR ISO/CIE 8995-1 .

### 3.3 Simulações DIALux

O Dialux é uma ferramenta para simulação de projetos luminotécnicos e, para que o usuário possa explorar as inúmeras funções do software, é recomendável realizar um treinamento específico para que esteja apto a realizar os projetos de iluminação com qualidade e confiabilidade. No entanto, o Dialux oferece também algumas opções de utilização para usuários iniciantes com a ajuda de assistentes de projeto.

Uma das atividades importantes do estágio, foi realizar com o auxílio do *Dialux light* as simulações dos ambientes de estudo. Essas simulações foram feitas para as luminárias fluorescentes tubulares e também para as tubulares de LED. O catálogo utilizado foi da LUMICENTER.

Para todas as simulações, o plano de trabalho definido foi 0,75 m. O grau de reflexão do teto do LSP escolhido foi de 78% (gesso rebocado); o grau de reflexão das paredes do LSP foi escolhido no valor de 77% (branco creme); e o grau de reflexão do solo do LSP foi escolhido em 59% (cinzento claro).

Os tipos de luminárias (Figura 4 e Figura 5) utilizadas são descritos a seguir:

- Lumicenter CAN01-S232

Figura 4. Especificação da Luminária Fluorescente.



Fonte: Catálogo Lumicenter

- Lumicenter LHT02

Figura 5. Especificação da Luminária LED.

CÓDIGO	L1	L2	A	B	C	NICHO
LHT02-E4000830	50W LED*	4000lm** / 3000K	307	42	1243	1250x625
LHT02-E4000840	50W LED*	4000lm** / 4000K	307	42	1243	1250x625

\*Consumo total, incluindo driver.

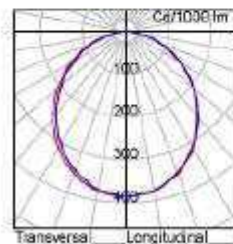
\*\* Já consideradas as perdas óticas

Luminária com manutenção de no mínimo 70% do -fluxo luminoso nominal durante as primeiras 50.000 horas de uso (ambiente a 50°C), 5 anos de garantia

Modelo para embutir em forro modular 1250x625 e sobrepor. Para forros de recorte deve ser solicitado acessório para instalação a parte.

Índice de ofuscamento - UGR (Unified Glare Rating)  
Referência X= 4H, Y=8H; S= 0,25H ; Refletâncias = 70/50/20

UGR LHT02-E4000840: <21



NÚMERO DE LUMINÁRIAS POR ÁREA

Fluxo	4.000 lm			
	300 lx		500 lx	
Pé direito	2,5 m	3,0 m	2,5 m	3,0 m
Área	Número de luminárias			
10 m <sup>2</sup>	1,5	1,7	2,4	2,8
20 m <sup>2</sup>	2,4	2,8	4,1	4,6
30 m <sup>2</sup>	3,4	3,8	5,6	6,3
40 m <sup>2</sup>	4,3	4,7	7,1	7,9
50 m <sup>2</sup>	5,2	5,8	8,6	9,4

Ambiente com teto e parede claro, chão escuro;  
Fator de perda 0,85;  
Plano de trabalho 0,80.

Fonte: Catálogo Lumicenter

O objetivo do trabalho é a realização da viabilidade econômica da troca de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED. Não será necessário a troca das luminárias, porque as luminárias instaladas no LSP atualmente são novas.

No estágio considera-se o mesmo número de luminárias em ambos os casos e para maioria das simulações as faixas de refletâncias dos ambientes estão de acordo com as faixas úteis para as superfícies internas exigidas pela NBR ISO/CIE 8995-1, que especifica os seguintes intervalos: Teto – 0,6 a 0,9; Paredes – 0,3 a 0,8; Plano de trabalho – 0,2 a 0,6 e Piso – 0,1 a 0,5.



No caso do primeiro pavimento as salas de 01 a 07 são praticamente iguais, então a simulação foi realizada apenas para uma das salas.

Para os corredores a norma ISO/CIE 8995-1 especifica que o tipo de corredor do LSP é mais amplo, então a área da tarefa com uma faixa central deve ser ajustada adequadamente, onde a faixa lateral (com até 0,5 m de comprimento) seja deduzida ao longo de cada parede, desde que não seja parte da zona de tráfego. Nos corredores a constante uniformidade da iluminância possui uma variação de 0,5 a 0,7 á depender da área de interesse.

Os resultados finais simulados (Figura 6 a Figura 71) para as luminárias encontram-se no anexo A – Simulações Dialux.

### **3.4. Viabilidade Econômica**

A análise de viabilidade econômica e financeira integra o rol de atividades desenvolvidas pela engenharia econômica, que busca identificar quais são os benefícios esperados em dado investimento para colocá-los em comparação com os investimentos e custos associados ao mesmo, a fim de verificar a sua viabilidade de implementação.

A análise de investimentos pode ser considerada como o conjunto de técnicas que permitem a comparação entre os resultados de tomada de decisões referentes a alternativas diferentes de forma científica. Dentre os vários métodos utilizados para análise de viabilidade de projetos, são utilizados no estágio, o Método do Valor Presente Líquido e o Método da Taxa Interna de Retorno.

- Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido de um projeto de investimento pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado, considerado um método que se enquadra no conceito de equivalência tendo, portanto, a característica de trazer para o tempo presente, ou seja, esse método leva em consideração o valor temporal dos recursos financeiros. A viabilidade econômica de um projeto analisado pelo método do Valor Presente Líquido é indicada pela diferença positiva entre receitas e custos, atualizados a determinada taxa de juros (REZENDE & OLIVEIRA, 1993).

O Valor Presente líquido avalia o investimento em função de 4 variáveis primordiais:

- O valor do investimento;
- Fluxo de caixa gerado a partir do valor investido;

- Tempo de retorno do capital;
- Risco associado a esse fluxo de caixa.

Quando temos VPL positivo, o projeto é viável e o investimento é satisfatório. Quando o VPL é nulo, torna-se indiferente aceitar ou não o projeto, assim a escolha é do investidor. Porém quando o VPL é negativo, o projeto torna-se inviável e o investimento é insatisfatório.

- Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa de retorno que se obtém em um projeto, obtida a partir da análise projetiva de um fluxo de caixa, é a taxa de juros que torna nulo a diferença entre as receitas e as despesas. Dessa forma, o critério para a tomada de decisão de investimento com base na Taxa Interna de Retorno é aceitar um projeto de investimento quando tal taxa superar o custo de oportunidade do capital obtido no referido projeto.

### **3.5. Tecnologia LED**

Alguns dos benefícios da tecnologia LED são:

- Maior vida útil: Dependendo da aplicação, a vida útil do equipamento é longa, sem necessidade de troca;
- Custos de manutenção reduzidos: Em função de sua longa vida útil, a manutenção é bem menor, representando menores custos;
- Eficiência: Apresentam maior eficiência quando comparadas a outras lâmpadas;
- Controle dinâmico da cor: Pode-se obter um espectro variado de cores, incluindo várias tonalidades de branco, permitindo um ajuste perfeito da temperatura de cor desejada;
- Acionamento instantâneo: Presente mesmo quando opera em temperaturas baixas;
- Controle de intensidade variável: Seu fluxo luminoso é variável em função da variação da corrente elétrica aplicada a ele, possibilitando, com isto, um ajuste preciso da intensidade de luz da luminária;
- Cores vivas e saturadas sem filtros: Emite comprimento de onda monocromático, que significa emissão de luz na cor certa, tornando-a mais viva e saturada;
- Ecologicamente correto: Não utiliza mercúrio ou qualquer outro elemento que cause dano à natureza;

- Ausência de ultravioleta: Não emitem radiação sendo ideais para aplicações onde este tipo de radiação é indesejada;

Segundo o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) algumas desvantagens da tecnologia LED encontradas atualmente são:

- Sobretensão: A rede elétrica está vulnerável a alterações no sistema, como picos de alta/baixa tensão. Para proteger sua lâmpada LED é indispensável investir em aparelhos de segurança para impedir prejuízos na iluminação.
- Custo: Como se trata de uma nova tecnologia o custo se comparado com outras fontes de iluminação é notavelmente mais alto.
- Mão de obra especializada: A implantação de iluminação em LED requer cuidados especiais para que seus benefícios sejam alcançados. Dessa forma, para que um projeto tenha um resultado de sucesso, a procura por mão de obra especializada é imprescindível, porém a oferta desse trabalho específico não é tão grande quanto a procura, fazendo com que os valores destes prestadores sejam elevados.

#### **4. Estudo de Caso**

No início do estágio, foi realizado o estudo da ISO/CIE 8995-1. Logo após foi realizado a medição *in loco* dos ambientes do LSP, para em seguida realizar-se simulações encontrando a distribuição fotométrica, iluminância média, uniformidade da iluminância, iluminância máxima, e potência total.

Por exemplo, no LabSim para a luminária fluorescente encontra-se uma uniformidade da iluminância de 0,808 no plano de uso (Figura 13); no entanto, para luminária LED a simulação mostra uma uniformidade da iluminância no valor de 0,863 no plano de uso (Figura 16), conclui-se que a luminária LED consegue atingir um valor ainda maior do que o limite mínimo 0,7 estabelecido pela norma NBR ISO/CIE 8995-1.

As simulações são importantes porque mostram o plano fotométrico dos ambientes do LSP e todas as características de luminotécnica.

Com as simulações finalizadas, realizou-se os cálculos para determinação dos números de pontos que iriam ser verificados nos ambientes, com o apoio do aparelho luxímetro. Depois da medição de iluminância dos ambientes, foi calculado as médias de iluminância e feito uma análise comparativa da média encontrada com a norma ISO/CIE 8995-1 e com as simulações

realizadas no *software* Dialux. As médias de iluminância das simulações estão mais próximas dos valores exigidos pela norma ISO/CIE 8995-1 do que os valores encontrados com o auxílio do luxímetro. Uma possível justificativa é porque nas simulações não foram incluído a presença dos objetos e também a interferência externa não é considerada.

Então, agora é realizado um estudo de caso, que leva ao resultado da viabilidade econômica para uma possível troca das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED no LSP, para isso foi necessário realizar estimativas dos valores de demanda e de consumo do LSP, como também utilizar o método do valor presente líquido, VPL, para verificar se a troca de lâmpadas é viável.

Alguns valores são de grande importância para a análise financeira do projeto de iluminação com lâmpadas LED. Foi preciso realizar o cálculo da vida útil de uma possível lâmpada LED que venha a ser instalada futuramente no LSP, então o fator sensibilidade do estagiário adentrou ao projeto, leva-se em consideração que na situação atual de funcionamento do LSP, o bloco demanda no máximo 4 horas de sua plena carga em relação ao quesito iluminação por dia, e desconsidera-se todos os sábados e domingos. Neste caso, aproximadamente, é obtido uma marca de 254 dias úteis em 1 ano. De acordo com o fabricante *PHILIPS LIGHTING* (<http://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas/sistemadeiluminacaoled/ledtubulares/essentialedtube>), temos lâmpadas LED com 25.000 horas de vida útil. Então de acordo com a equação (II) encontra-se o período de análise econômica,

$$\text{Número de horas de funcionamento (por dia)} \times \text{Quantidade de dias} \quad (II)$$

$$04 \times 254 = 1016 \text{ horas.}$$

$$\text{Período} = \frac{\text{Vida útil lâmpada LED}}{\text{equação II}} \quad (III)$$

$$\frac{25000}{1016} = 24,61 \cong 25 \text{ anos.}$$

Então, o fluxo de caixa será avaliado em torno de 25 anos. O Quadro 2, mostra os valores de potência em Watts do quadro de carga da planta original do LSP.

Quadro 2. Valor de potência da Iluminação do LSP.

Ambiente	Térreo	Primeiro Pavimento	Segundo Pavimento	LSP
Potência (W)	1760	1280	1640	4680

Para prosseguir com o projeto do VPL foi necessário encontrar o valor numérico da demanda de energia elétrica do Bloco do LSP, na situação atual com luminárias de lâmpadas fluorescentes, esse valor foi encontrado, como mostra o Quadro 03:

Quadro 3. Valor de Demanda da Iluminação do LSP.

<b>Demanda</b>	<b>POT×FD</b>	<b>Demanda [kW]</b>
Iluminação	4680×0,86	4,025

Para o cálculo da demanda foi utilizada a norma NDU 001 da Energisa, com o objetivo de encontrar os fatores de demanda para os tipos de cargas presentes no bloco.

Em seguida, encontra-se o consumo de iluminação diário de energia, na situação atual com luminárias de lâmpadas fluorescentes, como mostra o Quadro 4:

Quadro 4. Valor de Consumo diário de Energia do LSP.

<b>Consumo</b>	<b>Demanda [kW]</b>	<b>Tempo [h]</b>	<b>Consumo diário [kWh/dia]</b>
Iluminação	4,025	4	16,09

O Consumo mensal é mostrado no Quadro 5:

Quadro 5. Valor de Consumo mensal de Energia do LSP.

<b>Consumo</b>	<b>Consumo diário [kWh/dia]</b>	<b>Tempo [dias]</b>	<b>Consumo mensal [kWh]</b>
Iluminação	16,09	20	321,98

Foi encontrado no site da energisa (<http://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>), os valores atualizados das tarifas de energia elétrica; então para o prédio LSP da Universidade Federal de Campina Grande, foi selecionado a modalidade B3 – Serviço Público – 0,24633. De acordo com pesquisas realizadas pelo estagiário em contas de energia elétrica, é considerado um aumento de 5% na tarifa da energia elétrica a cada ano.

O valor mensal da conta de energia elétrica da parte de iluminação do LSP, foi estimado sendo a multiplicação do valor de consumo mensal de energia com o valor da tarifa. Então para o ano inicial, temos:

$$321,98 \times 0,24633 = R\$ 79,31 \text{ (Demanda Iluminação – Ano Inicial)}$$

$$2.826,78 \times 0,24633 = R\$ 696,30 \text{ (Todas as demandas – Ano Inicial)}$$

Para as lâmpadas LED 18 W, novamente realiza-se todas as estimativas feitas anteriormente; sabe-se que a potência da iluminação do LSP para o caso LED é 2106 W. Então é possível verificar a demanda iluminação caso LED no Quadro 6:

Quadro 6. Valor de Demanda da Iluminação do LSP para caso LED.

<b>Demanda</b>	<b>POT×FD</b>	<b>Demanda [kW]</b>
Iluminação	2.106×0,86	1,81

O Valor do consumo diário de energia para caso LED, pode ser verificado no Quadro 7:

Quadro 7. Valor de Consumo diário de Energia do LSP para caso LED.

<b>Consumo</b>	<b>Demanda</b>	<b>Tempo [Horas]</b>	<b>Consumo diário [kWh/dia]</b>
Iluminação	1,81	4	7,24

O Valor do consumo mensal de energia para caso LED, pode ser verificado no Quadro 8:

Quadro 8. Valor de Consumo mensal de Energia do LSP para caso LED.

<b>Consumo</b>	<b>Consumo diário [kWh/dia]</b>	<b>Tempo [Dias]</b>	<b>Consumo mensal [kWh]</b>
Iluminação	7,24	20	144,89

O valor mensal da conta de energia elétrica da parte de iluminação do LSP para o caso LED para o ano inicial é de:

$$144,89 \times 0,24633 = R\$ 35,69 \text{ (Demanda Iluminação – Ano Inicial)}$$

$$2826,78 \times 0,24633 = R\$ 652,70 \text{ (Todas as demandas – Ano Inicial)}$$

O quadro com valores de referência a seguir foi construído para a análise de parâmetros das lâmpadas fluorescentes e das lâmpadas LED:

Quadro 9. Valores de referência.

<b>Tipo de lâmpada</b>	Fluorescente 40 W	LED 18 W
<b>Operação diária</b>	04 horas	04 horas
<b>Operação dias/mês</b>	20 dias	20 dias
<b>Tarifa</b>	R\$ 0,24633	R\$ 0,24633
<b>Consumo mensal</b>	321,98 kWh	144,89 kWh
<b>Custo Consumo mensal (Demanda iluminação – Ano inicial)</b>	R\$ 79,31	R\$ 35,69
<b>Custo total do consumo de energia mensal (Todas as demandas – Ano inicial)</b>	R\$ 696,30	R\$ 652,69
<b>Custo Investimento (Lâmpadas)</b>	R\$ 0,00	R\$ 2.496,00
<b>Custo de Manutenção</b>	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00
<b>Custo do consumo de energia anual (Demanda iluminação – Ano inicial)</b>	R\$ 951,72	R\$ 428,29

No quadro anterior são consideradas 48 luminárias, o valor da manutenção para cada luminária é de R\$ 25,00; o valor comercial da lâmpada fluorescente 40 W é de R\$ 8,50; e da lâmpada tubular LED 18 W é de R\$ 26,00 (Pesquisa realizada no site Mercado livre).

A Escolha da lâmpada tubular LED 18 W para substituir a lâmpada fluorescente 40 W foi baseada em pesquisa realizada no site, <http://www.golden.blog.br/o-que-voce-precisa-saber-para-trocar-sua-tubular-fluorescente-por-led/>, indicando a troca da tubular fluorescente T8 32W/36W/40W por uma tubular LED T8 18W.

Para a elaboração do quadro de Investimento total, Quadro 10, foi desconsiderado gastos com a elaboração do projeto, pois foi considerado a elaboração do projeto sendo responsabilidade da universidade, desta forma diminuindo o custo.

Quadro 10. Investimento total do projeto LED.

Descrição	Valores
Materiais	R\$ -2.496,00
Mão de Obra	R\$ -1.200,00
Total	R\$ -3.696,00

Após todos os cálculos anteriores, foi possível construir o fluxo de caixa do projeto. Sabe-se que a redução anual na fatura de energia elétrica, sendo realizada a troca de lâmpadas, é de:

$$\text{Custo total fluorescente} - \text{Custo total LED} = \quad (IV)$$

$$= 696,30 - 652,69 = R\$ 43,62$$

$$\text{Redução Anual} = \text{Equação IV} \times 12 \text{ meses} \quad (V)$$

$$= R\$ 43,62 \times 12$$

$$= R\$ 523,44$$

Sabe-se que a taxa mínima de atratividade (TMA) do projeto, é a taxa mínima que um investidor se propõe a ganhar quando faz o investimento. Considerou-se para todo o projeto, uma taxa no valor de 12%.

Sabe-se que a fórmula de fluxo de caixa descontado é:

$$\frac{\text{Fluxo de caixa}}{(1 + TMA)^{\text{ano}}} \quad (VI)$$

Após diversos cálculos, é obtido o fluxo de caixa mostrado no Quadro 11:

Quadro 11. Fluxo de Caixa do projeto.

<b>Ano</b>	<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>Fluxo de caixa descontado</b>	<b>Payback descontado</b>
0	R\$ -3.696,00	R\$ -3.696,00 R\$	R\$ -3.696,00
1	R\$ 523,44	R\$ 467,36	R\$ - 3.228,64
2	R\$ 549,48	R\$ 438,04	R\$ -2.790,60
3	R\$ 577,08	R\$ 410,75	R\$ -2.379,85
4	R\$ 605,88	R\$ 385,05	R\$ -1.994,80
5	R\$ 636,24	R\$ 361,02	R\$ -1.633,78
6	R\$ 668,04	R\$ 338,45	R\$ -1.295,33
7	R\$ 701,40	R\$ 317,28	R\$ -978,05
8	R\$ 736,44	R\$ 297,44	R\$ -680,61
9	R\$ 773,28	R\$ 278,85	R\$ -401,76
10	R\$ 811,92	R\$ 261,41	R\$ -140,35
11	R\$ 852,48	R\$ 245,07	R\$ +104,72
12	R\$ 895,20	R\$ 229,78	R\$ +334,50
13	R\$ 939,96	R\$ 215,41	R\$ +549,91
14	R\$ 986,88	R\$ 201,94	R\$ +751,85
15	R\$ 1.036,08	R\$ 189,29	R\$ +941,14
16	R\$ 1.088,04	R\$ 177,48	R\$ +1.118,62
17	R\$ 1.142,40	R\$ 166,38	R\$ +1.285,00
18	R\$ 1.199,64	R\$ 156,00	R\$ +1.441,00
19	R\$ 1.259,52	R\$ 146,24	R\$ +1.587,24
20	R\$ 1.322,59	R\$ 137,11	R\$ +1.724,35
21	R\$ 1.388,76	R\$ 128,54	R\$ +1.852,89
22	R\$ 1.458,12	R\$ 120,50	R\$ +1.973,39
23	R\$ 1.530,96	R\$ 112,97	R\$ +2.086,36
24	R\$ 1.607,52	R\$ 105,91	R\$ +2.192,27
25	R\$ 1.687,92	R\$ 99,29	R\$ +2.291,56

Nota-se que do ano 10 para o ano 11, temos uma mudança de sinal, onde o investidor começa a ter um saldo positivo. No período final (ano 25) temos um valor positivo de R\$ 2.291,56, então o VPL é positivo, confirmando que o projeto em estudo no estágio é viável.

Como o cálculo da taxa interna de retorno é trabalhoso, utilizou-se o cálculo no EXCEL para obter a TIR, mostrado no Quadro 12.



Quadro 12. VPL e TIR obtida com uso do EXCEL.

<b>Ano</b>	<b>Projeto</b>
0	R\$ - 3.696,00
1	R\$ 523,44
2	R\$ 549,48
3	R\$ 577,08
4	R\$ 605,88
5	R\$ 636,24
6	R\$ 668,04
7	R\$ 701,40
8	R\$ 736,44
9	R\$ 773,28
10	R\$ 811,92
11	R\$ 852,48
12	R\$ 895,20
13	R\$ 939,96
14	R\$ 986,88
15	R\$ 1.036,08
16	R\$ 1.088,04
17	R\$ 1.142,4
18	R\$ 1.199,64
19	R\$ 1.259,52
20	R\$ 1.322,59
21	R\$ 1.388,76
22	R\$ 1.458,12
23	R\$ 1.530,96
24	R\$ 1.607,52
25	R\$ 1.687,92
<b>TMA</b>	12%
<b>TIR</b>	18%
<b>VPL</b>	R\$ 2.291,56

Como citado anteriormente, a TIR é a taxa onde VPL é igual zero. E sabe-se também que é desejável que a TIR seja maior do que a TMA.

Para o projeto de troca de lâmpadas do LSP, encontrou-se uma TIR de 18% sendo maior do que a TMA de 12%, então percebe-se que o investimento é interessante, e reduziria custos no futuro para a instituição.

## 5. Considerações Finais

O Estágio contribuiu decisivamente em minha formação acadêmica, visto que foi somado um novo conhecimento, muito importante, para minha carreira profissional.

O estudo da viabilidade econômica para aplicação da tecnologia LED no LSP foi muito importante, visto que permitiu o contato com técnicas importantes para aplicações em atividades profissionais.

Analisando os resultados obtidos, pôde-se constatar que a viabilidade econômica indica que o investimento na aplicação da tecnologia LED no Laboratório de Sistemas de Potência é viável.

Sabe-se que no Brasil temos uma geração de energia elétrica obtida por meio de hidroelétricas, e com o problema hídrico que o país sofre atualmente, falar em economia de energia é o mesmo que falar em preservação do meio ambiente. Então, o uso da tecnologia LED contribui positivamente para a preservação do meio ambiente. Usar a tecnologia LED, é racionalizar o consumo de energia elétrica, e essa racionalização contribuirá para o bem estar das próximas gerações.

## 6. Referências Bibliográficas

NBR 5413/92. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/a-nbr-5413-iluminancia-de-interiores/>>. Acesso em: 30 de julho de 2016.

DIALux. Disponível em: <<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/pt/tecnologia/dialux.html>>. Acesso em: 10 de agosto de 2016.

Visão Geral LED. Disponível em: <[http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/LA\\_Pro1/02%20-%20pro\\_leds\\_Vis%C3%A3o\\_Geral.pdf](http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/LA_Pro1/02%20-%20pro_leds_Vis%C3%A3o_Geral.pdf)>. Acesso em 20 de setembro de 2016.

Apostila fotometria. Disponível em: <<https://sites.google.com/a/dee.ufcg.edu.br/george/disciplinas/labie>>. Acesso em 21 de setembro de 2016.

Viabilidade econômica. Disponível em: <[http://www.convibra.com.br/2009/artigos/142\\_0.pdf](http://www.convibra.com.br/2009/artigos/142_0.pdf)>. Acesso em 21 de setembro de 2016.

## Anexo A – Simulações Dialux

Segue os resultados das simulações (as figuras abaixo foram obtidas pelo autor do texto):

1 – Hall de entrada

- Luminária Fluorescente

Figura 6. Distribuição fotométrica (Hall de entrada – fluorescente).

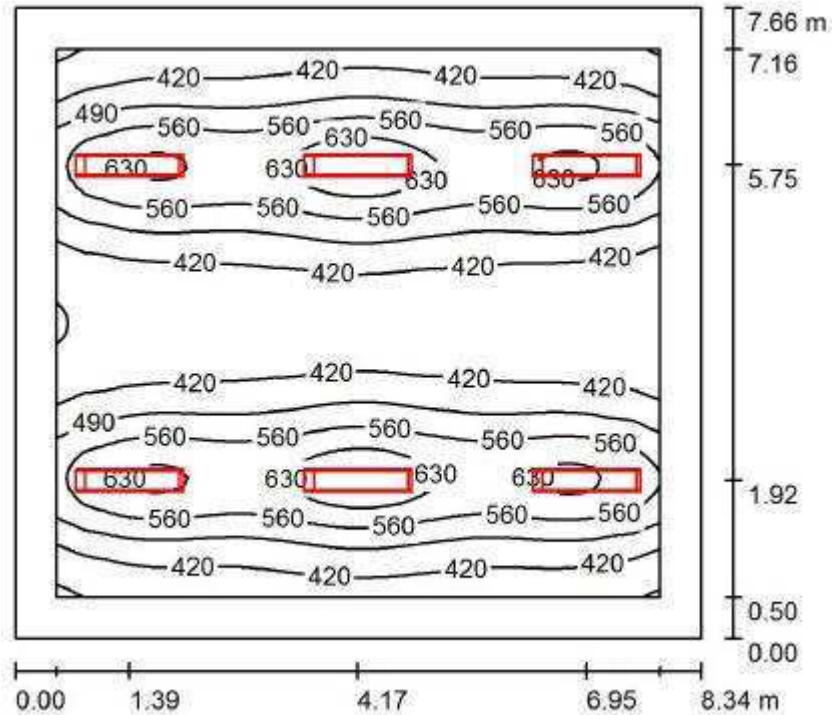


Figura 7. Valores de Iluminância e parâmetros (Hall de entrada – fluorescente).

Altura da sala: 3.000 m, Altura de montagem: 3.000 m, Factor de manutenção: 0.80				Valores em Lux, Escala 1:99	
Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	488	342	682	0.700
Solo	59	430	277	556	0.644
Tecto	78	247	191	287	0.774
Paredes (4)	77	308	188	530	/

Figura 8. Potência total (Hall de entrada – fluorescente).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	6	LUMICENTER CAND1-S232 (Tipo 1)* (1.000)	4478	5400	80.0
*Dados técnicos alterados			Total: 26869	Total: 32400	480.0
Potência específica: $7.51 \text{ W/m}^2 = 1.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Superfície básica: $63.88 \text{ m}^2$ )					

- Luminária LED

Figura 9. Distribuição fotométrica (Hall de entrada – LED).

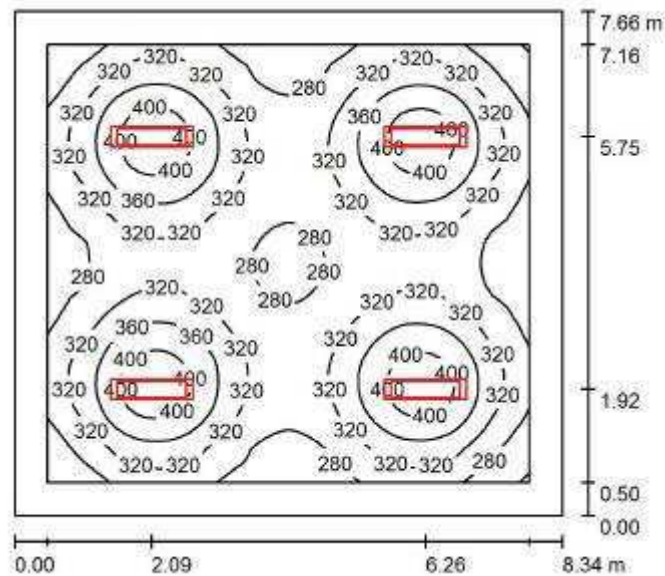


Figura 10. Valores de Iluminância e parâmetros (Hall de entrada - LED).

Altura da sala: 3.000 m, Altura de montagem: 3.035 m, Factor de manutenção: 0.80				Valores em Lux, Escala 1:99	
Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	324	238	426	0.734
Solo	59	285	190	333	0.668
Tecto	78	165	127	183	0.772
Paredes (4)	77	210	127	259	/

Figura 11. Potência total (Hall de entrada – LED).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	4	LUMICENTER LHT02-E4500740 (Tipo 1)* (1.000)	4500	4500	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 18000	Total: 18000	144.0

Potência específica:  $2.25 \text{ W/m}^2 = 0.70 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $63.88 \text{ m}^2$ )

## 2 – Laboratório de Simulação Digital

- Luminária Fluorescente

Figura 12. Distribuição fotométrica (LabSim – fluorescente).

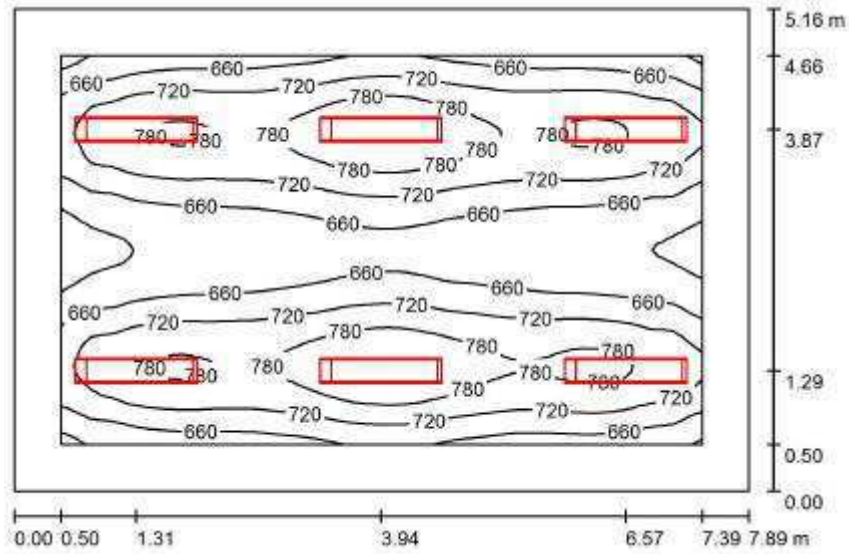


Figura 13. Valores de Iluminância e parâmetros (LabSim – fluorescente).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	709	573	841	0.808
Solo	59	614	438	715	0.714
Tecto	78	357	281	427	0.788
Paredes (4)	77	458	295	687	/

**Plano de uso:**

Altura: 0.750 m  
 Grelha: 64 x 64 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.654, Tecto / Plano de uso: 0.504.

Figura 14. Potência total (LabSim – fluorescente).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	6	LUMICENTER CAN01-S232 (Tipo 1)* (1.000)	4478	5400	80.0
*Dados técnicos alterados			Total: 26869	Total: 32400	480.0

Potência específica:  $11.79 \text{ W/m}^2 = 1.66 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $40.71 \text{ m}^2$ )

- Luminária LED:

Figura 15. Distribuição fotométrica (LabSim – LED).

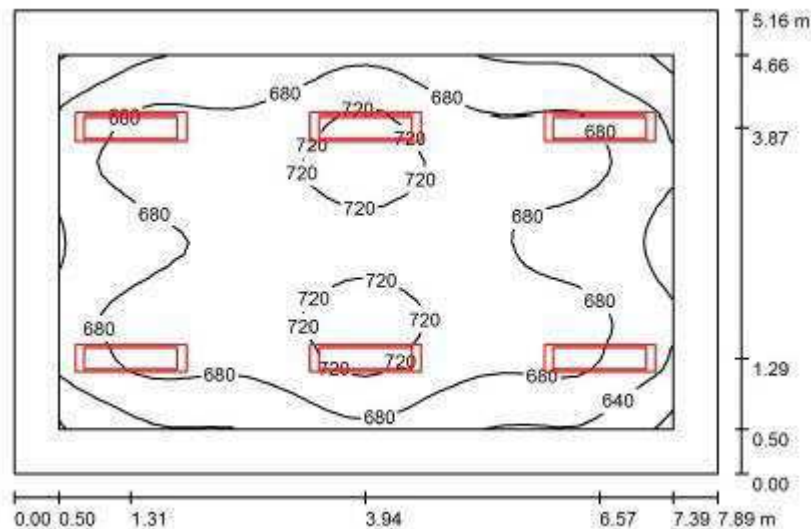


Figura 16. Valores de Iluminância e parâmetros (LabSim – LED).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	682	588	743	0.863
Solo	59	595	437	667	0.734
Tecto	78	360	286	433	0.794
Paredes (4)	77	475	301	613	/

Plano de uso:  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 32 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.712, Tecto / Plano de uso: 0.528.

Figura 17. Potência total (LabSim – LED).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	6	LUMICENTER LHT02-E4500740 (Tipo 1)* (1.000)	4500	4500	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 27000	Total: 27000	216.0

Potência específica:  $5.31 \text{ W/m}^2 = 0.78 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $40.71 \text{ m}^2$ )

### 3 – Laboratório de Proteção Digital

- Luminária Fluorescente

Figura 18. Distribuição fotométrica (LabPro – fluorescente).

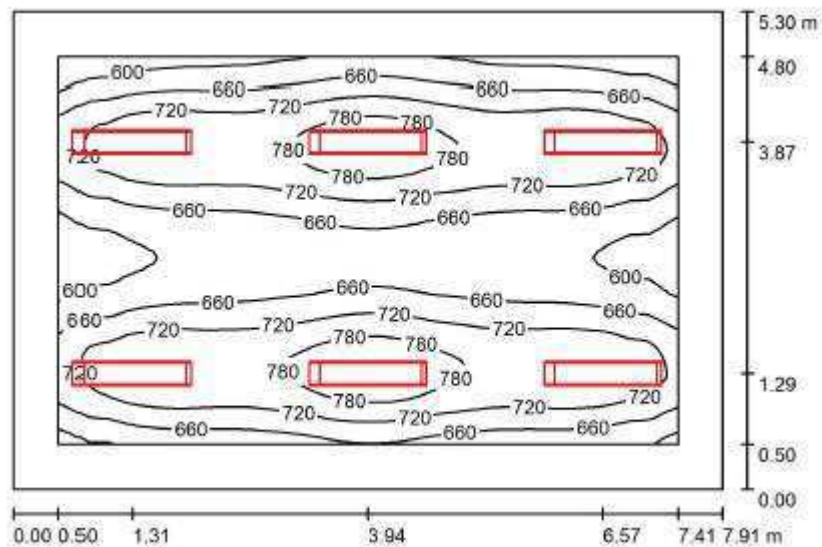


Figura 19. Valores de Iluminância e parâmetros (LabPro – fluorescente).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	694	542	829	0.782
Solo	59	601	403	706	0.671
Tecto	78	348	277	410	0.797
Paredes (4)	77	444	277	669	/

**Plano de uso:**

Altura: 0.750 m  
 Grelha: 64 x 64 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.646, Tecto / Plano de uso: 0.501.

Figura 20. Potência total (LabPro – fluorescente).

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	6	LUMICENTER CAN01-S232 (Tipo 1)* (1.000)	4478	5400	80.0
*Dados técnicos alterados			Total: 26869	Total: 32400	480.0

Potência específica:  $11.45 \text{ W/m}^2 = 1.65 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $41.92 \text{ m}^2$ )

- Luminária LED

Figura 21. Distribuição fotométrica (LabPro – LED).

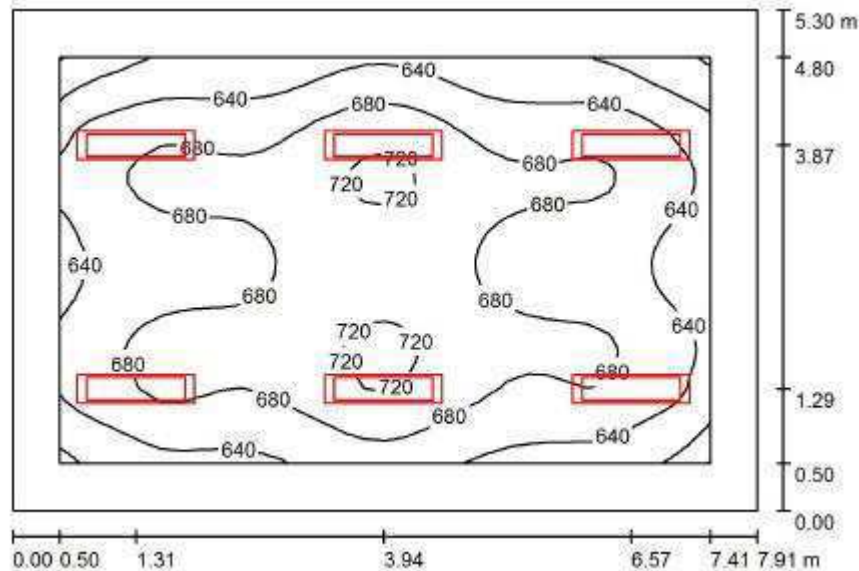


Figura 22. Valores de Iluminância e parâmetros (LabPro – LED).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	668	557	732	0.833
Solo	59	583	415	658	0.712
Tecto	78	350	278	421	0.792
Paredes (4)	77	461	280	603	/

Plano de uso:  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 32 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.702, Tecto / Plano de uso: 0.525.

Figura 23. Potência total (LabPro – LED).

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	6	LUMICENTER LHT02-E4500740 (Tipo 1)* (1.000)	4500	4500	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 27000	Total: 27000	216.0

Potência específica:  $5.15 \text{ W/m}^2 = 0.77 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $41.92 \text{ m}^2$ )

#### 4 – Sala de aula (Térreo)

- Luminária Fluorescente:

Figura 24. Distribuição Fotométrica (Sala de Aula/Térreo – fluorescente).

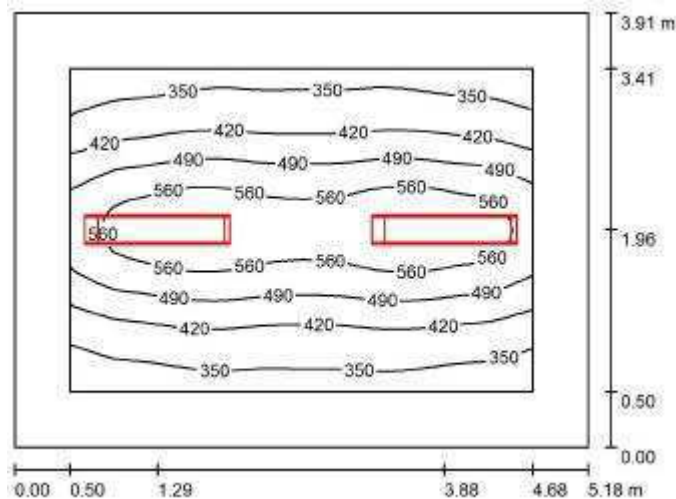


Figura 25. Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de aula/Térreo – fluorescente).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	457	302	614	0.661
Solo	59	361	235	479	0.652
Tecto	78	207	160	259	0.774
Paredes (4)	77	265	159	541	/

Plano de uso:  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 32 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.587, Tecto / Plano de uso: 0.452.



Figura 26. Potência total (Sala de aula/Térreo – fluorescente).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER CAN01-S232 (Tipo 1)* (1.000)	4478	5400	80.0
*Dados técnicos alterados			Total: 8956	Total: 10800	160.0
Potência específica: 7.90 W/m² = 1.73 W/m²/100 lx (Superfície básica: 20.25 m²)					

- Luminária LED:

Figura 27. Distribuição fotométrica (Sala de aula/Térreo – LED).

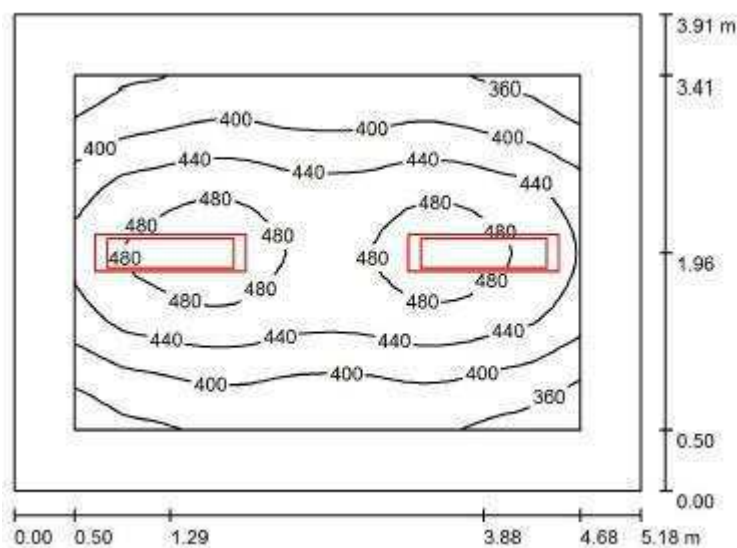


Figura 28. Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de aula/Térreo – LED).

Superfície	ρ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	428	332	502	0.774
Solo	59	346	252	405	0.728
Tecto	78	208	163	254	0.784
Paredes (4)	77	274	156	452	/

Plano de uso:

Altura: 0.750 m  
 Grelha: 32 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.651, Tecto / Plano de uso: 0.485.

Figura 29. Potência total (Sala de aula/Térreo – LED).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER LHT02-E4500740 (Tipo 1)* (1.000)	4500	4500	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 9000	Total: 9000	72.0
Potência específica: 3.55 W/m² = 0.83 W/m²/100 lx (Superfície básica: 20.25 m²)					

5 – Corredor (Primeiro andar)

- Luminária Fluorescente

Figura 30. Distribuição fotométrica (corredor/1º andar – fluorescente).

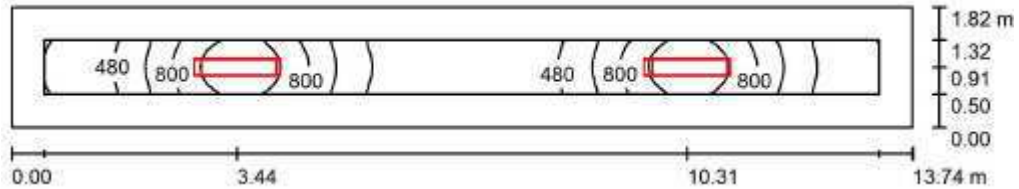


Figura 31. Valores de Iluminância e parâmetros (corredor/1º andar – fluorescente).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	633	318	1072	0.502
Solo	59	493	269	739	0.546
Tecto	78	289	179	411	0.618
Paredes (4)	77	368	179	912	/

Plano de uso:  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 128 x 8 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.600, Tecto / Plano de uso: 0.457.

Figura 32. Potência total (corredor/1º andar – fluorescente).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	4	LUMICENTER CAN01-S232 (Tipo 1)* (1.000)	4478	5400	80.0
*Dados técnicos alterados			Total: 17913	Total: 21600	320.0

Potência específica:  $12.80 \text{ W/m}^2 = 2.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $25.01 \text{ m}^2$ )

- Luminária LED

Figura 33. Distribuição fotométrica (corredor/1º andar – LED).

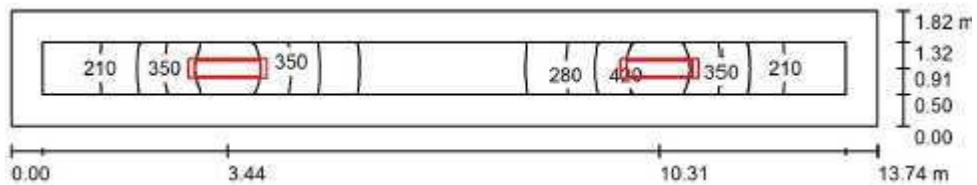


Figura 34. Valores de Iluminância e parâmetros (corredor/1º andar – LED).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	280	151	452	0.538
Solo	59	224	128	342	0.568
Tecto	78	149	87	231	0.585
Paredes (4)	77	193	88	539	/

Plano de uso:  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 128 x 8 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.727, Tecto / Plano de uso: 0.533.

Figura 35. Potência total (corredor/1º andar – LED).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER LHT02-E4500740 (Tipo. 1)* (1.000)	4500	4500	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 9000	Total: 9000	72.0

Potência específica:  $2.88 \text{ W/m}^2 = 1.03 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $25.01 \text{ m}^2$ )

## 6 – Sala de Professor

- Luminária Fluorescente

Figura 36. Distribuição fotométrica (Sala de Professor – fluorescente).

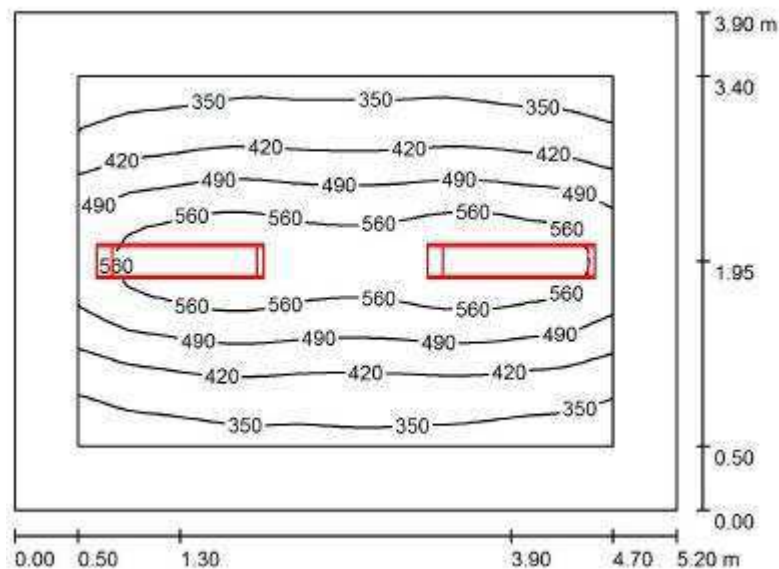


Figura 37. Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de professor – fluorescente).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	458	304	615	0.663
Solo	59	361	235	479	0.653
Tecto	78	207	159	255	0.770
Paredes (4)	77	265	157	540	/

Plano de uso:  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 32 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.587, Tecto / Plano de uso: 0.452.

Figura 38. Potência total (Sala de professor – fluorescente).

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER CAN01-S232 (Tipo 1)* (1.000)	4478	5400	80.0
*Dados técnicos alterados			Total: 8956	Total: 10800	160.0

Potência específica:  $7.89 \text{ W/m}^2 = 1.72 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $20.28 \text{ m}^2$ )

- Luminária LED

Figura 39. Distribuição fotométrica (Sala de professor – LED).

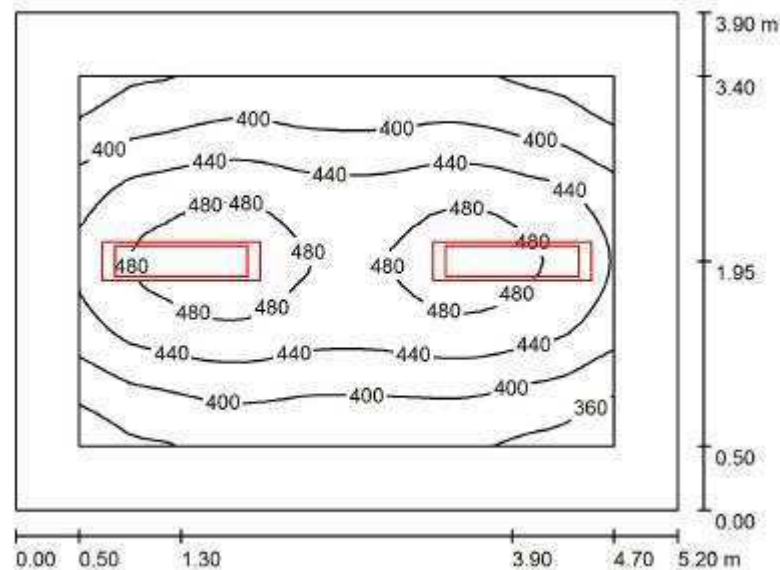


Figura 40. Valores de Iluminância e parâmetros (sala de professor – LED).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	430	333	504	0.775
Solo	59	346	251	404	0.726
Tecto	78	208	163	263	0.783
Paredes (4)	77	275	157	448	/

Plano de uso:  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 32 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.649, Tecto / Plano de uso: 0.484.

Figura 41. Potência total (Sala de professor – LED).

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER LHT02-E4500740 (Tipo 1)* (1.000)	4500	4500	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 9000	Total: 9000	72.0

Potência específica: 3.55 W/m<sup>2</sup> = 0.83 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Superfície básica: 20.28 m<sup>2</sup>)

## 7 – Corredor (Segundo andar)

- Luminária Fluorescente

Figura 42. Distribuição fotométrica (corredor/2º andar – fluorescente).

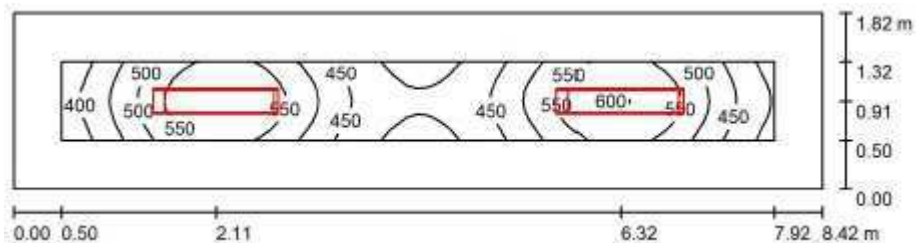


Figura 43. Valores de Iluminância e parâmetros (corredor/2º andar - fluorescente).

Superfície	ρ [%]	E <sub>m</sub> [lx]	E <sub>min</sub> [lx]	E <sub>max</sub> [lx]	E <sub>min</sub> / E <sub>m</sub>
Plano de uso	/	492	386	604	0.744
Solo	59	378	283	447	0.696
Tecto	78	227	160	274	0.705
Paredes (4)	77	294	169	515	/

**Plano de uso:**  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 64 x 8 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.617, Tecto / Plano de uso: 0.461.

Figura 44. Potência total (corredor/2º andar – fluorescente).

N°	Unid.	Denominação (Factor de correção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER CAN01-S232 (Tipo 1)* (1.000)	4478	5400	80.0
*Dados técnicos alterados			Total: 8956	Total: 10800	160.0

Potência específica: 10.44 W/m<sup>2</sup> = 2.12 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Superfície básica: 15.32 m<sup>2</sup>)

- Luminária LED

Figura 45. Distribuição fotométrica (corredor/2º andar – LED).

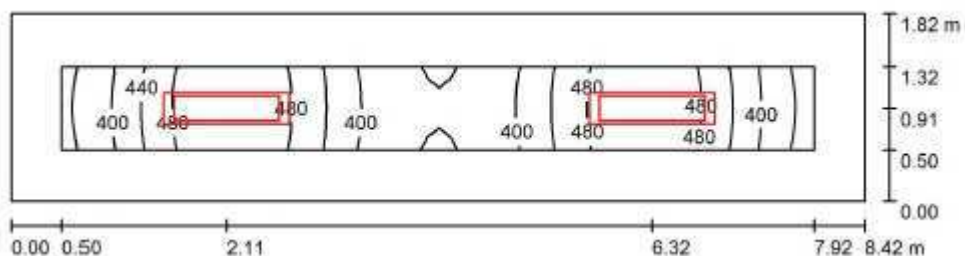


Figura 46. Valores de Iluminância e parâmetros (corredor/2º andar – LED).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	436	344	517	0.789
Solo	59	344	242	415	0.701
Tecto	78	235	160	290	0.681
Paredes (4)	77	306	172	599	/

**Plano de uso:**  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 64 x 8 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.744, Tecto / Plano de uso: 0.540.

Figura 47. Potência total (corredor/2º andar – LED).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER LHT02-E4500740 (Tipo 1)* (1.000)	4500	4500	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 9000	Total: 9000	72.0

Potência específica:  $4.70 \text{ W/m}^2 = 1.08 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $15.32 \text{ m}^2$ )

## 8 – Auditório

- Luminária Fluorescente

Figura 48. Distribuição fotométrica (auditório – fluorescente).

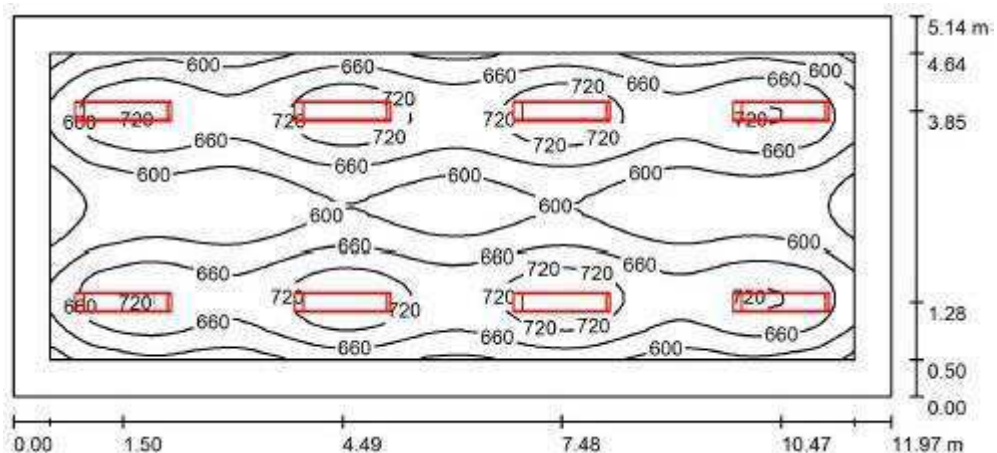


Figura 49. Valores de Iluminância e parâmetros (auditório – fluorescente).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	649	501	777	0.773
Solo	59	572	390	662	0.683
Tecto	78	328	259	378	0.788
Paredes (4)	77	415	260	572	/

Plano de uso:  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 64 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.643, Tecto / Plano de uso: 0.506.

Figura 50. Potência total (auditório – fluorescente).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	8	LUMICENTER CAN01-S232 (Tipo 1)* (1.000)	4478	5400	80.0
*Dados técnicos alterados			Total: 35825	Total: 43200	640.0

Potência específica:  $10.40 \text{ W/m}^2 = 1.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $61.53 \text{ m}^2$ )

- Luminária LED

Figura 51. Distribuição fotométrica (auditório – LED).

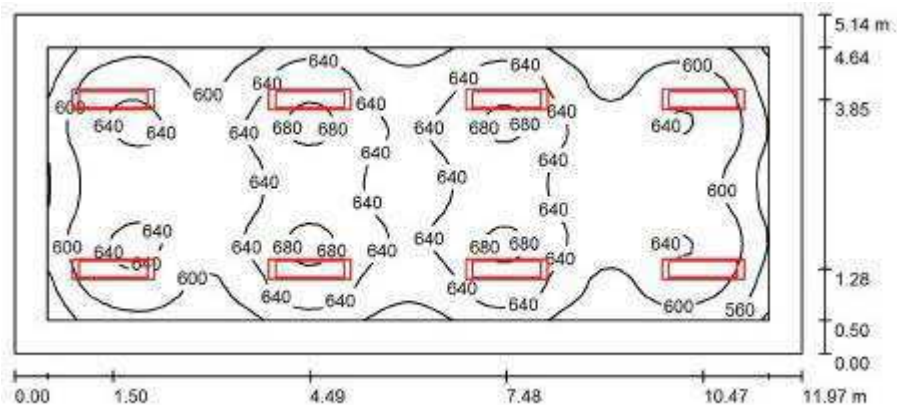


Figura 52. Valores de Iluminância e parâmetros (auditório – LED).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	625	515	692	0.825
Solo	59	555	393	622	0.708
Tecto	78	331	251	389	0.757
Paredes (4)	77	434	285	551	/

Plano de uso:  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 64 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.703, Tecto / Plano de uso: 0.530.

Figura 53. Potência total (auditório – LED).

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	8	LUMICENTER LHT02-E4500740 (Tipo 1)* (1.000)	4500	4500	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 36000	Total: 36000	288.0
Potência específica: 4.68 W/m² = 0.75 W/m²/100 lx (Superfície básica: 61.53 m²)					

## 9 – Copa

- Luminária Fluorescente

Figura 54. Distribuição fotométrica (copa – fluorescente).

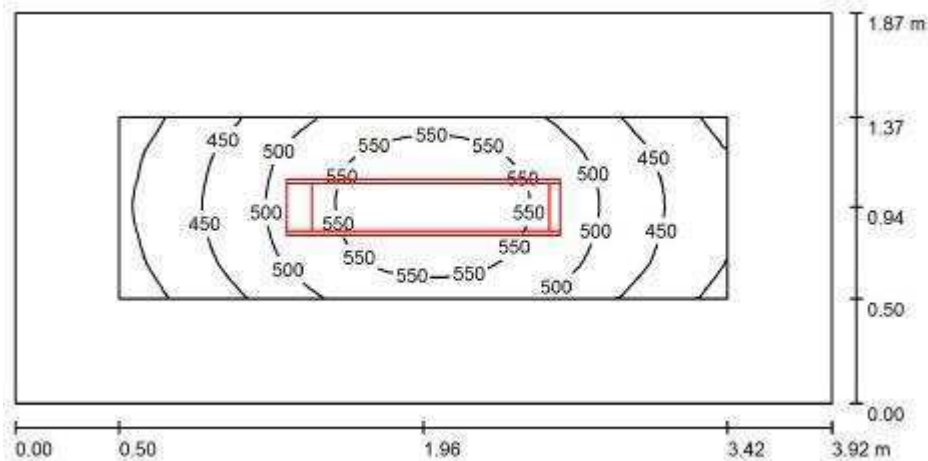


Figura 55. Valores de Iluminância e parâmetros (copa – fluorescente).

Superfície	ρ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	493	375	583	0.761
Solo	59	350	256	418	0.731
Tecto	78	217	160	256	0.736
Paredes (4)	77	283	163	494	/
<b>Plano de uso:</b>					
Altura:	0.750 m				
Grelha:	32 x 16 Pontos				
Zona marginal:	0.500 m				
Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.594, Tecto / Plano de uso: 0.441.					

Figura 56. Potência total (copa – fluorescente).

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	1	LUMICENTER CAN01-S232 (Tipo 1)* (1.000)	4478	5400	80.0
*Dados técnicos alterados			Total: 4478	Total: 5400	80.0
Potência específica: 10.91 W/m² = 2.21 W/m²/100 lx (Superfície básica: 7.33 m²)					



- Luminária LED

Figura 57. Distribuição fotométrica (copa – LED).

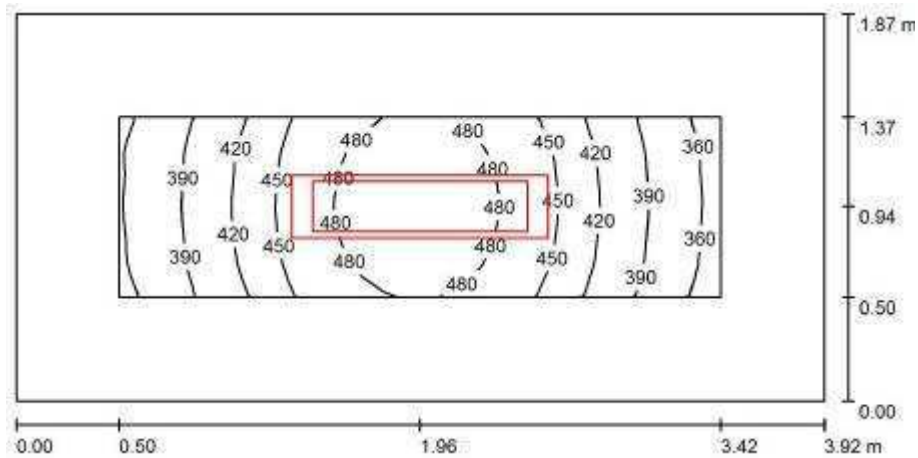


Figura 58. Valores de Iluminância e parâmetros (copa – LED).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	434	348	498	0.803
Solo	59	319	244	375	0.765
Tecto	78	226	163	270	0.720
Paredes (4)	77	291	167	572	/

Plano de uso:  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 32 x 16 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.713, Tecto / Plano de uso: 0.520

Figura 59. Potência total (copa – LED).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	1	LUMICENTER LHT02-E4500740 (Tipo 1)* (1.000)	4500	4500	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 4500	Total: 4500	36.0

Potência específica:  $4.91 \text{ W/m}^2 = 1.13 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $7.33 \text{ m}^2$ )

## 10 – Sala de aula (Segundo andar)

- Luminária Fluorescente

Figura 60. Distribuição fotométrica (sala de aula/2º andar – fluorescente).

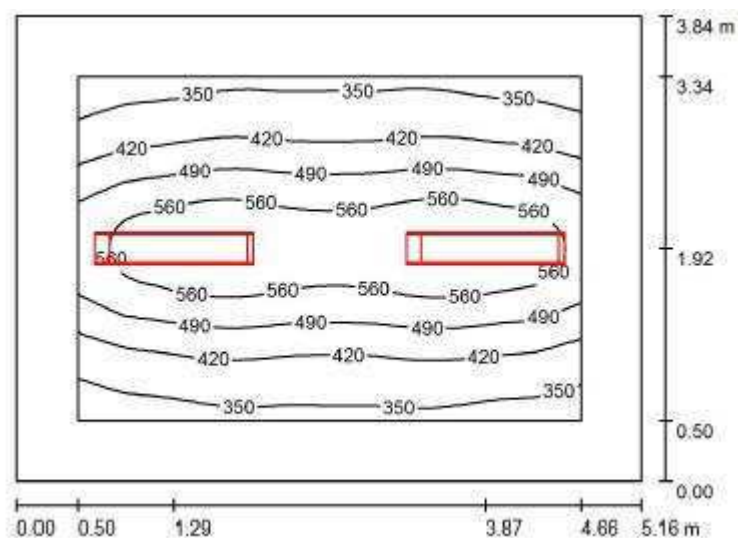


Figura 61. Valores de Iluminância e parâmetros (sala de aula/2º andar - fluorescente).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	466	311	620	0.668
Solo	59	367	240	484	0.654
Tecto	78	211	164	261	0.778
Paredes (4)	77	271	170	553	/

Plano de uso:  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 32 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.592, Tecto / Plano de uso: 0.454.

Figura 62. Potência total (sala de aula/2º andar – fluorescente).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER CAN01-S232 (Tipo 1)* (1.000)	4478	5400	80.0
*Dados técnicos alterados			Total: 8956	Total: 10800	160.0

Potência específica:  $8.07 \text{ W/m}^2 = 1.73 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $19.81 \text{ m}^2$ )

- Luminária LED

Figura 63. Distribuição fotométrica (sala de aula/2º andar - LED).

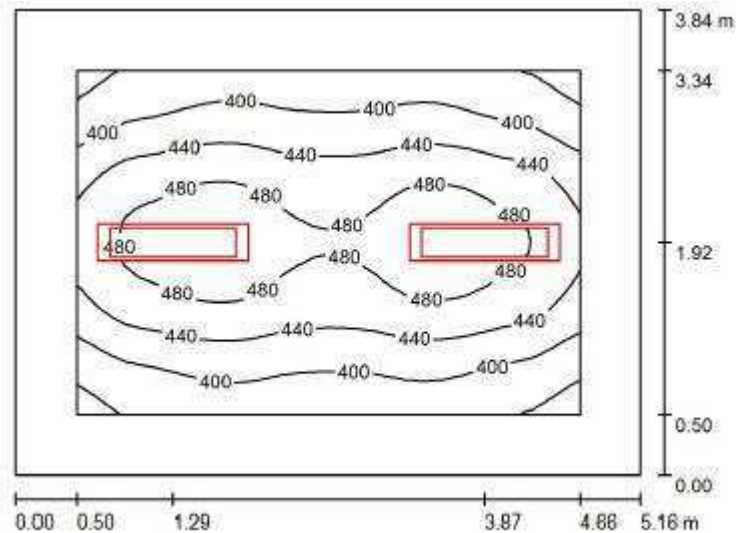


Figura 64. Valores de Iluminância e parâmetros (sala de aula/2º andar – LED).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	436	343	508	0.787
Solo	59	352	262	411	0.745
Tecto	78	213	169	272	0.795
Paredes (4)	77	281	168	457	/

Plano de uso:  
 Altura: 0.750 m  
 Grelha: 32 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m  
 Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.657, Tecto / Plano de uso: 0.487.

Figura 65. Potência total (sala de aula/2º andar – LED).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER LHT02-E4500740 (Tipo 1)* (1.000)	4500	4500	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 9000	Total: 9000	72.0

Potência específica:  $3.63 \text{ W/m}^2 = 0.83 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $19.81 \text{ m}^2$ )

## 11 – Sala de reunião

- Luminária Fluorescente

Figura 66. Distribuição fotométrica (Sala de Reunião – fluorescente).

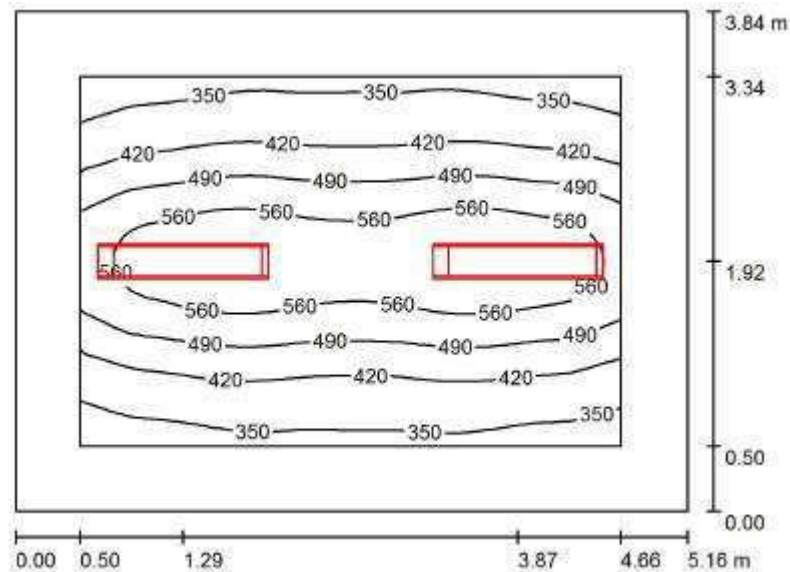


Figura 67. Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de Reunião – fluorescente).

Superfície	ρ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	466	311	620	0.668
Solo	59	367	240	484	0.654
Tecto	78	211	164	261	0.778
Paredes (4)	77	271	170	553	/

**Plano de uso:**

Altura: 0.750 m  
 Grelha: 32 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.592, Tecto / Plano de uso: 0.454.

Figura 68. Potência total (Sala de Reunião – fluorescente).

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	Φ (Luminária) [lm]	Φ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER CAN01-S232 (Tipo 1)* (1.000)	4478	5400	80.0
*Dados técnicos alterados			Total: 8956	Total: 10800	160.0

Potência específica:  $8.07 \text{ W/m}^2 = 1.73 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $19.81 \text{ m}^2$ )

- Luminária LED

Figura 69. Distribuição fotométrica (Sala de Reunião – LED).

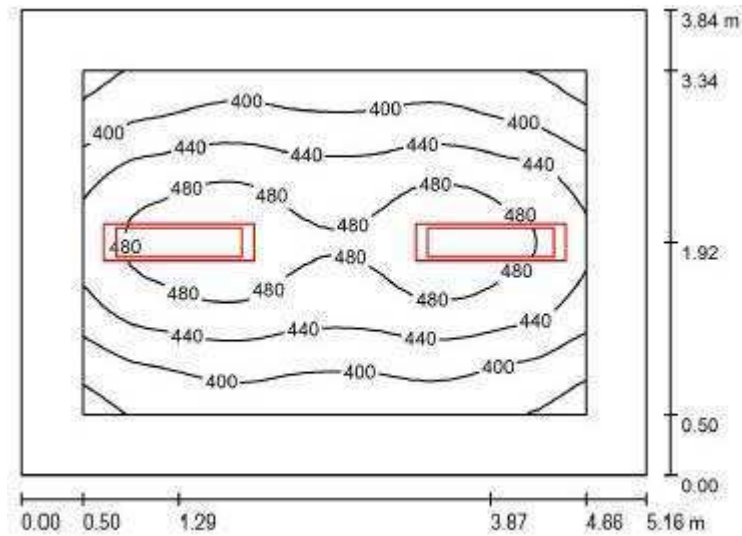


Figura 70. Valores de Iluminância e parâmetros (Sala de Reunião – LED).

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano de uso	/	436	343	508	0.787
Solo	59	352	262	411	0.745
Tecto	78	213	169	272	0.795
Paredes (4)	77	281	168	457	/

Plano de uso:

Altura: 0.750 m  
 Grelha: 32 x 32 Pontos  
 Zona marginal: 0.500 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.657, Tecto / Plano de uso: 0.487.

Figura 71. Potência total (Sala de Reunião – LED).

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ (Luminária) [lm]	$\Phi$ (Lâmpadas) [lm]	P [W]
1	2	LUMICENTER LHT02-E4500740 (Tipo 1)* (1.000)	4500	4500	36.0
*Dados técnicos alterados			Total: 9000	Total: 9000	72.0

Potência específica:  $3.63 \text{ W/m}^2 = 0.83 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $19.81 \text{ m}^2$ )