

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**ALYSSON CAYE**

**PROJETO DE DIPLOMAÇÃO**

**EFICIENTIZAÇÃO DE PROJETOS LUMINOTÉCNICOS EM  
AMBIENTES DE ESCOLA PÚBLICA**

Porto Alegre

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

## **EFICIENTIZAÇÃO DE PROJETOS LUMINOTÉCNICOS EM AMBIENTES DE ESCOLA PÚBLICA**

Projeto de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para Graduação em Engenharia Elétrica.

ORIENTADOR: Dr. Luiz Tiarajú dos Reis Loureiro

Porto Alegre

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ALYSSON CAYE

## **EFICIENTIZAÇÃO DE PROJETOS LUMINOTÉCNICOS EM AMBIENTES DE ESCOLA PÚBLICA**

Este projeto foi julgado adequado para fazer jus aos créditos da Disciplina de “Projeto de Diplomação”, do Departamento de Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Luiz Tiarajú dos Reis Loureiro, UFRGS

Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais

pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre,

Brasil

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luiz Tiarajú dos Reis Loureiro, UFRGS

Doutor Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais

pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, Brasil

Engº Eletricista Leonir A. Vivian Filho, APS Engenharia de Energia

Formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, Brasil

Prof. Dr. Roberto Petry Homrich, UFRGS

Doutor em Engenharia Elétrica

pela Universidade Estadual de Campinas – Campinas, Brasil

Porto Alegre, julho de 2010.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, pela dedicação e apoio em todos os momentos da minha vida. Tudo o que tenho e tudo o que sou, devo a eles.

## AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer...

Aos meus pais, Arcelo e Dinéia, por terem me proporcionado a chance de obter esta conquista.

À minha namorada, Bruna, pelo carinho, amor, atenção e paciência dedicados a mim e pelos momentos maravilhosos pelos quais passamos.

Aos meus avós, Léo (*in memorian*) e Dinoá, e à minha avó, Eugênia, por todo carinho e amor que dedicaram a mim.

Aos meus amigos Bernardo, Glenyo, Guilherme, Henrique, Lucas e Tiago por terem dividido moradia em Porto Alegre comigo.

Aos colegas que tive durante esta caminhada pelo seu auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso.

À empresa APS Engenharia de Energia pela oportunidade de trabalho que recebi e pela disponibilização de dados para a elaboração deste trabalho.

Ao Eng<sup>o</sup> Leonir A. Vivian Filho por ter me apoiado e fornecido informações para este trabalho.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul por proporcionar um ensino público, gratuito e de qualidade.

E um agradecimento especial ao prof. Luiz Tiarajú pela orientação neste trabalho e por suas aulas na cadeira de Conversão Eletromecânica de Energia II.

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta a etapa de Diagnóstico de um Programa de Eficiência Energética segundo os critérios da ANEEL. Serão propostas duas soluções para a efficientização de projetos luminotécnicos de uma escola pública. As propostas serão analisadas indicando qual seria a mais vantajosa. Por fim, será apresentado um benefício não-quantizável que pode ser proporcionado por um projeto de efficientização em uma escola pública.

**Palavras-chaves:** Engenharia Elétrica. Eficiência Energética. Projetos Luminotécnicos. Desempenho Escolar. Escola Pública. DIALux. Conceitos de Iluminação. ANEEL. Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética.

## **ABSTRACT**

This paper presents a step called Diagnostic from an Energy Efficiency Program according to criteria of ANEEL. Two solutions to the efficiency improvement of lighting design in a public school will be proposed. Proposals will be reviewed indicating what would be the most advantageous. Finally, a benefit non-quantifiable that can be provided by an efficiency improvement project in a public school will be presented.

**Keywords: Electrical Engineering. Energy Efficiency. Lighting design. School Performance. Public School. DIALux. Concepts of Enlightenment. ANEEL. Manual for Development of Energy Efficiency Program.**

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Motivação .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>ILUMINAÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Conceitos De Iluminação .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Tipos de Lâmpadas.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Comparação Quanto à Eficiência Luminosa .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3</b>	<b>Luminárias .....</b>	<b>27</b>
<b>2.4</b>	<b>Equipamentos Auxiliares.....</b>	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>MANUAL PARA ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA</b>	
	<b>ENERGÉTICA DA ANEEL.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1</b>	<b>Etapas De Execução Dos Projetos.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2</b>	<b>Tipologia de Projetos.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3</b>	<b>Roteiro Básico para Elaboração de Projetos .....</b>	<b>34</b>
<b>3.4</b>	<b>CrITÉrios para avaliação.....</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>O SOFTWARE DIALUX .....</b>	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>44</b>
<b>5.1</b>	<b>Exigências do Manual para Elaboração do Programa de Eficiência</b>	
	<b>Energética 45</b>	
<b>5.2</b>	<b>Levantamento e Análise de Dados .....</b>	<b>45</b>
<b>5.3</b>	<b>Análise de Soluções e Proposta de Projeto .....</b>	<b>47</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Vida útil dos equipamentos e Fator de Recuperação de Capital .....</b>	<b>49</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Cálculo do Custo Anualizado e Relação Custo Benefício .....</b>	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>CONTRAPONTO AO ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>53</b>
<b>6.1</b>	<b>Resultados Obtidos com a Nova Linha de Lâmpadas Fluorescentes .....</b>	<b>54</b>
<b>6.1.1</b>	<b>Vida útil dos equipamentos e Fator de Recuperação de Capital .....</b>	<b>56</b>
<b>6.1.2</b>	<b>Cálculo do Custo Anualizado e Relação Custo Benefício .....</b>	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>ANÁLISE DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>60</b>
<b>7.1</b>	<b>Análise de Energia Economizada e Redução de Demanda na Ponta .....</b>	<b>60</b>
<b>7.2</b>	<b>Análise de Orçamentos.....</b>	<b>61</b>
<b>7.3</b>	<b>Análise de Custos Anualizados, Benefícios Anualizados e Relação Custo</b>	
	<b>Benefício 61</b>	
<b>7.4</b>	<b>Análise Global de Indicadores.....</b>	<b>62</b>
<b>8</b>	<b>BENEFÍCIOS NÃO QUANTIFICÁVEIS .....</b>	<b>64</b>
<b>8.1</b>	<b>Estimativa de Investimento por Aluno .....</b>	<b>65</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>10</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>69</b>
<b>11</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO C</b>	<b>.....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO D</b>	<b>.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO E</b>	<b>.....</b>	<b>85</b>



## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

<b>FLUXO LUMINOSO. [4]</b> .....	<b>17</b>
<b>INTENSIDADE LUMINOSA. [4]</b> .....	<b>18</b>
<b>ILUMINÂNCIA. [6]</b> .....	<b>18</b>
<b>EFICIÊNCIA LUMINOSA. [4]</b> .....	<b>19</b>
<b>TEMPERATURA DE COR. [2]</b> .....	<b>20</b>
<b>GRÁFICO QUE RELACIONA AS EFICIÊNCIAS LUMINOSAS DAS LÂMPADAS.[12]</b> .....	<b>26</b>
<b>ETAPAS DO PROJETO E APROPRIAÇÃO DE RECURSOS. [1]</b> .....	<b>33</b>
<b>VISTA AÉREA DA ESCOLA ANÔNIMA.[8]</b> .....	<b>44</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS UTILIZADOS EM REFRATORES E DIFUSORES. [3] .....</b>	<b>29</b>
<b>TABELA 2 – FATOR DE POTÊNCIA E DISTORÇÃO HARMÔNICA DE REATORES. [3] .....</b>	<b>30</b>

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - DEFINIÇÃO DE METAS DE EE E RDP. [1].....	36
QUADRO 2 – NÍVEL DE ILUMINAMENTO MÉDIO DOS AMBIENTES E VALORES RECOMENDADOS PELA NORMA NBR 5413/1992. ....	46
QUADRO 3 – DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO. ....	47
QUADRO 4 – RESULTADOS OBTIDOS PELA PROPOSTA DA APS ENGENHARIA DE ENERGIA.....	48
QUADRO 5 – ORÇAMENTO PROPOSTA APS ENGENHARIA DE ENERGIA. ....	49
QUADRO 6 – PLANILHA PARA CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DO EQUIPAMENTO.....	50
QUADRO 7 – EQUIPAMENTOS DA PROPOSTA E RESPECTIVA VIDA ÚTIL DETERMINADA.....	50
QUADRO 8 – EQUIPAMENTOS DA PROPOSTA SUA VIDA ÚTIL, TAXA DE DESCONTO E FRC. ....	51
QUADRO 9 – PLANILHA PARA CÁLCULO DO CUSTO ANUALIZADO DE CADA EQUIPAMENTO. ....	52
QUADRO 10 – VALORES DE CA, B E RCB DA PROPOSTA. ....	52
QUADRO 11 – RESULTADOS OBTIDOS – PROPOSTA ALTERNATIVA.....	54
QUADRO 12 – ORÇAMENTO PROPOSTA ALTERNATIVA. ....	55
QUADRO 13 – PLANILHA PARA CÁLCULO DA VIDA ÚTIL DO EQUIPAMENTO.....	56
QUADRO 14 – EQUIPAMENTOS DA PROPOSTA E RESPECTIVA VIDA ÚTIL DETERMINADA.....	57
QUADRO 15 – EQUIPAMENTOS DA PROPOSTA SUA VIDA ÚTIL, TAXA DE DESCONTO E FRC.....	58
QUADRO 16 – PLANILHA PARA CÁLCULO DO CUSTO ANUALIZADO DE CADA EQUIPAMENTO. ....	58
QUADRO 17 – VALORES DE CA, B E RCB DA PROPOSTA. ....	59
QUADRO 18 - ENERGIA ECONOMIZADA E REDUÇÃO DE DEMANDA NA PONTA DAS PROPOSTAS.....	60
QUADRO 19 – ORÇAMENTO DAS PROPOSTAS.....	61
QUADRO 20 - CUSTOS ANUALIZADOS, BENEFÍCIOS ANUALIZADOS E RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO DAS PROPOSTAS. ....	62
QUADRO 21 – TODOS INDICADORES DAS PROPOSTAS.....	62
QUADRO A.1 – PLANILHA PARA CÁLCULO HORAS/ANO FP, HORAS/ANO P E HORAS/ANO TOTAL.....	71
QUADRO B.1 - PLANILHA PARA CÁLCULO POTÊNCIA TOTAL (kW), CONSUMO FP (MWh), CONSUMO P (MWh) E CONSUMO TOTAL (MWh).....	72

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

PEE: Programa de Eficiência Energética

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

EE: Energia Economizada

RDP: Redução de Demanda na Ponta

CEE: Custo Evitado de Energia

CED: Custo Evitado de Demanda

## **1 INTRODUÇÃO**

Conforme dispõe a Lei no 9.991, de 24 de julho de 2000, as empresas concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica, devem aplicar um percentual mínimo da receita operacional líquida em Programas de Eficiência Energética – PEE, segundo regulamentos da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. O objetivo desses programas é demonstrar à sociedade a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício de energia elétrica e de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Para isso, busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada no âmbito desses programas. Busca-se, enfim, a transformação do mercado de energia elétrica, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos racionais de uso da energia elétrica.[1]

Este trabalho irá apresentar a análise, projeto e solução para a efficientização de projetos luminotécnicos em ambientes de uma escola pública apresentando os critérios e as exigências estabelecidos no Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética da ANEEL de 2008.

Por fim, será mostrado um benefício não-mensurável que um projeto de efficientização pode trazer a uma escola.

### **1.1 MOTIVAÇÃO**

A sociedade moderna tornou a energia elétrica um energético indispensável a seu crescimento incessante nos dias de hoje, de tal forma que, para a economia de um país crescer, é necessário o aumento da capacidade de produção de energia elétrica. Deve-se

considerar que o crescimento da economia é contínuo, portanto, o aumento da produção de energia deverá seguir esta tendência.

Entretanto, cabe o questionamento: haveria outra forma de se disponibilizar mais energia elétrica que não fosse o aumento de fontes de geração?

A resposta para esta pergunta é Eficiência Energética. Através da efficientização de equipamentos é possível reduzir o consumo e a demanda de energia elétrica, evitando a necessidade de novas fontes de geração de energia elétrica.

A possibilidade de elaboração de um trabalho que demonstra uma forma de solução para este problema atual motivou o autor a optar pela escolha do tema “Eficientização de Projetos Luminotécnicos em Ambientes de Uma Escola Pública”.

## **1.2 OBJETIVOS**

Neste trabalho será apresentado o estudo de caso de uma escola pública cuja iluminação apresentava-se ineficiente em termos de nível de iluminamento, consumo e demanda de energia elétrica. Será possível perceber que através da melhoria dos equipamentos instalados, podem-se reduzir custos com o consumo de energia elétrica, diminuir a demanda de energia em horário de ponta e ainda melhorar o nível de iluminamento em diversos ambientes da escola.

Primeiramente, serão apresentados os conceitos básicos de iluminação. Estes são utilizados para a escolha dos equipamentos novos a serem instalados e também para a avaliação do nível de iluminamento dos ambientes que foram contemplados no levantamento realizado em campo pela equipe técnica da empresa APS Engenharia de Energia. Este levantamento é primordial para que se obtenham as dimensões dos ambientes, seu nível de

iluminamento, a que atividade se destina cada ambiente para fins de enquadramento às exigências da norma específica e os horários em que a iluminação é utilizada.

A seguir serão mostrados os conceitos constantes no Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética da ANEEL, de 2008. Estes conceitos nortearão todo o trabalho a ser realizado na Escola Pública, pois a partir deles se definirá a viabilidade do projeto.

Após, será apresentado o levantamento realizado na escola, com os resultados obtidos. A partir disso, será feita uma avaliação dos equipamentos que podem ser melhorados tanto em termos de consumo e demanda de energia elétrica quanto em termos de iluminância cujo nível mínimo é estabelecido pela Norma NBR 5413 – Iluminância de Interiores.

Na sequência será mostrada a solução para os diversos ambientes que foram avaliados, apresentando critérios exigidos pela ANEEL para este tipo de Programa de Eficiência Energética.

E por fim, será apresentada uma análise sobre um benefício não-mensurável que um projeto de efficientização pode proporcionar.

## 2 ILUMINAÇÃO

Desde os tempos primitivos o homem utiliza-se de iluminação artificial. Em tempos remotos, com o aprendizado de controle do fogo, este era usado para tal finalidade. Entretanto, grande parte da energia gerada era transformada em energia térmica e apenas uma pequena parcela em energia luminosa.

Por muito tempo a iluminação artificial foi gerada através da chama do fogo, como exemplo tem-se as velas e lampiões.

Em 1879, Thomas Alva Edison inventou a lâmpada incandescente elétrica, que anos mais tarde passou a ser a principal forma de iluminação artificial, tanto que até hoje se utiliza a lâmpada incandescente.

### 2.1 CONCEITOS DE ILUMINAÇÃO

Para um melhor entendimento deste trabalho, é importante esclarecer alguns conceitos de iluminação que serão utilizados ao longo do desenvolvimento e que são essenciais na avaliação das condições de iluminação dos ambientes levantados e para a escolha dos equipamentos mais adequados a cada ambiente. A seguir são descritos os principais conceitos de iluminação:

- **Fluxo Luminoso ( $\Phi$ ):** é a “grandeza característica de um fluxo energético, exprimindo sua aptidão de produzir uma sensação luminosa no ser humano através do



estímulo da retina ocular, avaliada segundo os valores da eficácia luminosa relativa admitidos pela Comissão Internacional C.I.E.” (ABNT). [2]

A unidade de fluxo é o lúmen (lm), definido como “fluxo luminoso emitido no interior de um ângulo sólido igual a um esferorradiano, por uma fonte luminosa puntiforme de intensidade invariável e igual a uma candela, de mesmo valor em todas as direções”. Na prática, não temos fonte puntiforme, porém, quando seu diâmetro for menor que 20% da distância que a separa do ponto em que consideramos o efeito, ela atua como puntiforme. A relação 10% é usada nos trabalhos de maior precisão. [2]

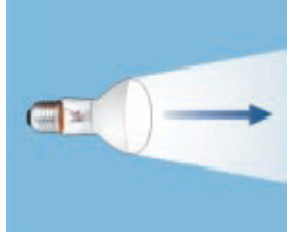


Fluxo Luminoso. [4]

- **Intensidade Luminosa (I):** é o “limite da relação entre o fluxo luminoso em um ângulo sólido em torno de uma direção dada e o valor desse ângulo sólido, quando esse ângulo sólido tende para zero”,

$$I = \frac{d\phi}{d\omega}$$

A unidade de intensidade luminosa no nosso sistema legal é a candela (cd), e corresponde à “intensidade luminosa, na direção perpendicular a uma superfície plana de área igual a 1/600.000 m<sup>2</sup>, de um corpo negro, à temperatura de solidificação da platina, sob pressão de 101.325 N/m<sup>2</sup>”. [2]



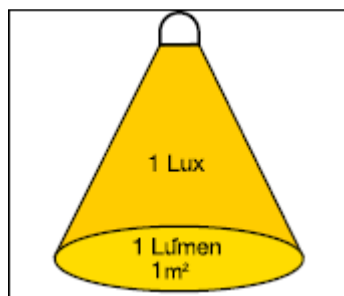
Intensidade Luminosa. [4]

- **Nível de Iluminação ou Iluminância (E):** é o “fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada.” Podemos também defini-la (em um ponto de uma superfície) como “a densidade superficial de fluxo luminoso recebido”,

$$E = \frac{d\phi}{dS}$$

A unidade brasileira de *iluminância* é o lux (lx): “iluminância de uma superfície plana, de área igual a 1 m<sup>2</sup>, que recebe, na direção perpendicular, um fluxo luminoso igual a 1 lm, uniformemente distribuído”. A Inglaterra e os Estados Unidos utilizam como unidade de *iluminância* o *foot-candle* (vela-pé), que é igual a um lúmen por pé quadrado (1 lm/pé<sup>2</sup>). [2]

A Norma NBR5413 - Iluminância de Interiores estabelece diversos valores de iluminâncias médias mínimas para iluminação artificial conforme a atividade desenvolvida no ambiente. Desta forma, a Iluminância será a principal característica a ser avaliada nos levantamentos realizados em campo.



Iluminância. [6]

- **Eficiência Luminosa ( $\eta$ ):** a Eficiência Luminosa de uma fonte luminosa é a relação entre o fluxo luminoso total emitido pela fonte e a potência por ela absorvida,

$$\eta = \frac{\phi}{P}$$

onde  $\phi$  é o fluxo luminoso emitido pela fonte luminosa (lm);  $P$  o fluxo radiante ou potência absorvida (W); e  $\eta$  a eficiência luminosa (lm/W). [2]

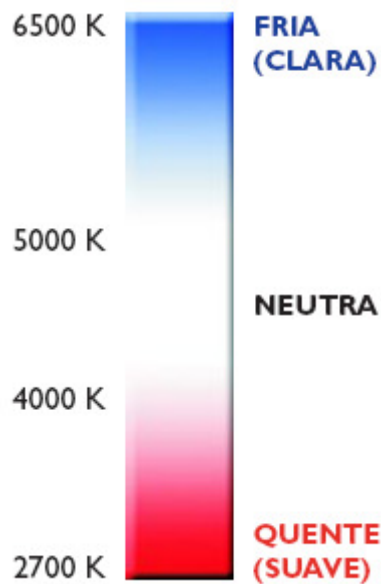


Eficiência Luminosa. [4]

- **Vida Útil de Lâmpadas:** É definida como o tempo em horas, no qual cerca de 25% do fluxo luminoso das lâmpadas testadas foi depreciado. Ao longo da vida útil da lâmpada, é comum ocorrer uma diminuição do fluxo luminoso que sai da luminária, em razão da própria depreciação normal do fluxo da lâmpada e devido ao acúmulo de poeira sobre as superfícies da lâmpada e do refletor. Este fator deve ser considerado no cálculo do projeto de iluminação, a fim de preservar a iluminância média (lux) projetada sobre o ambiente ao longo da vida útil da lâmpada. [4]

- **Vida Mediana:** É definida como o tempo em horas, do qual 50% das lâmpadas de um grupo representativo, testadas sob condições controladas de operação, tiveram queima. (Esta característica é definida pelo fabricante da lâmpada e será fundamental para definir o tempo de retorno do investimento, baseado nas horas de utilização da iluminação artificial de cada ambiente). [4]

- **Temperatura de Cor:** é a grandeza que expressa a aparência de cor de uma luz. Sua unidade é o *Kelvin* (K). Quanto mais alta é a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. A temperatura de cor de aproximadamente 3000 K corresponde a “*luz quente*” de aparência amarelada. A “*luz fria*” (6000 K ou mais), por outro lado, tem aparência branco violeta. A “*luz branca natural*” emitida pelo sol em céu aberto, ao meio dia, tem temperatura de cor de 5800 K. [2]



Temperatura de Cor. [2]

- **Índice de Reprodução de Cor (IRC):** é a medida de correspondência entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma fonte de luz. Corresponde a um número abstrato, variando de 0 a 100, que indica aproximadamente como a iluminação artificial permite ao olho humano perceber as cores com maior ou menor fidelidade. Lâmpadas com IRC próximos de 100 reproduzem as cores com fidelidade e precisão. [2]

- **Reflexão, Transmissão e Absorção de Luz:** quando se ilumina uma superfície de vidro, uma parte do fluxo luminoso que incide sobre a mesma se reflete, outra atravessa a

superfície transmitindo-se ao outro lado, e uma terceira parte do fluxo luminoso é absorvida pela própria superfície, transformando-se em calor. Portanto, o fluxo luminoso incidente divide-se em três partes, em uma dada proporção, que depende das características da substância sobre a qual incide. Tem-se, pois, três fatores a definir: refletância, transmitância e fator de absorção. [3]

- **Refletância:** é a relação entre o fluxo luminoso refletido por uma superfície e o fluxo luminoso incidente sobre ela; [3]
- **Transmitância:** é a relação entre o fluxo luminoso transmitido por uma superfície e o fluxo luminoso que incide sobre ela; [3]
- **Fator de Absorção:** é a relação entre o fluxo luminoso absorvido por uma superfície e o fluxo luminoso que incide sobre a mesma. [3]

## 2.2 TIPOS DE LÂMPADAS

Atualmente estão disponíveis no mercado diversos tipos de lâmpadas, cada uma com suas características. A seguir serão listados alguns tipos.

**Incandescentes Comuns:** constam basicamente de um filamento espiralado uma, duas ou três vezes, que é levado à incandescência pela passagem da corrente elétrica (efeito Joule). Sua oxidação é evitada pela presença de gás inerte ou vácuo dentro do bulbo que contém o filamento. [2]

**Halógenas:** são também conhecidas como lâmpadas de quartzo, de iodo ou iodina. Basicamente são lâmpadas incandescentes, nas quais se adiciona, internamente ao bulbo, aditivos de iodo ou bromo. Quando essa lâmpada funciona, realiza-se, no interior do bulbo, o chamado “ciclo do iodo”. O tungstênio evaporado do filamento combina-se (em temperaturas

abaixo de 1.400 °C) com o halogênio presente no bulbo. O composto formado (iodeto de tungstênio) fica circulando dentro do bulbo, devido às correntes de convecção aí presentes, até se aproximar novamente do filamento. A alta temperatura ali reinante decompõe o iodeto, e parte do tungstênio se deposita novamente no filamento, regenerando-o. O halogênio liberado recomeça o ciclo. Temos, assim, uma reação cíclica que reconduz o tungstênio evaporado para o filamento. Com isso, o filamento pode trabalhar em temperaturas mais elevadas (aproximadamente 3.200 a 3.400 K), obtendo-se maior eficiência luminosa, fluxo luminoso de maior temperatura de cor, ausência de depreciação do fluxo luminoso por enegrecimento do bulbo, dimensões reduzidas e maior produção percentual de energia ultravioleta. (...) Para que o ciclo do iodo ocorra, a temperatura do bulbo deve estar acima de 260 °C, obrigando a utilização de bulbos de quartzo, o que encarece a produção e exige que a lâmpada funcione em posições predeterminadas. [2]

**Fluorescentes:** são lâmpadas de descarga de baixa pressão, podendo ter cátodos quentes (com ou sem preaquecimento) ou cátodos frios. Enquanto nas lâmpadas de vapor de mercúrio a temperatura e a pressão interna são reguladas de modo que a descarga elétrica produza diretamente a máxima emissão luminosa, nas lâmpadas fluorescentes procura-se obter o máximo de radiações ultravioleta (237,7 nm), que serão transformadas em luz visível pela camada fluorescente que recobre internamente o bulbo. [2]

**Fluorescentes Tubulares:** é a clássica forma para uma iluminação econômica. Sua alta eficiência e longa durabilidade garantem sua aplicação nas mais diversas áreas comerciais e industriais. A descarga elétrica em seu interior emite quase que totalmente radiação ultravioleta (invisível ao olho humano), gerada pelo vapor de mercúrio, que, por sua vez, será convertida em luz pelo pó fluorescente que reveste a superfície interna do bulbo. É da composição deste pó fluorescente que resultam as mais diferentes alternativas de cor de luz adequadas a cada tipo de aplicação. [3]

**Fluorescentes Compactas Integradas:** são ideais para substituição das lâmpadas incandescentes em uso residencial, pela sua praticidade, grande economia de energia e alta durabilidade. O equipamento auxiliar (reator) já vem incorporado na lâmpada, o que permite a troca e o manuseio da lâmpada de maneira fácil e segura para o usuário. Possuem alta eficiência luminosa, IRC >80, vida mediana de 5.000 a 6.000 horas. [4]

**Fluorescentes Compactas Não Integradas:** estes modelos são recomendados para áreas comerciais, onde a iluminação fica ligada por períodos longos. A vantagem em relação às integradas é que, assim que a lâmpada necessitar ser trocada, apenas é substituída a lâmpada. O reator permanece em operação por longo tempo, o que torna o sistema mais econômico para o usuário. Possuem IRC >80. [4]

**Lâmpadas de Indução:** foram lançadas experimentalmente, na Europa, no início da década de 90, estando agora em produção industrial. A radiação é gerada pela excitação do meio, gás de mercúrio em baixa pressão existente dentro do bulbo, por indução eletromagnética provinda de um gerador especial de rádio frequência (reator eletrônico). Existem modelos para 55, 85 e 165 W que podem trabalhar em redes de 127 ou 220 V. Possuem acendimento instantâneo, vida longa (da ordem de 60.000 horas), elevada eficiência luminosa ( $\approx 80$  lm/W) e elevado índice de reprodução de cores. Diferentemente das outras lâmpadas de descarga, o número de acendimentos não tem influência sobre sua vida útil. Os níveis de interferência das radiações eletromagnéticas são inferiores aos admissíveis nas normas internacionais. [3]

**Vapor de Mercúrio:** nestas lâmpadas a luz é produzida pela combinação de excitação e fluorescência. A descarga de mercúrio no tubo de arco produz uma energia visível na região do azul e do ultravioleta. O fósforo, que reveste o bulbo, converte o ultravioleta em luz visível na região do vermelho. O resultado é uma luz de boa reprodução de cores com eficiência luminosa de até 60 lm/W. Para que uma lâmpada de vapor de mercúrio possa funcionar é

necessário conectá-la a um reator específico, o qual serve para controlar a corrente e a tensão de operação. [3]

**Lâmpadas Mistas:** como o próprio nome já diz, são uma combinação de uma lâmpada vapor de mercúrio com uma lâmpada incandescente, ou seja, um tubo de descarga de mercúrio ligado em série com um filamento incandescente. O filamento controla a corrente no tubo de arco e ao mesmo tempo contribui com a produção de 20% do total do fluxo luminoso produzido. A combinação da radiação do mercúrio com a radiação do fósforo e a radiação do filamento incandescente, produz uma agradável luz branca. Suas principais características são a possibilidade de substituição direta de lâmpadas incandescentes em 220V, não necessitando de equipamentos auxiliares (reator, ignitor e *starter*) e a maior eficiência e vida média oito vezes maior que as incandescentes. [3]

**Vapor de Sódio:** é a lâmpada mais eficiente do grupo de lâmpadas de alta intensidade de descarga. A luz é produzida pela excitação de átomos de sódio aliados a um complexo processo de absorção e reirradiação em diferentes comprimentos de onda. O resultado é uma luz branco-dourada com uma eficiência luminosa de 130 lm/W. As lâmpadas de vapor de sódio são projetadas para funcionar nos mesmos reatores para lâmpadas de vapor de mercúrio, sendo uma excelente opção de substituição para sistemas que já utilizam este tipo de lâmpada. [3]

**Vapor Metálico:** além de ter uma excelente reprodução de cores, é atualmente a fonte de luz branca de maior eficiência disponível no mercado. A luz é produzida pela excitação de átomos de aditivos metálicos em um tubo de arco de quartzo. Para seu funcionamento é necessário utilizar um reator para controlar a tensão e corrente de operação, e um ignitor para a partida. [3]

**Lâmpadas de LED:** o LED é um componente eletrônico semicondutor, ou seja, um diodo emissor de luz (L.E.D = Light emitter diode), mesma tecnologia utilizada nos chips dos



computadores, que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Tal transformação é diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras. Nos LEDs, a transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, chamada de estado sólido (Solid State). O LED é um componente do tipo bipolar, ou seja, tem um terminal chamado anodo e outro, chamado catodo. Dependendo de como for polarizado, permite ou não a passagem de corrente elétrica e, conseqüentemente, a geração ou não de luz. O componente mais importante de um LED é o chip semiconductor responsável pela geração de luz. Este chip tem dimensões muito reduzidas.

Apesar de o LED ser um componente muito comentado hoje em dia, sua invenção, por Nick Holonyac, aconteceu em 1963, somente na cor vermelha, com baixa intensidade luminosa (1 mcd). Por muito tempo, o LED era utilizado somente para indicação de estado, ou seja, em rádios, televisores e outros equipamentos, sinalizando se o aparelho estava ligado ou não. O LED de cor amarela foi introduzido no final dos anos 60. Somente por volta de 1975 surgiu o primeiro LED verde – com comprimento de onda ao redor de 550 nm, o que é muito próximo do comprimento de onda do amarelo, porém com intensidade um pouco maior, da ordem de algumas dezenas de milicandelas. Durante os anos 80, com a introdução da tecnologia Al In GaP, os LEDs da cor vermelha e âmbar conseguiram atingir níveis de intensidade luminosa que permitiram acelerar o processo de substituição de lâmpadas, principalmente na indústria automotiva. Entretanto, somente no início dos anos 90, com o surgimento da tecnologia InGaN foi possível obter-se LEDs com comprimento de onda menores, nas cores azul, verde e ciano, tecnologia esta que propiciou a obtenção do LED branco, cobrinho, assim, todo o espectro de cores. Até então, todos estes LEDs apresentavam no máximo de 4.000 a 8.000 milicandelas, com um ângulo de emissão entre 8 a 30 graus. Foi quando, no final dos anos 90, apareceu o primeiro LED de potência Luxeon, o qual foi

responsável por uma verdadeira revolução na tecnologia dos LEDs, pois apresentava um fluxo luminoso (não mais intensidade luminosa) da ordem de 30 a 40 lumens e com um ângulo de emissão de 110 graus. Hoje em dia, temos LEDs que atingem a marca de 120 lumens de fluxo luminoso, e com potência de 1,0 – 3,0 e 5,0 watts, disponíveis em várias cores, responsáveis pelo aumento considerável na substituição de alguns tipos de lâmpadas em várias aplicações de iluminação. [5]

### 2.2.1 COMPARAÇÃO QUANTO À EFICIÊNCIA LUMINOSA

Como o tema deste trabalho trata de efficientização, é interessante comparar as tecnologias de lâmpadas entre si sob o ponto de vista de sua eficiência luminosa. No gráfico abaixo, são apresentadas as eficiências luminosas de diversos tipos de lâmpadas em ordem crescente.

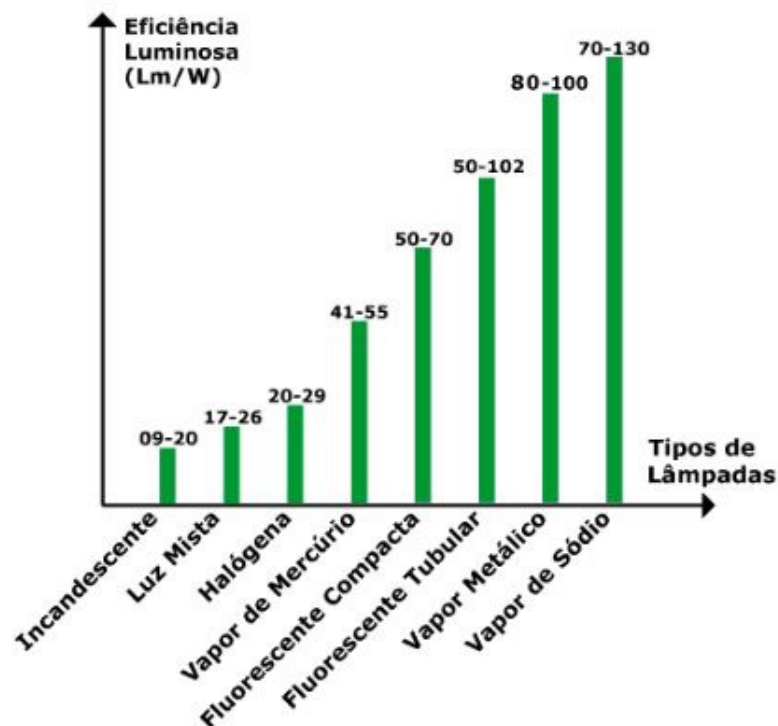


Gráfico que relaciona as eficiências luminosas das lâmpadas.[12]

É importante ressaltar que não são contempladas as tecnologias de lâmpadas de LED e de indução.

Como se pode ver, conforme o gráfico, para iluminação interna as lâmpadas fluorescentes tubulares ainda são as mais indicadas. As lâmpadas de vapor metálico e de sódio são utilizadas para iluminação externa.

### **2.3 LUMINÁRIAS**

As luminárias são equipamentos que recebem a fonte de luz (lâmpada) e modificam a distribuição espacial do fluxo luminoso produzido pela mesma. Suas partes principais são:

- receptáculo para a fonte luminosa;
- dispositivos para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso emitido (refletores, refratores, difusores, colméias, etc.);
- carcaça, órgãos acessórios e de complementação. [3]

Uma luminária eficiente otimiza o desempenho do sistema de iluminação artificial. Ao avaliar uma luminária, sua eficiência e suas características de emissão são de considerável importância. A eficiência de uma luminária pode ser obtida pela relação entre a luz emitida pela mesma e a luz emitida pela lâmpada. Isto se explica pelo fato de uma parte da luz emitida pela lâmpada ser absorvida pela luminária, enquanto a restante é emitida ao espaço. O valor da fração de emissão da luz da luminária depende dos materiais empregados na sua construção, da refletância das suas superfícies, de sua forma, dos dispositivos usados para proteger as lâmpadas e do seu estado de conservação. Quando se avalia a distribuição da luz a partir da luminária, deve-se considerar como ela controla o brilho, assim como a proporção dos lumens da lâmpada que chegam ao plano de trabalho. A luminária pode modificar (controlar, distribuir e filtrar) o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas: desviá-lo para certas

direções (defletores), ou reduzir a quantidade de luz em certas direções para diminuir o ofuscamento (difusores). [3]

**Receptáculo para fonte luminosa:** elemento de fixação funciona como contato elétrico entre o circuito de alimentação externo e a lâmpada. Normalmente as partes isolantes são construídas de porcelana vitrificada, as partes condutoras deverão ser de latão, e as que possuem efeito de mola, de bronze fosforoso. Além da resistência à temperatura de funcionamento, deve-se verificar a estabilidade de fixação lâmpada/receptáculo quando a luminária estiver sujeita a intensas vibrações mecânicas, o que obrigará a utilização de soquetes tipo antivibratório. [3]

**Refletores:** são dispositivos que servem para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso de uma fonte. Os perfis de refletor mais utilizados são os circulares, os parabólicos, os elípticos e os de formas especiais normalmente assimétricos. Cada tipo de refletor possui sua aplicação específica. Podem ser construídos de vidro ou plásticos espelhados, alumínio polido, chapa de aço esmaltada ou pintada de branco. O vidro espelhado, apesar da alta refletância, é pouco utilizado devido a sua fragilidade, peso elevado e custo. O alumínio polido é uma ótima opção, pois alia às vantagens de alta refletância, razoável resistência mecânica e custo relativamente baixo. [3]

**Refratores:** são dispositivos que modificam a distribuição do fluxo luminoso de uma fonte utilizando o fenômeno da transmitância. Em muitas luminárias esses dispositivos têm como finalidade principal a vedação da luminária, protegendo a parte interna contra poeira, chuva, poluição e impactos. [3]

**Tabela 1 - Características dos materiais utilizados em refratores e difusores. [3]**

Material	Transmitância média (%)	Resistência ao				Peso
		Envelhecimento	Impacto	Temperatura (°C)	Choque Térmico	
Vidro	88	Ótima	Fraca	230	Fraca	Elevado
Acrílico	92	Muito Boa	Regular	70/100	Boa	Baixo
Policarbonato	87	Boa	Elevada	135	Boa	Baixo

**Difusores e Colméias:** os difusores são elementos translúcidos, foscos ou leitosos, colocados em frente à fonte de luz com a finalidade de diminuir sua luminosidade, reduzindo as possibilidades de ofuscamento. É o caso das placas de vidro fosco ou bacias de plástico, acrílico ou policarbonato das luminárias fluorescentes. Podem também ser utilizados para conseguir-se um aumento da abertura de fecho de uma luminária. [3]

**Carcaça, Órgãos de Fixação e de Complementação:** as estruturas básicas das luminárias podem ser construídas de diversos materiais. Nas luminárias para lâmpadas fluorescentes, a carcaça é o próprio refletor, de chapa de aço, com acabamento geralmente em tinta esmaltada branca. A espessura da chapa deverá ser compatível com a rigidez mecânica do aparelho. A pintura deve ser de boa qualidade para melhor aderência e estabilidade. [3]

## 2.4 EQUIPAMENTOS AUXILIARES

**Reatores:** têm por finalidade provocar um aumento de tensão durante a ignição e uma redução na intensidade da corrente, durante o funcionamento da lâmpada. Em termos construtivos podem se apresentar de duas formas: reatores eletromagnéticos ou reatores eletrônicos. [3]

**Reatores Eletromagnéticos:** são os mais comuns nas instalações. Geralmente compostos de núcleo de ferro, bobinas de cobre e capacitores para correção do fator de potência. Devido às duas perdas elétricas, emissão de ruído audível, efeito *flicker* e carga

térmica elevada não são vistos com bons olhos por aqueles que pretendem fazer uso eficiente da energia elétrica. [3]

**Reatores Eletrônicos:** são os mais procurados por profissionais voltados ao uso eficiente da energia. Trabalham em alta frequência (20 a 50 kHz), sendo mais eficientes que os eletromagnéticos na conversão de potência elétrica em potência luminosa. A qualidade do produto, no entanto, é um fator que deve ser levado em consideração para que se obtenha sucesso na execução do projeto. [3]

Os aspectos básicos a serem considerados são o fator de potência (FP) e a distorção harmônica (THD), que são mostrados na tabela 2. [3]

**Tabela 2 – Fator de potência e distorção harmônica de reatores. [3]**

Tipo	Reator eletromagnético		Reator eletrônico	
	Fator de potência normal	Alto fator de potência	Fator de potência normal	Alto fator de potência
FP	0,4 - 0,7	0,8 - > 0,9	0,4 - 0,7	> 0,9
THD (%)	6 - 18	15 - 27	75 - 200	16 - 42

**Ignitores:** dispositivo de partida para lâmpadas vapor de sódio e vapores metálicos. Durante a ignição na lâmpada vapor de sódio, ele fornece um alto pico de tensão aos eletrodos da lâmpada que é sobreposto à tensão da rede. Por isto os disjuntores de proteção do circuito deverão ser do tipo retardado, suportando a corrente necessária para a partida da lâmpada. Após a partida o ignitor desliga-se automaticamente. [3]

**Sensor de Presença:** a utilização destes equipamentos pode gerar economias significativas. Estes dispositivos asseguram que as luzes permaneçam apagadas quando as salas estão desocupadas, sendo suas aplicações mais apropriadas em locais com perfil de ocupação intermitente ou imprevisível. O sistema é composto por um detector de movimento (que utiliza ondas ultra-sônicas ou radiação infravermelha), uma unidade de controle eletrônica e um interruptor controlável (relé). O detector de presença sente o movimento e

envia o sinal apropriado para a unidade de controle. A unidade de controle, então, processa o sinal de entrada para fechar ou abrir o relé que controla a potência da luz. [3]

**Sistema por Controle Fotoelétrico:** este sistema possui sensores que identificam a presença de luz natural, fazendo a devida diminuição ou até mesmo bloqueio da luz artificial através de *dimmers* controlados automaticamente. Quanto maior a quantidade de luz natural disponível no ambiente, menor será a potência elétrica fornecida às lâmpadas e vice-versa. [3]

**Minuterias:** este dispositivo é ativado pelo usuário acendendo as lâmpadas por um período de tempo preestabelecido, suficiente para ele chegar ao seu local de destino. Encerrado o tempo preestabelecido, as lâmpadas são desativadas e evita-se o desperdício de energia.

**Gradadores:** controlam, através de um circuito eletrônico, a potência fornecida à lâmpada. Este aparelho é normalmente encontrado para lâmpadas incandescentes. Alguns modelos de reatores eletrônicos e mesmo eletromagnéticos incorporam a função do gradador, permitindo o controle da luminosidade em lâmpadas fluorescentes. [3]

### **3 MANUAL PARA ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL**

Conforme dispõe a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, as empresas concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica devem aplicar um percentual mínimo da receita operacional líquida em Programas de Eficiência Energética – PEE, segundo regulamentos da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. O objetivo desses programas é demonstrar à sociedade a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício de energia elétrica e de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Para isso, busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada no âmbito desses programas. Busca-se, enfim, a transformação do mercado de energia elétrica, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos racionais de uso da energia elétrica. [1]

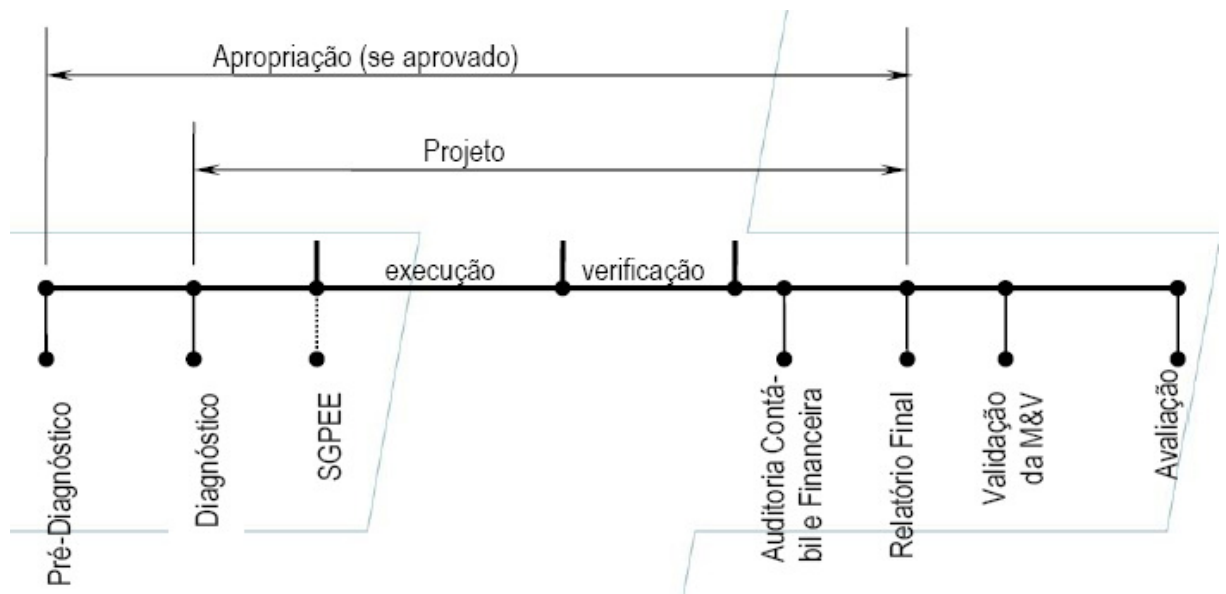
Cabe mencionar ainda a lei nº 11.465, de 28 de março de 2007, que alterou os incisos I e III do caput do art. 1º da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, prorrogando, até 31 de dezembro de 2010, a obrigação de as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica aplicarem, no mínimo, 0,50% (cinquenta centésimos por cento) de sua receita operacional líquida em programas de eficiência energética no uso final.

Pode-se constatar, então, que através destas leis são disponibilizados muitos recursos financeiros para serem aplicados em obras de Eficiência Energética. O Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética da ANEEL, como o próprio nome sugere, traz diversos conceitos que devem ser seguidos pelos Programas de Eficiência Energética. A seguir serão apresentados os conceitos interessantes a este trabalho.



### 3.1 ETAPAS DE EXECUÇÃO DOS PROJETOS

Na figura 1, são mostradas, em linhas gerais, as etapas envolvidas em um projeto de eficiência energética.



Etapas do projeto e apropriação de recursos. [1]

Neste trabalho será demonstrada a etapa de Diagnóstico, em que é definida a linha de base do projeto destinado à escola pública escolhida. Será apresentado o potencial de redução no consumo de energia elétrica com base no levantamento realizado em campo e as alternativas para este objetivo ser atingido.

### 3.2 TIPOLOGIA DE PROJETOS

No Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética, a ANEEL define diversas tipologias de projetos que podem ser realizados com recursos do PEE. Na descrição de cada tipologia são incluídos conceitos e condições para classificação dos projetos.

A este trabalho é interessante que seja definida a tipologia do projeto que aqui será apresentado. Trata-se, portanto, de um projeto do tipo **Poder Público** cuja definição, conforme o Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética, é “*projetos realizados em instalações de responsabilidade de pessoa jurídica de direito público, com ações de combate ao desperdício e efficientização de equipamentos*”.

### 3.3 ROTEIRO BÁSICO PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS

Por tratar-se de um projeto do tipo *Poder Público*, tem-se as exigências constantes do Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética.

**a) Objetivos:** descrever os principais objetivos do projeto, ressaltando aqueles vinculados à eficiência energética.

**b) Descrição e Detalhamento:** descrever o projeto e detalhar suas etapas, principalmente no que se refere às ações de efficientização ou que promovam economia de energia. Descrever as metodologias e tecnologias aplicadas ao projeto em todas as suas fases de execução.

**c) Avaliação:** apresentar proposta para a avaliação dos resultados do projeto em termos de economia de energia e redução da demanda na ponta, a qual deve contemplar a comparação dos valores estimados com os resultados efetivamente obtidos.

Detalhar a metodologia que será utilizada para a avaliação do projeto conforme descrição do item “Critérios para Medição e Verificação de Resultados”.

A critério da empresa, a metodologia de medição e verificação de resultados poderá ser realizada por terceiros. Os custos dessa etapa do projeto devem ser explicitados no respectivo orçamento.

**d) Abrangência:** Mencionar/descrever as áreas que serão beneficiadas pelo projeto (município, distritos, bairros, etc.), o público-alvo e outras informações que venham facilitar o entendimento do projeto.

**e) Metas e Benefícios:** informar as metas de Economia de Energia e de Redução de Demanda na Ponta, expressas em MWh/ano e kW, respectivamente, com base nos valores verificados no diagnóstico ou pré-diagnóstico realizado. O cálculo das metas deve ser devidamente detalhado e apresentado no item Metodologia de Cálculo das Metas.

Destacar outros benefícios do projeto, que não a economia de energia/redução de demanda na ponta, para a empresa, consumidor(es) e Sistema Elétrico.

A definição das metas de Energia Economizada (EE) [MWh/ano] e de Redução de Demanda na Ponta (RDP) [kW] deve ser feita com base na metodologia de cálculo proposto para o sistema de iluminação, conforme tabela a seguir:

SISTEMA ATUAL					TOTAL
Tipo de lâmpada					
Quantidade					
Potência (lâmpada + reator)					
Potência Instalada (kW)					
Energia Consumida (MWh/ano)					
SISTEMA PROPOSTO					TOTAL
Tipo de lâmpada					
Quantidade					
Potência (lâmpada + reator)					
Potência Instalada (kW)					
Energia Consumida (MWh/ano)					
Energia Economizada com Setorização (MWh/ano)					
RESULTADOS ESPERADOS					TOTAL
Redução de Potência (kW)					
Energia Economizada da Economizada (MWh/ano)					
Economia (%)					

**Quadro 1 - Definição de metas de EE e RDP. [1]**

$$RDP = [(NL_1 \times PL_1 + NR_1 \times PR_1) - (NL_2 \times PL_2 + NR_2 \times PR_2)] \times FCP \times 10^{-3} \quad (kW)$$

$$EE = [(NL_1 \times PL_1 + NR_1 \times PR_1) - (NL_2 \times PL_2 + NR_2 \times PR_2)] \times t \times 10^{-6} \quad (MWh/ano)$$

onde:

- NL1 – quantidade de lâmpadas do sistema existente
- NL2 – quantidade de lâmpadas do sistema proposto
- PL1 - potência da lâmpada do sistema existente (W)
- PL2 - potência da lâmpada do sistema proposto (W)
- NR1 – quantidade de reatores do sistema existente
- NR2 – quantidade de reatores do sistema proposto
- PR1 – potência do reator do sistema existente
- PR2 – potência do reator do sistema proposto
- t - tempo de utilização das lâmpadas no ano, em horas
- FCP - Fator de Coincidência na Ponta a ser definido pela concessionária

### **3.4 CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO**

No Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética, a ANEEL define alguns critérios que são relevantes na avaliação do Programa de Eficiência Desenvolvido. A seguir serão destacados aqueles que são interessantes a este trabalho.

#### ***1) Energia economizada e redução de demanda na ponta***

A energia economizada, medida em MWh/ano, e a redução de demanda no horário de ponta, medida em kW, são os principais indicadores quantitativos para projetos de eficiência energética. Os valores deverão ser levantados por meio de diagnóstico ou pré-diagnóstico e cadastrados no SGPEE. Após a conclusão do projeto, esses valores deverão ser mensurados por meio de práticas adequadas de medição e verificação (M&V).

#### ***2) Parâmetros Para Avaliação Econômica Dos Projetos***

Os critérios para avaliação econômica dos projetos descritos a seguir devem ser utilizados tanto para os projetos conceituados por segmento e voltados ao uso final, quanto para os projetos pelo lado da oferta, voltados à melhoria do fator de carga, descritos no item 2.10 do Manual.

##### ***a) Taxa de desconto***

A taxa de desconto a ser considerada na avaliação financeira é de, no mínimo, 8% a.a. Essa taxa tem por base o Plano Nacional de Energia – PNE 2030, conforme Nota Técnica 1.04.26.07A, da Empresa de Pesquisa Energética – “Taxa de desconto aplicada na avaliação das alternativas de expansão”.

***b) Vida útil***

A vida útil deverá ser definida com base nos dados fornecidos pelo fabricante do equipamento. A ANEEL poderá solicitar à empresa catálogo técnico que comprove os dados utilizados.

No caso do projeto englobar equipamentos com vidas úteis diferentes, o investimento anualizado do projeto será composto pelo somatório dos investimentos anualizados correspondentes a cada equipamento e a sua respectiva vida útil, segundo metodologia descrita no Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética.

***c) Custos Evitados***

São as economias decorrentes do adiamento de investimentos na expansão do sistema elétrico (custo da demanda evitada) e/ou da redução de despesas operacionais (custo da energia economizada).

Para quantificar os custos totais evitados, multiplicam-se as quantidades de demanda e de energia evitadas pelos respectivos "custos unitários evitados".

Serão considerados como custos (de demanda e de energia) para o atendimento de uma unidade consumidora, os incorridos em todo o sistema eletricamente a montante da unidade consumidora, inclusive aqueles do segmento onde a mesma encontra-se ligada.

**MÉTODO DE CÁLCULO DO CUSTO EVITADO**

Na determinação dos "custos unitários evitados" deve-se considerar a seguinte estrutura de valores da tarifa horo-sazonal azul, para cada subgrupo tarifário e concessionária/permissionária, homologada pela ANEEL:

### Custo Unitário Evitado de Demanda (CED)

$$CED = (12 \times C_1) + (12 \times C_2 \times LP) \quad [R\$/kW.ano]$$

### Custo Unitário Evitado de Energia (CEE)

$$CED = \frac{(C_3 \times LE_1) + (C_4 \times LE_2) + (C_5 \times LE_3) + (C_6 \times LE_4)}{LE_1 + LE_2 + LE_3 + LE_4} \quad [R\$/MWh]$$

onde:

- LP - constante de perda de demanda no posto fora de ponta, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta;

- LE1, LE2, LE3 e LE4 - constantes de perdas de energia nos postos de ponta e fora de ponta para os períodos seco e úmido, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta;

- C1 - custo unitário da demanda no horário de ponta [R\$/kW.mês];

- C2 - custo unitário da demanda fora do horário de ponta [R\$/kW.mês];

- C3 - custo unitário da energia no horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];

- C4 - custo unitário da energia no horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh];

- C5 - custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];

- C6 - custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh].

Os valores das constantes LP e LE são calculados a partir dos postos horários da tarifa horo-sazonal azul, com base em uma série de Fatores de Carga (FC) e Fatores de Perdas (Fp), segundo a fórmula a seguir:

$$Fp = k \times FC + (1 - k) \times FC^2$$

onde:

- k varia de 0,15 a 0,30. O valor de k deve ser explicitado no projeto;
- FC - Fator de Carga do segmento elétrico, imediatamente a montante daquele considerado ou, que sofreu a intervenção, ou ainda, na falta deste, admitir-se-á o médio da Empresa dos últimos 12 meses.

As tabelas calculadas com o k de 0,15 são apresentadas no ANEXO IV – Custos Evitados (do Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética).

A resolução tarifária a ser utilizada no cálculo dos custos unitários evitados, com base na tarifa horo-sazonal azul, deve ser a resolução vigente na data da primeira apresentação do projeto ou aquela vigente até 30 dias antes da data de apresentação do projeto.

As empresas que não dispõem de tarifa horo-sazonal azul devem adotar a tarifa horo-sazonal azul da sua empresa supridora.

Observação: os valores de Custo Evitado de Demanda (CED) e Custo Evitado de Energia (CEE) são calculados e fornecidos pela concessionária.

#### ***d) Relação Custo-Benefício (RCB)***

Todos os projetos devem ter sua relação custo-benefício (RCB) calculada sob a ótica da sociedade. Se um projeto tiver mais de um uso final (iluminação, refrigeração,...) cada um desses usos finais deverá ter sua RCB calculada. Deverá, também, ser apresentada a RCB global do projeto por meio da média ponderada das RCBs individuais. Os pesos serão definidos pela participação percentual da energia economizada em cada uso final.

Os projetos devem apresentar, no máximo, uma Relação Custo-Benefício (RCB) igual a 0,80. Poderá ser objeto de avaliação *inicial* os projetos que não atendam ao critério da RCB,



conforme preconizado no item 1.17.2. Nesse caso, será avaliada à estrutura de custos do projeto e seus resultados e benefícios esperados.

### ***RCB PARA TODOS OS PROJETOS***

A avaliação econômica do projeto será feita por meio do cálculo da relação custo-benefício (RCB) de cada uso final, devendo obedecer a seguinte metodologia:

$$RCB = \frac{\text{Custos Anualizados}}{\text{Benefícios Anualizados}}$$

A1) Cálculo do Custo dos equipamentos e/ou materiais com mesma vida útil (CPEequip n):

$$CPE_{equip\ n} = \sum CE_{equip1} + CE_{equip2} + \dots + CE_{equip\ n}$$

Obs.: equipamentos e/ou materiais = lâmpadas, reatores, economizadores, luminárias (aberta e fechada), relé e braço.

A2) Cálculo do fator de recuperação de capital (FRC):

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

onde:

- CPEequip n - custo dos equipamentos com a mesma vida útil, acrescido da parcela correspondente aos outros custos diretos e indiretos. Esta parcela é proporcional ao percentual do custo do equipamento em relação ao custo total com equipamentos.

- CEEquip n – Custo somente de equipamento com mesma vida útil

- n - vida útil (em anos)

- i - taxa de juros (taxa de desconto)

A3) Cálculo do Custo Anualizado dos equipamentos com mesma vida útil ( $CA_{equip\ n}$ ):

$$CA_{equip\ n} = CPE_{equip\ n} \times FRC$$

A4) Cálculo do Custo Anualizado Total ( $CATOTAL$ )

$$CA_{TOTAL} = \sum CA_{equip1} + CA_{equip2} + \dots + CA_{equip\ n}$$

O custo anualizado dos equipamentos com a mesma vida útil ( $CPE_{equip\ n}$ ) também pode ser calculado utilizando os custos unitários de mão-de-obra e os custos indiretos (administração, acompanhamento e avaliação), desde que estes estejam desagregados.

O  $CPE_{equipn}$  deve então ser calculado pela soma dos custos unitários de equipamento, mão-de-obra e indiretos multiplicada pela quantidade total do equipamento correspondente.

B) Cálculo dos Benefícios

$$B = (EE \times CEE) + (RDP \times CED)$$

onde:

- EE - Energia Economizada (MWh/ano)
- CEE - Custo Evitado de Energia (R\$/MWh)
- RDP - Redução de Demanda na Ponta (kW)
- CED - Custo Evitado de Demanda (R\$/kW.ano)

#### 4 O SOFTWARE DIALUX

O DIALux é um software destinado ao cálculo de iluminação, desde os cálculos mais simples até os mais avançados. É completamente gratuito e utilizado atualmente por mais de 300.000 profissionais em todo o mundo.[7]

O DIALux permite que seja feito o projeto de cada ambiente com suas características particulares, como dimensões (pé-direito, comprimento e largura), índice de reflexão das paredes, do piso e do teto. O software utiliza-se das curvas de distribuição fotométricas das luminárias e dos dados de fluxo luminoso da lâmpada escolhida para determinar o nível de iluminamento do ambiente e as curvas de isolux.

Neste trabalho este software foi utilizado a fim de se obter o nível de iluminamento médio dos principais ambientes da escola que foi objeto de estudo.

O download do software DIALux (em português) pode ser feito no site de seu desenvolvedor: <http://www.dial.de/>

## 5 ESTUDO DE CASO

Com o intuito de tornar este trabalho interessante e válido, serão utilizados dados reais de uma escola pública para elaboração da etapa de Diagnóstico de um Programa de Eficiência Energética. Tais dados foram disponibilizados pela Empresa de Serviços de Conservação de Energia (ESCO) APS Engenharia de Energia, na qual o autor prestou estágio. Por tratar-se de um cliente da APS Engenharia de Energia, foi solicitado sigilo para o nome da escola, assim sendo, a escola será chamada de Escola Anônima. A vista aérea da escola é mostrada a seguir.



Vista Aérea da Escola Anônima.[8]

A Escola Anônima conta com cerca de 1.100 alunos e 120 funcionários, ministrando o Ensino Fundamental do 6° ao 9° ano, e funciona nos três turnos: matutino, vespertino e noturno, com a Educação de Jovens e Adultos – EJA.

## 5.1 EXIGÊNCIAS DO MANUAL PARA ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Como mencionado anteriormente, há algumas exigências constantes do MEPEE que devem ser descritas:

- a) **Objetivos:** adequar o nível de iluminação nos mais diversos ambientes da escola pública e agregar sistemas de iluminação mais eficientes visando à economia de energia elétrica.
- b) **Descrição e Detalhamento:** será apresentada a etapa de Diagnóstico, consistindo das etapas de levantamento de dados, análise dos dados, estudo de soluções e proposta final.
- c) **Avaliação:** por tratar-se da etapa de Diagnóstico, serão apontados resultados previstos para Energia Economizada e Redução de Demanda na Ponta.
- d) **Abrangência:** o público-alvo do projeto trata-se dos alunos, funcionários e demais pessoas ligadas a Escola Anônima.
- e) **Metas e Benefícios:** são determinados na descrição da proposta prevista para este projeto.

## 5.2 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

No levantamento realizado na Escola Anônima pela equipe técnica da APS Engenharia de Energia foram obtidos os seguintes dados dos ambientes: dimensões, horário de funcionamento, sistemas de iluminação e nível de iluminação. A coleta destes dados foi feita visando a uma análise que avaliasse as condições dos ambientes, objetivando a

possibilidade de melhoria dos sistemas de iluminação, a fim de reduzir o desperdício de energia elétrica, e melhoria do nível de iluminamento. No Anexo A encontram-se os dados do levantamento.

Nos ambientes da escola, foram feitas medições do nível de iluminamento. Utilizando-se os dados obtidos e a norma NBR 5413/1992, foi elaborada a seguinte tabela:

<b>Tipo de Ambiente</b>	<b>Nível de Iluminamento Médio (lux)</b>	<b>Nível de Iluminamento Parâmetro Norma (lux)</b>	<b>Nível de Iluminamento Mínimo Norma (lux)</b>
Sala de Aula	125	300	200
Sala dos Professores	199	300	300
Sala de Informática	70	300	200
Sala da Direção	166	500	300
Biblioteca	167	300	300
Secretaria	157	300	300
Cozinha	122	150	150
Refeitório	51	150	100
Corredor	31	100	75

**Quadro 2 – Nível de iluminamento médio dos ambientes e valores recomendados pela norma NBR 5413/1992.**

Como pode ser observado, comparando-se os valores constantes na tabela 5, o nível de iluminamento médio nos diversos ambientes da escola estão abaixo do recomendado pela norma NBR 5413/1992. Desta forma, é necessário que seja feita uma adequação do nível de iluminamento nestes locais.

Na Escola Anônima foram encontrados 192 pontos do sistema de iluminação nos mais diversos ambientes. A distribuição destes pontos se dá da seguinte forma:

<i>MODELO</i>	<i>QUANTIDADE</i>
FLUORESCENTE TUBULAR 1X40W	13
FLUORESCENTE TUBULAR 2X20W	8
FLUORESCENTE TUBULAR 2X40W	162
LÂMPADA MISTA 1X160W	9
<b>TOTAL</b>	<b>192</b>

**Quadro 3 – Distribuição do sistema de iluminação.**

A partir do levantamento realizado pela equipe técnica da APS Engenharia de Energia, foi constatado que os sistemas de iluminação empregados na Escola Anônima são ineficientes. As lâmpadas fluorescentes tubulares são acionadas por reatores eletromagnéticos e estão instaladas em luminárias de baixa eficiência. Dessa forma, há um potencial de redução de custos com energia elétrica a partir da instalação de equipamentos mais eficientes.

### **5.3 ANÁLISE DE SOLUÇÕES E PROPOSTA DE PROJETO**

Como os níveis de iluminamento dos ambientes da Escola Anônima não estavam de acordo com a norma NBR5413, foi necessária uma análise a fim de que fosse resolvido este problema. Esta análise foi realizada através do software luminotécnico DIALux.

Para os ambientes cujo nível de iluminamento estava abaixo do recomendado, foram determinados três diferentes sistemas:

- 1) Sistema Existente – sistema de iluminação e nível de iluminamento encontrados durante o levantamento;
- 2) Sistema Projetado – sistema de iluminação encontrado, mas com os ajustes necessários para que se atingisse o nível de iluminamento recomendado;
- 3) Sistema Proposto – novo sistema de iluminação, mais eficiente, e com o nível de iluminamento recomendado.

Os Sistemas Projetado e Proposto são fruto da análise realizada com o software DIALux. Os resultados da análise são mostrados no Anexo B. A partir desses resultados, obtiveram-se os seguintes dados:

<b>SISTEMA EXISTENTE</b>	
Quantidade de Pontos.	192
Potência média total em operação (kW)	15,65
Energia Consumida (MWh)	49,04
<b>SISTEMA PROJETADO</b>	
Quantidade de Pontos.	254
Potência média total em operação (kW)	20,75
Energia Consumida (MWh)	65,25
<b>SISTEMA PROPOSTO</b>	
Quantidade de Pontos.	191
Potência média total em operação (kW)	11,88
Energia Consumida (MWh)	37,31
<b>RESULTADOS ESPERADOS</b>	
Redução de Demanda na Ponta (kW)	8,02
Energia Economizada (MWh/ano)	27,94
Economia (%)	42,82%
Benefícios Anualizados (R\$)	R\$ 8.439,32

**Quadro 4 – Resultados obtidos pela proposta da APS Engenharia de Energia.**

Em relação aos Resultados Esperados, cabem alguns esclarecimentos:

- A Redução de Demanda na Ponta (RDP) é obtida a partir da diferença entre os valores de Potência Média Total em Operação do Sistema Projetado e do Sistema Proposto;
- A Energia Economizada (EE) é obtida a partir da diferença entre os valores de Energia Consumida do Sistema Projetado e do Sistema Proposto;
- O percentual de Economia é definido pela razão entre Energia Economizada e Energia Consumida do Sistema Projetado;



- Os Benefícios Anualizados (B) foram calculados a partir da fórmula estipulada pela ANEEL, na qual são somados os valores de Energia Economizada (EE) multiplicado pelo Custo Evitado de Energia (CEE) e de Redução de Demanda na Ponta (RDP) multiplicado pelo Custo Evitado de Demanda (CED);

- Os valores de Custo Evitado de Energia e Custo Evitado de Demanda são definidos pela concessionária de distribuição de energia elétrica.

O orçamento desta proposta é apresentado a seguir:

Equipamento	Qtde	Custo do Equipamento incluindo Mão-de-obra
OSRAM FO32W/840	343	R\$ 7.654,70
OSRAM FO16W/840	16	R\$ 357,07
OSRAM SON-E 70W	5	R\$ 205,64
INTRAL POUP-AFP 2x32W(220V)	165	R\$ 5.957,25
INTRAL RVSE-70/62 AFP 220V + IGNITOR	5	R\$ 424,66
INTRAL POUP-AFP 2x16W(220V)	8	R\$ 283,95
INTRAL POUP-AFP 1x32W(220V)	13	R\$ 335,49
INTRAL ES 812 2X32W	129	R\$ 20.152,16
<b>TOTAL DO PROJETO</b>		<b>R\$ 35.370,92</b>

**Quadro 5 – Orçamento Proposta APS Engenharia de Energia.**

### 5.3.1 VIDA ÚTIL DOS EQUIPAMENTOS E FATOR DE RECUPERAÇÃO DE CAPITAL

Para a determinação do Custo Anualizado de um projeto, é necessário que sejam calculados os Custos Anualizados de cada equipamento. Conseqüentemente, o cálculo da Vida Útil e do Fator de Recuperação de Capital (FRC) também é necessário.

Para exemplificar como foi feito o cálculo de Vida Útil das lâmpadas, será usado o cálculo para a lâmpada OSRAM FO16W/840.

Ambiente	Horas/ Ano Total	Modelo da Lâmpada	Vida Útil Catálogo (h)	Vida Útil (anos)	Número de Lâmpadas p/ Luminária	Vida Útil x Lâmpadas
Corredor de acesso	1210	OSRAM FO16W/840	7.500	6,20	2	12,40
Corredor de acesso ao estoque da cozinha	3300	OSRAM FO16W/840	7.500	2,27	2	4,55
Estoque da cozinha	1100	OSRAM FO16W/840	7.500	6,82	2	13,64
			<b>TOTAL</b>		<b>6</b>	<b>30,59</b>

**Quadro 6 – Planilha para cálculo da vida útil do equipamento.**

No quadro acima se têm os dados de Horas/Ano Total (levantamento), Modelo da Lâmpada e Vida Útil Catálogo. Para o cálculo da Vida Útil (anos) calcula-se a razão entre Vida Útil Catálogo (h) e Horas/Ano Total em cada ambiente.

Os dados de Vida Útil x Lâmpadas é utilizado para o cálculo final da Vida Útil da lâmpada, a qual é obtida pela razão entre o total de Vida Útil x Lâmpadas e Número de Lâmpadas p/ Luminária. Assim, para a lâmpada OSRAM FO16W/840 tem-se que a vida útil deste equipamento é 5,10 anos.

A planilha completa com as demais lâmpadas encontra-se no Anexo D.

Abaixo são apresentados os dados de Vida Útil dos outros equipamentos.

Equipamento	Vida Útil (anos)
OSRAM FO32W/840	2,78
OSRAM FO16W/840	5,10
OSRAM SON-E 70W	5,56
INTRAL POUP-AFP 2x32W(220V)	10
INTRAL RVSE-70/62 AFP 220V + IGNITOR	10
INTRAL POUP-AFP 2x16W(220V)	10
INTRAL POUP-AFP 1x32W(220V)	10
INTRAL ES 812 2X32W	15

**Quadro 7 – Equipamentos da proposta e respectiva vida útil determinada.**

Os reatores e luminária têm sua vida útil determinada por catálogo, não importando as horas de uso.

No cálculo do Fator de Recuperação de Capital (FRC) são utilizados os dados de Vida Útil (n) e Taxa de Desconto (i) para cada equipamento, conforme a fórmula abaixo:

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

No quadro abaixo são apresentados os dados de Vida Útil, Taxa de Desconto e FRC:

Equipamento	Vida Útil (anos)	Taxa de Desconto	FRC
OSRAM FO32W/840	2,78	8%	0,414710
OSRAM FO16W/840	5,10	8%	0,246572
OSRAM SON-E 70W	5,56	8%	0,229949
INTRAL POUP-AFP 2x32W(220V)	10	8%	0,149029
INTRAL RVSE-70/62 AFP 220V + IGNITOR	10	8%	0,149029
INTRAL POUP-AFP 2x16W(220V)	10	8%	0,149029
INTRAL POUP-AFP 1x32W(220V)	10	8%	0,149029
INTRAL ES 812 2X32W	15	8%	0,116830

**Quadro 8 – Equipamentos da proposta sua vida útil, taxa de desconto e FRC.**

### 5.3.2 CÁLCULO DO CUSTO ANUALIZADO E RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO

O cálculo do Custo Anualizado dos equipamentos propostos é feito da seguinte maneira: multiplica-se, para cada equipamento, o Custo do Equipamento Incluindo a Mão-de-obra pelo Fator de Recuperação de Capital (FRC). E o cálculo dos Custos Anualizados do projeto é feito pela soma dos Custos Anualizados dos Equipamentos. No quadro abaixo são apresentados os valores:

Equipamento	Custo Equipamento incluindo Mão-de-obra	FRC	Custo Anualizado Equipamento
OSRAM FO32W/840	R\$ 7.654,70	0,414710	R\$ 3.174,48
OSRAM FO16W/840	R\$ 357,07	0,246572	R\$ 88,04
OSRAM SON-E 70W	R\$ 205,64	0,229949	R\$ 47,29
INTRAL POUP-AFP 2x32W(220V)	R\$ 5.957,25	0,149029	R\$ 887,81
INTRAL RVSE-70/62 AFP 220V + IGNITOR	R\$ 424,66	0,149029	R\$ 63,29
INTRAL POUP-AFP 2x16W(220V)	R\$ 283,95	0,149029	R\$ 42,32
INTRAL POUP-AFP 1x32W(220V)	R\$ 335,49	0,149029	R\$ 50,00
INTRAL ES 812 2X32W	R\$ 20.152,16	0,116830	R\$ 2.354,37
<b>CUSTOS ANUALIZADOS</b>			<b>R\$ 6.707,58</b>

**Quadro 9 – Planilha para cálculo do Custo Anualizado de cada equipamento.**

Por fim, o cálculo da Relação Custo Benefício (RCB) deste projeto é feito através da razão entre os Custos Anualizados e os Benefícios Anualizados do projeto, como é apresentado no quadro a seguir.

Custos Anualizados (CA)	R\$ 6.707,58
Benefícios Anualizados (B)	R\$ 8.439,32
Relação Custo Benefício (RCB)	0,79

**Quadro 10 – Valores de CA, B e RCB da proposta.**

## 6 CONTRAPONTO AO ESTUDO DE CASO

No estudo de caso apresentado, a proposta final para a Escola Anônima consistia de sistemas utilizando a tecnologia de lâmpadas fluorescentes com equipamentos mais eficientes que os anteriores. Considerando isto, o autor buscou novas tecnologias para serem utilizadas na efficientização de projetos luminotécnicos.

A princípio, a idéia era a utilização de uma nova iluminação baseada na tecnologia de LEDs, por tratar-se de uma inovação que tem apresentado alta eficiência luminosa e crescimento de novos produtos no mercado. Entretanto, para o projeto de um ambiente e simulação do seu nível de iluminamento, os fabricantes não apresentam dados mais concretos e modelos que pudessem ser utilizados no software DIALux, pois é uma tecnologia relativamente nova e que ainda está em desenvolvimento.

A partir daí, buscou-se outra alternativa que trouxesse maior economia de energia elétrica e maior fluxo luminoso (para garantir um melhor nível de iluminamento).

Uma alternativa encontrada foi a lâmpada de indução, que, apesar de ter sido lançada experimentalmente no início da década de 90, atualmente se mostra como alternativa à iluminação econômica por apresentar altos valores de fluxo luminoso, aliados a alta eficiência luminosa. Entretanto, este tipo de lâmpada apresentou o mesmo empecilho das lâmpadas de LED: falta de informações para serem utilizadas no DIALux.

Assim o autor buscou uma alternativa que pudesse ser comparada ao que havia sido proposto pela APS Engenharia de Energia. Desta maneira, a alternativa encontrada foi uma nova linha de lâmpadas fluorescentes lançada pela Philips, que apresentam menor potência, mas alta eficiência luminosa.

Os resultados obtidos são apresentados a seguir.

## 6.1 RESULTADOS OBTIDOS COM A NOVA LINHA DE LÂMPADAS FLUORESCENTES

A fim de se obter uma alternativa de proposta, como foi dito anteriormente, o autor fez outro estudo empregando sistemas de iluminação que utilizam lâmpadas fluorescentes de uma nova linha da fabricante Philips: é a linha de lâmpadas fluorescentes tubulares MASTER TL5 HE Eco, que apresentam baixo consumo e alto fluxo luminoso. Para a iluminação externa, ainda foi empregando lâmpadas de vapor de sódio. Seguindo o que foi feito anteriormente, os Sistemas Projetado e Proposto são fruto da análise realizada com o software DIALux. Os resultados da análise são mostrados no Anexo C. A partir desses resultados, obtiveram-se os seguintes dados:

<i><b>SISTEMA EXISTENTE</b></i>	
Quantidade de Pontos.	192
Potência media total em operação (kW)	15,65
Energia Consumida (MWh)	49,04
<i><b>SISTEMA PROJETADO</b></i>	
Quantidade de Pontos.	254
Potência media total em operação (kW)	20,75
Energia Consumida (MWh)	65,25
<i><b>SISTEMA PROPOSTO ALTERNATIVO</b></i>	
Quantidade de Pontos.	187
Potência média total em operação (kW)	9,28
Energia Consumida (MWh)	29,10
<i><b>RESULTADOS ESPERADOS</b></i>	
Redução de Demanda na Ponta (kW)	10,40
Energia Economizada (MWh/ano)	36,15
Economia (%)	55,41%
Benefícios Anualizados (R\$)	R\$ 10.930,41

**Quadro 11 – Resultados Obtidos – Proposta Alternativa.**

Em relação aos Resultados Esperados, cabem alguns esclarecimentos, já mencionados anteriormente:

- A Redução de Demanda na Ponta (RDP) é obtida a partir da diferença entre os valores de Potência Média Total em Operação do Sistema Projetado e do Sistema Proposto;

- A Energia Economizada (EE) é obtida a partir da diferença entre os valores de Energia Consumida do Sistema Projetado e do Sistema Proposto;

- O percentual de Economia é definido pela razão entre Energia Economizada e Energia Consumida do Sistema Projetado;

- Os Benefícios Anualizados (B) foram calculados a partir da fórmula estipulada pela ANEEL, na qual são somados os valores de Energia Economizada (EE) multiplicado pelo Custo Evitado de Energia (CEE) e de Redução de Demanda na Ponta (RDP) multiplicado pelo Custo Evitado de Demanda (CED);

- Os valores de Custo Evitado de Energia e Custo Evitado de Demanda são definidos pela concessionária de distribuição de energia elétrica.

O orçamento desta proposta é apresentado no quadro a seguir:

Equipamento	Qtde	Custo Equipamento incluindo Mão-de-obra
OSRAM SON-E 70W	5	R\$ 205,64
PHILIPS TL5-13W-ECO/840	16	R\$ 338,04
PHILIPS TL5-25W-ECO/840	335	R\$ 7.077,71
INTRAL RVSE-70/62 AFP 220V + IGNITOR	5	R\$ 424,66
INTRAL POUP-AFP 2x14W(220V)	8	R\$ 344,68
INTRAL POUP-AFP 1x28W(220V)	13	R\$ 553,59
INTRAL POUP-AFP 2x28W(220V)	161	R\$ 7.228,88
INTRAL LS 512 2X14W	8	R\$ 1.249,75
INTRAL LS 512 2X28W	125	R\$ 19.527,29
INTRAL DS 510 1X28W	13	R\$ 2.030,84
<b>TOTAL DO PROJETO</b>		<b>R\$ 38.981,07</b>

**Quadro 12 – Orçamento Proposta Alternativa.**

### 6.1.1 VIDA ÚTIL DOS EQUIPAMENTOS E FATOR DE RECUPERAÇÃO DE CAPITAL

Para a determinação do Custo Anualizado de um projeto, é necessário que sejam calculados os Custos Anualizados de cada equipamento. Conseqüentemente, o cálculo da Vida Útil e do Fator de Recuperação de Capital (FRC) também é necessário.

Para exemplificar como foi feito o cálculo de Vida Útil das lâmpadas desta proposta, será usado o cálculo para a lâmpada PHILIPS TL5-13W-ECO/840.

Ambiente	Horas/ Ano Total	Modelo da Lâmpada	Vida Útil Catálogo (h)	Vida Útil (anos)	Número de Lâmpadas p/ Luminária	Vida Útil x Lâmpadas
Corredor de acesso	1210	PHILIPS TL5-13W- ECO/840	12.000	9,917	2	19,835
Corredor de acesso ao estoque da cozinha	3300	PHILIPS TL5-13W- ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Estoque da cozinha	1100	PHILIPS TL5-13W- ECO/840	12.000	10,909	2	21,818
				<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>48,93</b>

**Quadro 13 – Planilha para cálculo da vida útil do equipamento.**

No quadro acima se têm os dados de Horas/Ano Total (levantamento), Modelo da Lâmpada e Vida Útil Catálogo. Para o cálculo da Vida Útil (anos) calcula-se a razão entre Vida Útil Catálogo (h) e Horas/Ano Total em cada ambiente.

Os dados de Vida Útil x Lâmpadas é utilizado para o cálculo final da Vida Útil da lâmpada, a qual é obtida pela razão entre o total de Vida Útil x Lâmpadas e Número de Lâmpadas p/ Luminária. Assim, para a lâmpada PHILIPS TL5-13W-ECO/840 tem-se que a vida útil deste equipamento é 8,15 anos.

A planilha completa com as demais lâmpadas encontra-se no Anexo D.



Abaixo são apresentados os dados de Vida Útil dos outros equipamentos desta proposta.

Equipamento	Vida Útil (anos)
OSRAM SON-E 70W	5,56
PHILIPS TL5-13W-ECO/840	8,15
PHILIPS TL5-25W-ECO/840	4,46
INTRAL RVSE-70/62 AFP 220V + IGNITOR	10
INTRAL POUP-AFP 2x14W(220V)	10
INTRAL POUP-AFP 1x28W(220V)	10
INTRAL POUP-AFP 2x28W(220V)	10
INTRAL LS 512 2X14W	15
INTRAL LS 512 2X28W	15
INTRAL DS 510 1X28W	15

**Quadro 14 – Equipamentos da proposta e respectiva vida útil determinada.**

Os reatores e luminária têm sua vida útil determinada por catálogo, não importando as horas de uso.

No cálculo do Fator de Recuperação de Capital (FRC) são utilizados os dados de Vida Útil (n) e Taxa de Desconto (i) para cada equipamento, conforme a fórmula abaixo:

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

No quadro abaixo são apresentados os dados de Vida Útil, Taxa de Desconto e FRC:

Equipamento	Vida Útil (anos)	Taxa de Desconto	FRC
OSRAM SON-E 70W	5,56	8%	0,229949
PHILIPS TL5-13W-ECO/840	8,15	8%	0,171634
PHILIPS TL5-25W-ECO/840	4,46	8%	0,275583
INTRAL RVSE-70/62 AFP 220V + IGNITOR	10	8%	0,149029
INTRAL POUP-AFP 2x14W(220V)	10	8%	0,149029
INTRAL POUP-AFP 1x28W(220V)	10	8%	0,149029
INTRAL POUP-AFP 2x28W(220V)	10	8%	0,149029
INTRAL LS 512 2X14W	15	8%	0,116830
INTRAL LS 512 2X28W	15	8%	0,116830
INTRAL DS 510 1X28W	15	8%	0,116830

**Quadro 15 – Equipamentos da proposta sua vida útil, taxa de desconto e FRC.**

#### 6.1.2 CÁLCULO DO CUSTO ANUALIZADO E RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO

O cálculo do Custo Anualizado dos equipamentos propostos é feito da seguinte maneira: multiplica-se, para cada equipamento, o Custo do Equipamento Incluindo a Mão-de-obra pelo Fator de Recuperação de Capital (FRC). E o cálculo dos Custos Anualizados do projeto é feito pela soma dos Custos Anualizados dos Equipamentos. No quadro abaixo são apresentados os valores:

Equipamento	Custo Equipamento incluindo Mão-de-obra	FRC	Custo Anualizado Equipamento
OSRAM SON-E 70W	R\$ 205,64	0,229949	R\$ 47,29
PHILIPS TL5-13W-ECO/840	R\$ 338,04	0,171634	R\$ 58,02
PHILIPS TL5-25W-ECO/840	R\$ 7.077,71	0,275583	R\$ 1.950,50
INTRAL RVSE-70/62 AFP 220V + IGNITOR	R\$ 424,66	0,149029	R\$ 63,29
INTRAL POUP-AFP 2x14W(220V)	R\$ 344,68	0,149029	R\$ 51,37
INTRAL POUP-AFP 1x28W(220V)	R\$ 553,59	0,149029	R\$ 82,50
INTRAL POUP-AFP 2x28W(220V)	R\$ 7.228,88	0,149029	R\$ 1.077,32
INTRAL LS 512 2X14W	R\$ 1.249,75	0,116830	R\$ 146,01
INTRAL LS 512 2X28W	R\$ 19.527,29	0,116830	R\$ 2.281,36
INTRAL DS 510 1X28W	R\$ 2.030,84	0,116830	R\$ 237,26
<b>CUSTOS ANUALIZADOS</b>			<b>R\$ 5.994,91</b>

**Quadro 16 – Planilha para cálculo do Custo Anualizado de cada equipamento.**

Finalmente, o cálculo da Relação Custo Benefício (RCB) desta proposta de projeto é feito através da razão entre os Custos Anualizados e os Benefícios Anualizados calculados, como é apresentado no quadro a seguir.

Custos Anualizados (CA)	R\$ 5.994,91
Benefícios Anualizados (B)	R\$ 10.930,41
Relação Custo Benefício (RCB)	0,55

**Quadro 17 – Valores de CA, B e RCB da proposta.**

## 7 ANÁLISE DE ALTERNATIVAS

Neste capítulo são analisadas conjuntamente as duas propostas previamente apresentadas neste trabalho, a fim de ser feita uma comparação entre elas para determinar a mais vantajosa. Como forma de visualização, optou-se pelo uso de quadros, pois se torna mais fácil a comparação de valores.

A primeira proposta apresentada foi elaborada pela empresa APS Engenharia de Energia e a segunda, pelo autor.

### 7.1 ANÁLISE DE ENERGIA ECONOMIZADA E REDUÇÃO DE DEMANDA NA PONTA

Numa primeira análise, são comparados os valores de Energia Economizada e de Redução de Demanda na Ponta das respectivas propostas. O quadro seguinte apresenta os dados:

<b>Resultados Esperados</b>		<b>Proposta 1</b>	<b>Proposta 2</b>
Redução de Demanda na Ponta (kW)	<b>RDP</b>	<b>8,02</b>	<b>10,40</b>
Energia Economizada (MWh/ano)	<b>EE</b>	<b>27,94</b>	<b>36,15</b>

**Quadro 18 - Energia Economizada e Redução de Demanda na Ponta das propostas.**

A comparação dos valores apresentados pelas duas propostas para a Redução de Demanda na Ponta e para a Energia Economizada indica que a Proposta 2 é a que gera maiores valores. Ou seja, a Proposta 2 apresenta maiores benefícios em termos de Redução de Demanda na Ponta e Energia Economizada.

## 7.2 ANÁLISE DE ORÇAMENTOS

Um ponto a ser analisado é o valor do orçamento das propostas. No quadro abaixo temos os valores.

<b>Orçamento</b>	<b>Proposta 1</b>	<b>Proposta 2</b>
<b>Total Do Projeto</b>	<b>R\$ 35.370,92</b>	<b>R\$ 38.981,07</b>

**Quadro 19 – Orçamento das propostas.**

Podemos notar que as propostas se equivalem. Há uma diferença entre elas, de apenas R\$ 3.610,15. Porém, essa diferença, em termos percentuais, representa aproximadamente 10% da Proposta 1. Por isso, sob este ponto de vista, a Proposta 1 é mais atraente.

## 7.3 ANÁLISE DE CUSTOS ANUALIZADOS, BENEFÍCIOS ANUALIZADOS E RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO

Outros indicadores calculados nas propostas apresentadas foram os Custos Anualizados, Benefícios Anualizados e a Relação Custo Benefício. Os valores calculados são mostrados a seguir.

<b>Resultados Esperados</b>		<b>Proposta 1</b>	<b>Proposta 2</b>
Custos Anualizados	<b>CA</b>	<b>R\$ 6.707,58</b>	<b>R\$ 5.994,91</b>
Benefícios Anualizados	<b>B</b>	<b>R\$ 8.439,32</b>	<b>R\$ 10.930,41</b>
Relação Custo Benefício	<b>RCB</b>	<b>0,79</b>	<b>0,55</b>

**Quadro 20 - Custos Anualizados, Benefícios Anualizados e Relação Custo Benefício das propostas.**

Pela observação das duas propostas, nota-se que estas estão aptas a serem implementadas em um Programa de Eficiência Energética sob os moldes estabelecidos pela ANEEL ( $RCB < 0,8$ ). Comparando-se a Proposta 2 com a Proposta 1, conclui-se que a Proposta 2 torna-se mais atraente, pois gera maiores Benefícios Anualizados e tem Custos Anualizados menores, e, conseqüentemente, tem uma Relação Custo Benefício melhor. Sob este ponto de vista, nesta análise, a Proposta 3 apresenta-se como a mais vantajosa.

#### **7.4 ANÁLISE GLOBAL DE INDICADORES**

Por fim, analisaram-se de forma global os indicadores que foram calculados para as duas propostas. Esta análise permite apontar a melhor proposta dentre as que foram apresentadas.

A seguir são apresentados conjuntamente os indicadores que foram mostrados nos itens anteriores deste trabalho.

<b>Resultados Esperados</b>		<b>Proposta 1</b>	<b>Proposta 2</b>
Redução de demanda na ponta (kW)	<b>RDP</b>	<b>8,02</b>	<b>10,40</b>
Energia Economizada (MWh/ano)	<b>EE</b>	<b>27,94</b>	<b>36,15</b>
Custos Anualizados	<b>CA</b>	<b>R\$ 6.707,58</b>	<b>R\$ 5.994,91</b>
Benefícios Anualizados	<b>B</b>	<b>R\$ 8.439,32</b>	<b>R\$ 10.930,41</b>
Relação Custo-Benefício	<b>RCB</b>	<b>0,79</b>	<b>0,55</b>
Total Do Projeto		<b>R\$ 35.370,92</b>	<b>R\$ 38.981,07</b>

**Quadro 21 – Todos indicadores das propostas.**

Desta vez, têm-se todos os indicadores agrupados para que sejam comparados. Na primeira análise, que considerava apenas os valores de Redução de Demanda na Ponta e de Energia Economizada, foi concluído que a Proposta 2 seria a mais vantajosa, por ter apresentado os melhores resultados.

Já na segunda análise, que considerava os valores de orçamentos, concluiu-se que a Proposta 1 era mais atraente em comparação com a Proposta 1.

Na terceira análise, em que foram considerados os Custos Anualizados, Benefícios Anualizados e Relação Custo Benefício, a Proposta 2 mostrou-se superior.

Agora, analisando-se todos os indicadores, se percebe que daquela que se mostra como a melhor é a Proposta 2, pois apresenta excelentes valores de Redução de Demanda na Ponta e de Energia Economizada, aliados a uma excelente Relação Custo-Benefício, resultante dos valores satisfatórios de Custos Anualizados e Benefícios Anualizados. O valor maior do orçamento da Proposta 2 acaba sendo compensado pelos outros indicadores.

## 8 BENEFÍCIOS NÃO QUANTIFICÁVEIS

As duas propostas de efficientização dos sistemas de iluminação anteriormente apresentadas contemplam melhorias em termos de equipamentos, demanda e consumo de energia elétrica e, ainda, adequação do nível de iluminamento à norma correspondente. Porém, há um benefício, inerente a todos que foram mencionados e mais particularmente à melhoria do iluminamento, que não é quantificável ou não é tão facilmente quantificável: a melhoria do desempenho escolar.

Uma iluminação deficiente faz com que os olhos se cansem mais rapidamente durante uma leitura, por exemplo, pois para se ter uma boa visão necessita-se de contraste entre as letras e o papel, o que não ocorre com pouca claridade.

Como o nível de iluminamento, estabelecido pela norma NBR5413/1992, não foi alcançado na maioria das vezes, conclui-se que as salas de aula da Escola Anônima, também não apresentavam condições ambientais adequadas, e infere-se que os servidores e alunos que nelas atuavam estavam propensos à fadiga visual.

A fadiga visual e a fadiga geral se relacionam, nas atividades em que a visão é decisiva (RIO & PIRES, 2001 apud LA FUENTE). O iluminamento concorre para isso, por seu efeito no mecanismo fisiológico da visão e na musculatura coordenadora dos movimentos dos olhos (IIDA, 2001 apud LA FUENTE).

A adequada iluminação do ambiente de trabalho contribui para a eficiência do desempenho, bem como para o conforto visual do trabalhador. Particularmente nas escolas esse fator se torna mais relevante, em razão do comprometimento do aprendizado, conforme apontado por diferentes autores (VEITCH & NEWSHAM, 1996; GIBSON, 1965; REIDA et al., 1960 apud LA FUENTE).



O estudo de Veitch e Newsham (1996) (apud LA FUENTE) aponta que a qualidade do iluminamento de interiores influencia no desempenho de tarefas e na interação social, bem como em comunicação, saúde e segurança, conforto visual, comportamento dos estudantes e no julgamento de questões estéticas. Esse estudo registra que o maior nível de iluminamento melhora a comunicação entre estudantes mulheres, e que os estudantes, independentemente do sexo, preferem o maior nível de iluminamento aos níveis mais baixos. O estudo aponta a necessidade de estudo multidisciplinar sobre qualidade do iluminamento, em virtude das variáveis presentes.

A adequada iluminação garante conforto no desempenho visual (IIDA, 2001; RIO & PIRES, 2001 apud LA FUENTE) e, na falta dela, a contração dos olhos e a fadiga afetam o aprendizado (REIDA et al., 1960 apud LA FUENTE).

Os autores Veitch e Newsham (1996) e Gibson (1965) (apud LA FUENTE) apontam que o desempenho escolar é afetado pela inadequação do iluminamento das salas de aula. Reida et al. (1960) (apud LA FUENTE) estimam que 80 por cento do aprendizado ocorre pelos olhos e que ele se torna deficiente quando o iluminamento não é adequado, pois há contração dos olhos e fadiga visual.

### **8.1 ESTIMATIVA DE INVESTIMENTO POR ALUNO**

Considerando que a Escola Anônima conta com cerca de 1.100 alunos e que a proposta com o valor mais alto de investimento é de R\$ 38.981,07, pode-se fazer um cálculo a grosso modo:

$$\frac{R\$ 38.981,07}{1.100 \text{ alunos}} = 35,44 \text{ R\$/aluno}$$

Pode-se ver que, quando individualizado o investimento por aluno, torna-se um valor irrisório.

O cálculo para tempo de retorno, pode ser feito através do valor do investimento e do indicador Benefício Anualizado de cada proposta.

Para a Proposta 1, tem-se:

$$\text{Tempo de retorno} = \frac{\textit{investimento}}{\textit{Benefícios Anualizados}} = \frac{R\$ 35.370,92}{R\$ 8.439,32} = 4,19 \textit{ anos}$$

Para a Proposta 2, tem-se:

$$\text{Tempo de retorno} = \frac{\textit{investimento}}{\textit{Benefícios Anualizados}} = \frac{R\$ 38.981,07}{R\$ 10.930,41} = 3,57 \textit{ anos}$$

Em ambas as propostas, o tempo de retorno do investimento é relativamente pequeno. Porém, o benefício de melhora do desempenho escolar, que não é facilmente mensurável e teria de ser feito através de pesquisa estatística após a implementação de alguma das propostas, tem um valor extremamente alto sob o ponto de vista dos alunos e professores desta escola, sendo mais importante até do que os benefícios financeiros e de economia de energia elétrica para o sistema advindos da implementação da proposta.

## 9 CONCLUSÃO

O incentivo da ANEEL, disponibilizando recursos para serem investidos em Programas de Eficiência Energética, mostra-se uma política válida para a renovação de equipamentos de iluminação gerando economia de energia elétrica para o cliente atendido e para a própria geração deste insumo, como foi mostrado neste trabalho. Os sistemas de iluminação são grandes consumidores de energia elétrica em diversos locais, não só em escolas, mas também na indústria, comércio, etc.

Neste trabalho foi mostrada a oportunidade de efficientização de projetos luminotécnicos em ambientes de uma escola pública, gerando um melhor conforto visual para o desempenho das respectivas atividades desenvolvidas e a possibilidade de economia de energia elétrica. Esta economia torna-se válida sob dois aspectos: diminuem os gastos de energia elétrica para o consumidor atendido e proporciona economia de demanda e de consumo para o sistema.

Entretanto, como foi mostrado no capítulo anterior, há um benefício muitíssimo valioso, porém que não tem uma fácil quantificação: a melhora do desempenho escolar.

Além dos benefícios financeiros gerados pela economia de energia elétrica, a melhora do desempenho escolar se mostra como um benefício de valor ainda mais importante aos alunos e professores da escola.

Portanto, considerando o que foi visto, é justo afirmar que projetos que contemplem a efficientização de projetos luminotécnicos contribuem para o desenvolvimento do setor energético do país, evitando e reduzindo o desperdício de energia elétrica, que é tão essencial ao desenvolvimento econômico de uma nação. Porém, há de se convir que tais projetos

contribuem também para o fortalecimento da educação do país através da melhora do desempenho escolar decorrente da adequação dos níveis de iluminação.

## 10 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento do trabalho, foram vistos alguns pontos interessantes que poderiam tornar-se fruto de um estudo posterior a este:

- Pesquisa a respeito do desempenho escolar após implementação de projeto  
eficientização de projetos luminotécnicos em escolas;
- Utilização de iluminação natural para efficientizar projetos luminotécnicos;
- Benefícios da iluminação natural no desempenho escolar;
- Utilização de novas tecnologias visando à Eficiência Energética de projetos  
luminotécnicos.

## 11 REFERÊNCIAS

- [1] ANEEL. Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética, 2008
- [2] Moreira, Vinicius de Araujo. Iluminação elétrica. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- [3] Rodrigues, Pierre. Manual de Iluminação Eficiente. PROCEL, 2002
- [4] Guia de Iluminação Philips, 2005
- [5] AKARI Lâmpadas Especiais. Acesso ao site <http://www.akarilampadas.com.br/aplicacoes/led-como-funciona.php> em 7 de maio de 2010.
- [6] Conceitos Luminotécnicos – Catálogo 2008-2009, Osram.
- [7] [http://www.ecivilnet.com/software/dialux\\_calculo\\_de\\_iluminacao.htm](http://www.ecivilnet.com/software/dialux_calculo_de_iluminacao.htm) Acessado em 6 de julho de 2010.
- [8] <http://wikimapia.org/> Acessado em 6 de julho.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Iluminância de Interiores: NBR 5413. Rio de Janeiro, 1992.
- [10] LA FUENTE, José Maurício. Iluminamento no Período Noturno nas Escolas Públicas Estaduais da Baixada Santista. Disponível em: [http://www.interfacehs.sp.senac.br/images/artigos/76\\_pdf.pdf](http://www.interfacehs.sp.senac.br/images/artigos/76_pdf.pdf)
- [11] ANEEL. Resolução ANEEL N° 456, de 29 de Novembro de 2000.
- [12] [http://www.liganessa.com.br/blog/index.asp?id\\_blog=19](http://www.liganessa.com.br/blog/index.asp?id_blog=19) Acessado em 11 de julho.

## ANEXO A

A respeito do levantamento, são importantes algumas explicações sobre os campos que são apresentados.

Ambiente	Ciclo de Operação								
	Horas/ dia FP	Horas/ dia P	Dias Uteis	Dias Sabado	Dias Domingo	Meses	Horas/ Ano FP	Horas/ Ano P	Horas/ Ano Total
Ante-sala da Biblioteca	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300

**Quadro A.1 – Planilha para cálculo Horas/Ano FP, Horas/Ano P e Horas/Ano Total.**

Nas colunas P e FP significam Ponta e Fora de Ponta, respectivamente, em relação ao horário de utilização dos equipamentos durante o dia. O Horário de Ponta (P) é o período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, “Corpus Christi”, dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico. Horário fora de ponta (F): período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta. [11]

Assim, o cálculo de Horas/Ano P é feito pela multiplicação de Horas/dia P, Dias Uteis e Meses. Já o cálculo de Horas/Ano FP é feito o seguinte: multiplica-se a soma de Horas/dia FP e Horas/dia P pela soma de Dias Sabado e Dias Domingo, este resultado é somado à multiplicação de Horas/dia FP por Dias Uteis. Por fim, o último resultado é multiplicado por Meses.

O cálculo de Horas/Ano Total é a soma de Horas/Ano FP e Horas/Ano P.

Ambiente	Dimensões (m)			Pintura			Iluminância (lux)		Ciclo de Operação								
	Comp.	Larg.	Alt.	Paredes	Teto	Piso	Medido	Norma	Horas/ dia FP	Horas/ dia P	Dias Uteis	Dias Sabado	Dias Domingo	Meses	Horas/ Ano FP	Horas/ Ano P	Horas/ Ano Total
Ante-sala da Biblioteca	7,22	3,35	3,17	Claro	Médio	Escuro	96,4	150	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Arquivo	5,19	2,01	4,54	Claro	Médio	Escuro	18,75	150	2,5	0	22	0	0	10	550	0	550
Banheiro Feminino	4,54	3,84	2	Claro	Claro	Escuro	0	150	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Banheiro Feminino	4,32	4,99	2,86	Claro	Médio	Escuro	50	150	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Banheiro Feminino da Sala dos Professores	2,31	1,21	2,56	Claro	Médio	Escuro	126,75	150	3,5	0	22	0	0	10	770	0	770
Banheiro Maculino	4,74	4,96	2,86	Claro	Médio	Escuro	85,125	150	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Banheiro Masculino	4,63	3,89	2	Claro	Claro	Médio	163,75	150	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Banheiro Masculino da sala dos Professores	2,31	1,21	2,56	Claro	Médio	Escuro	198,5	150	3,5	0	22	0	0	11	847	0	847
Biblioteca	7,2	6,58	3,17	Claro	Médio	Escuro	167,2	300	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Corredor de acesso	19,4	2,48	2,54	Médio	Escuro	Escuro	9,16	100	2,5	3	22	0	0	10	550	660	1210
Corredor de acesso à Biblioteca	15,97	1,98	4,73	Claro	Médio	Escuro	28,25	100	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Corredor de acesso à TUMA 163	4,55	2,35	2,76	Claro	Médio	Escuro	42,75	100	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Corredor de acesso ao estoque da cozinha	6,09	1,18	3,03	Claro	Médio	Escuro	21,5	100	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Corredor de acesso ao Refeitório	20,4	2,93	2,45	Claro	Médio	Escuro	39,83	100	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Corredor de acesso as salas 1,2,3 e 4	8,93	2,02	4,75	Claro	Médio	Escuro	33	100	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Corredor em frente a Secretaria	27,08	2,94	4,37	Claro	Médio	Escuro	21,16	100	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Cozinha	5,07	4,62	2,54	Claro	Claro	Médio	122,16	150	13	3	22	0	0	10	2860	660	3520
Depósito da cozinha	4,17	2,57	2,66	Claro	Claro	Médio	45,75	150	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Dispensa da cozinha	4,91	1,32	2,7	Claro	Claro	Escuro	32,25	150	13	3	22	0	0	10	2860	660	3520
Estoque da cozinha	5,64	1,19	4,2	Claro	Claro	Escuro	17,25	150	5	0	22	0	0	10	1100	0	1100
Externa								150	9	3	22	4	4	12	3528	792	4320



Ambiente	Dimensões (m)			Pintura			Iluminância (lux)		Ciclo de Operação								
	Comp.	Larg.	Alt.	Paredes	Teto	Piso	Medido	Norma	Horas/ dia FP	Horas/ dia P	Dias Uteis	Dias Sabado	Dias Domingo	Meses	Horas/ Ano FP	Horas/ Ano P	Horas/ Ano Total
Informática	5,44	4,95	3,04	Claro	Médio	Escuro	110,4	300	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Rampa de acesso ao 2º Pav.	7,5	7,57	7,31	Claro	Médio	Escuro		100	2,5	3	22	0	0	10	550	660	1210
Recreação	20,03	12,08	2,45	Médio	Médio	Escuro	84,85	100	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Refeitório	17,13	12,22	2,72	Claro	Escuro	Escuro	51,07	150	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Sala 1	6,97	5,04	3,03	Claro	Médio	Escuro	107	300	11	2	22	0	0	10	2420	440	2860
Sala 10	6,94	5,02	3,03	Claro	Médio	Escuro	117,9	300	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Sala 11	6,97	5,01	3,03	Claro	Médio	Escuro	90	300	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Sala 12	6,9	5,13	2,5	Claro	Médio	Escuro	269,4	300	11	2	22	0	0	10	2420	440	2860
Sala 13	6,92	5,08	2,5	Claro	Médio	Escuro	142,6	300	11	2	22	0	0	10	2420	440	2860
Sala 163	6,97	5,06	2,57	Claro	Médio	Escuro	154	300	11	2	22	0	0	10	2420	440	2860
Sala 2	6,97	5,04	3,03	Claro	Médio	Escuro	117,1	300	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Sala 3	6,97	4,95	3,03	Claro	Médio	Escuro	76,6	300	11	2	22	0	0	10	2420	440	2860
Sala 4	6,97	4,95	3,03	Claro	Médio	Escuro	84,7	300	11	2	22	0	0	10	2420	440	2860
Sala 5	8,03	4,96	3,03	Claro	Médio	Escuro	119,8	300	11	2	22	0	0	10	2420	440	2860
Sala 6	6,99	4,98	3,03	Claro	Médio	Escuro	18,4	300	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Sala 7	6,98	4,99	3,03	Claro	Médio	Escuro	137	300	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Sala 8	6,98	4,88	3,03	Claro	Médio	Escuro	90,3	300	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Sala 9 (Laboratório de informática)	8,62	4,91	3,03	Claro	Médio	Escuro	29,4	300	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Sala da Direção	4,46	2,23	2,42	Claro	Médio	Escuro	165,6	500	12	3	22	0	0	11	2904	726	3630
Sala dos Professores	4,7	3,76	2,56	Claro	Médio	Escuro	199,2	300	12	3	22	0	0	11	2904	726	3630
Sala Restrita da Biblioteca	7,22	1,61	3,17	Claro	Médio	Escuro	103,4	150	12	3	22	0	0	10	2640	660	3300
Secretaria	7,07	4,98	4,37	Claro	Médio	Escuro	157,2	300	12	3	22	0	0	11	2904	726	3630

## ANEXO B

A seguir será explicado como foi feito os cálculos das colunas de relativas ao Sistema Existente. Para as colunas de Sistema Projetado e Sistema Proposto seguiu-se o mesmo método.

Ambiente	Ciclo de Operação			SISTEMA EXISTENTE						
	Horas/ Ano FP	Horas/ Ano P	Horas/ Ano Total	Modelo	QTDE	Potência Luminária (W)	Potência Total (kW)	Consumo FP (MWh)	Consumo P (MWh)	Consumo Total (MWh)
Ante-sala da Biblioteca	2640	660	3300	FLUO 2X40W	2	82	0,165	0,435	0,109	0,543

**Quadro B.1 - Planilha para cálculo Potência Total (kW), Consumo FP (MWh), Consumo P (MWh) e**

**Consumo Total (MWh).**

Potência Luminária (W) é definida pelo catálogo do fabricante do equipamento adicionando-se as perdas do reator, quando houver.

Potência Total (kW) é definida pela multiplicação de QTDE e Potência Luminária (W) dividindo por 1000 (mil).

Consumo FP (MWh) é definido pela multiplicação de Horas/Ano FP e Potência Total (kW) dividindo por 1000 (mil).

Consumo P (MWh) é definido pela multiplicação de Horas/Ano P e Potência Total (kW) dividindo por 1000 (mil).

Consumo Total (MWh) é definido pela soma de Consumo FP (MWh) e Consumo P (MWh).

Ambiente	SISTEMA EXISTENTE							SISTEMA PROJETADO				
	Modelo	QTDE	Potência Luminária (W)	Potência Total (kW)	Consumo FP (MWh)	Consumo P (MWh)	Consumo Total (MWh)	QTDE	Potência Total (kW)	Consumo FP (MWh)	Consumo P (MWh)	Consumo Total (MWh)
Ante-sala da Biblioteca	FLUO 2X40W	2	82	0,165	0,435	0,109	0,543	4	0,329	0,869	0,217	1,087
Arquivo	FLUO 1X40W	2	42	0,083	0,046	0,000	0,046	2	0,083	0,046	0,000	0,046
Banheiro Feminino	FLUO 2X40W	3	82	0,247	0,652	0,163	0,815	3	0,247	0,652	0,163	0,815
Banheiro Feminino	FLUO 2X40W	2	82	0,165	0,435	0,109	0,543	2	0,165	0,435	0,109	0,543
Banheiro Feminino da Sala dos Professores	FLUO 1X40W	1	42	0,042	0,032	0,000	0,032	1	0,042	0,032	0,000	0,032
Banheiro Maculino	FLUO 2X40W	2	82	0,165	0,435	0,109	0,543	2	0,165	0,435	0,109	0,543
Banheiro Masculino	FLUO 2X40W	3	82	0,247	0,652	0,163	0,815	3	0,247	0,652	0,163	0,815
Banheiro Masculino da sala dos Professores	FLUO 1X40W	1	42	0,042	0,035	0,000	0,035	1	0,042	0,035	0,000	0,035
Biblioteca	FLUO 2X40W	4	82	0,329	0,869	0,217	1,087	8	0,659	1,739	0,435	2,173
Corredor de acesso	FLUO 2X20W	6	42	0,250	0,137	0,165	0,302	6	0,250	0,137	0,165	0,302
Corredor de acesso à Biblioteca	FLUO 1X40W	3	42	0,125	0,330	0,082	0,412	3	0,125	0,330	0,082	0,412
Corredor de acesso à TUMA 163	FLUO 1X40W	1	42	0,042	0,110	0,027	0,137	1	0,042	0,110	0,027	0,137
Corredor de acesso ao estoque da cozinha	FLUO 2X20W	1	42	0,042	0,110	0,027	0,137	1	0,042	0,110	0,027	0,137
Corredor de acesso ao Refeitório	FLUO 2X40W	7	82	0,576	1,521	0,380	1,902	7	0,576	1,521	0,380	1,902
Corredor de acesso as salas 1,2,3 e 4	FLUO 1X40W	3	42	0,125	0,330	0,082	0,412	3	0,125	0,330	0,082	0,412
Corredor em frente a Secretaria	FLUO 2X40W	5	82	0,412	1,087	0,272	1,358	5	0,412	1,087	0,272	1,358
Cozinha	FLUO 2X40W	4	82	0,329	0,942	0,217	1,159	6	0,494	1,413	0,326	1,739
Depósito da cozinha	FLUO 2X40W	1	82	0,082	0,217	0,054	0,272	1	0,082	0,217	0,054	0,272
Dispensa da cozinha	FLUO 2X40W	1	82	0,082	0,235	0,054	0,290	1	0,082	0,235	0,054	0,290
Estoque da cozinha	FLUO 2X20W	1	42	0,042	0,046	0,000	0,046	1	0,042	0,046	0,000	0,046
Externa	MIS 160W	5	160	0,800	2,822	0,634	3,456	5	0,800	2,822	0,634	3,456

Ambiente	SISTEMA EXISTENTE							SISTEMA PROJETADO					
	Modelo	QTDE	Potência Luminária (W)	Potência Total (kW)	Consumo FP (MWh)	Consumo P (MWh)	Consumo Total (MWh)	QTDE	Potência Total (kW)	Consumo FP (MWh)	Consumo P (MWh)	Consumo Total (MWh)	
Informática	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,304	0,326	1,630	6	0,494	1,304	0,326	1,630	
Rampa de acesso ao 2º Pav.	MIS 160W	4	160	0,640	0,352	0,422	0,774	4	0,640	0,352	0,422	0,774	
Recreação	FLUO 2X40W	12	82	0,988	2,608	0,652	3,260	12	0,988	2,608	0,652	3,260	
Refeitório	FLUO 2X40W	16	82	1,317	3,477	0,869	4,347	20	1,647	4,347	1,087	5,433	
Sala 1	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,195	0,217	1,413	9	0,741	1,793	0,326	2,119	
Sala 10	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,304	0,326	1,630	9	0,741	1,956	0,489	2,445	
Sala 11	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,304	0,326	1,630	9	0,741	1,956	0,489	2,445	
Sala 12	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,195	0,217	1,413	9	0,741	1,793	0,326	2,119	
Sala 13	FLUO 2X40W	4	82	0,329	0,797	0,145	0,942	9	0,741	1,793	0,326	2,119	
Sala 163	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,195	0,217	1,413	9	0,741	1,793	0,326	2,119	
Sala 2	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,304	0,326	1,630	9	0,741	1,956	0,489	2,445	
Sala 3	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,195	0,217	1,413	9	0,741	1,793	0,326	2,119	
Sala 4	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,195	0,217	1,413	9	0,741	1,793	0,326	2,119	
Sala 5	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,195	0,217	1,413	9	0,741	1,793	0,326	2,119	
Sala 6	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,304	0,326	1,630	9	0,741	1,956	0,489	2,445	
Sala 7	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,304	0,326	1,630	9	0,741	1,956	0,489	2,445	
Sala 8	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,304	0,326	1,630	9	0,741	1,956	0,489	2,445	
Sala 9 (Laboratório de informática)	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,304	0,326	1,630	9	0,741	1,956	0,489	2,445	
Sala da Direção	FLUO 2X40W	2	82	0,165	0,478	0,120	0,598	4	0,329	0,956	0,239	1,195	
Sala dos Professores	FLUO 2X40W	4	82	0,329	0,956	0,239	1,195	4	0,329	0,956	0,239	1,195	
Sala Restrita da Biblioteca	FLUO 1X40W	2	42	0,083	0,220	0,055	0,275	2	0,083	0,220	0,055	0,275	
Secretaria	FLUO 2X40W	6	82	0,494	1,434	0,359	1,793	10	0,823	2,391	0,598	2,988	
			<b>Pot. Total</b>	<b>15,65</b>				<b>Cons. Total</b>	<b>49,04</b>	<b>Pot. Total</b>	<b>20,75</b>		
										<b>Cons. Total</b>	<b>65,25</b>		

## SISTEMA PROPOSTO APS ENGENHARIA DE ENERGIA

Ambiente	Ação	Modelo	QTDE	Potência Luminária (kW)	Potência Total (kW)	Consumo FP (MWh)	Consumo P (MWh)	Consumo Total (MWh)
Ante-sala da Biblioteca	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	2	0,065	0,130	0,343	0,086	0,429
Arquivo	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 1X32W	FLUO 1X32W	2	0,035	0,070	0,039	0,000	0,039
Banheiro Feminino	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 2X32W	FLUO 2X32W	3	0,065	0,195	0,515	0,129	0,644
Banheiro Feminino	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 2X32W	FLUO 2X32W	2	0,065	0,130	0,343	0,086	0,429
Banheiro Feminino da Sala dos Professores	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 1X32W	FLUO 1X32W	1	0,035	0,035	0,027	0,000	0,027
Banheiro Maculino	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 2X32W	FLUO 2X32W	2	0,065	0,130	0,343	0,086	0,429
Banheiro Masculino	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 2X32W	FLUO 2X32W	3	0,065	0,195	0,515	0,129	0,644
Banheiro Masculino da sala dos Professores	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 1X32W	FLUO 1X32W	1	0,035	0,035	0,030	0,000	0,030
Biblioteca	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	4	0,065	0,260	0,686	0,172	0,858
Corredor de acesso	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 2X16W	FLUO 2X16W	6	0,035	0,210	0,116	0,139	0,254
Corredor de acesso à Biblioteca	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 1X32W	FLUO 1X32W	3	0,035	0,105	0,277	0,069	0,347
Corredor de acesso à TUMA 163	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 1X32W	FLUO 1X32W	1	0,035	0,035	0,092	0,023	0,116
Corredor de acesso ao estoque da cozinha	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 2X16W	FLUO 2X16W	1	0,035	0,035	0,092	0,023	0,116
Corredor de acesso ao Refeitório	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 2X32W	FLUO 2X32W	7	0,065	0,455	1,201	0,300	1,502
Corredor de acesso as salas 1,2,3 e 4	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 1X32W	FLUO 1X32W	3	0,035	0,105	0,277	0,069	0,347
Corredor em frente a Secretaria	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 2X32W	FLUO 2X32W	5	0,065	0,325	0,858	0,215	1,073
Cozinha	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	4	0,065	0,260	0,744	0,172	0,915
Depósito da cozinha	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 2X32W	FLUO 2X32W	1	0,065	0,065	0,172	0,043	0,215
Dispensa da cozinha	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 2X32W	FLUO 2X32W	1	0,065	0,065	0,186	0,043	0,229
Estoque da cozinha	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 2X16W	FLUO 2X16W	1	0,035	0,035	0,039	0,000	0,039
Externa	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA, REATOR, FOTOCÉLULA - VS 70W	VS 70W	5	0,084	0,420	1,482	0,333	1,814

SISTEMA PROPOSTO APS ENGENHARIA DE ENERGIA

Ambiente	Ação	Modelo	QTDE	Potência	Potência	Consumo	Consumo	Consumo		
			QTDE	Luminária (kW)	Total (kW)	FP (MWh)	P (MWh)	Total (MWh)		
Informática	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	4	0,065	0,260	0,686	0,172	0,858		
Rampa de acesso ao 2º Pav.	REMOVE EXISTENTE, INSTALA LUMINÁRIA, LÂMPADA, REATOR - 2X32W	FLUO 2X32W	4	0,065	0,260	0,143	0,172	0,315		
Recreação	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 2X32W	FLUO 2X32W	12	0,065	0,780	2,059	0,515	2,574		
Refeitório	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	16	0,065	1,040	2,746	0,686	3,432		
Sala 1	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	0,944	0,172	1,115		
Sala 10	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	1,030	0,257	1,287		
Sala 11	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	1,030	0,257	1,287		
Sala 12	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	0,944	0,172	1,115		
Sala 13	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	0,944	0,172	1,115		
Sala 163	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	0,944	0,172	1,115		
Sala 2	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	1,030	0,257	1,287		
Sala 3	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	0,944	0,172	1,115		
Sala 4	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	0,944	0,172	1,115		
Sala 5	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	0,944	0,172	1,115		
Sala 6	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	1,030	0,257	1,287		
Sala 7	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	1,030	0,257	1,287		
Sala 8	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	1,030	0,257	1,287		
Sala 9 (Laboratório de informática)	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	1,030	0,257	1,287		
Sala da Direção	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	2	0,065	0,130	0,378	0,094	0,472		
Sala dos Professores	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	3	0,065	0,195	0,566	0,142	0,708		
Sala Restrita da Biblioteca	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA E REATOR - 1X32W	FLUO 1X32W	2	0,035	0,070	0,185	0,046	0,231		
Secretaria	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X32W	FLUO 2X32W	6	0,065	0,390	1,133	0,283	1,416		
					<b>Pot. Total</b>	<b>11,88</b>			<b>Cons. Total</b>	<b>37,31</b>

## **ANEXO C**

Os cálculos das colunas relativas ao Sistema Proposto Alternativo seguiram o mesmo método apresentado no Anexo B.

## SISTEMA PROPOSTO ALTERNATIVO

Ambiente	Ação	Modelo	QTDE	Potência Luminária (kW)	Potência Total (kW)	Consumo FP (MWh)	Consumo P (MWh)	Consumo Total (MWh)
Ante-sala da Biblioteca	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	2	0,051	0,102	0,269	0,067	0,337
Arquivo	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 1X25W	FLUO 1X25W	2	0,028	0,056	0,031	0,000	0,031
Banheiro Feminino	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	3	0,051	0,153	0,404	0,101	0,505
Banheiro Feminino	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	2	0,051	0,102	0,269	0,067	0,337
Banheiro Feminino da Sala dos Professores	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 1X25W	FLUO 1X25W	1	0,028	0,028	0,022	0,000	0,022
Banheiro Maculino	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	2	0,051	0,102	0,269	0,067	0,337
Banheiro Masculino	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	3	0,051	0,153	0,404	0,101	0,505
Banheiro Masculino da sala dos Professores	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 1X25W	FLUO 1X25W	1	0,028	0,028	0,024	0,000	0,024
Biblioteca	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	4	0,051	0,204	0,539	0,135	0,673
Corredor de acesso	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X13W	FLUO 2X13W	6	0,035	0,210	0,116	0,139	0,254
Corredor de acesso à Biblioteca	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 1X25W	FLUO 1X25W	3	0,028	0,084	0,222	0,055	0,277
Corredor de acesso à TUMA 163	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 1X25W	FLUO 1X25W	1	0,028	0,028	0,074	0,018	0,092
Corredor de acesso ao estoque da cozinha	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X13W	FLUO 2X13W	1	0,035	0,035	0,092	0,023	0,116
Corredor de acesso ao Refeitório	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	7	0,051	0,357	0,942	0,236	1,178
Corredor de acesso as salas 1,2,3 e 4	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 1X25W	FLUO 1X25W	3	0,028	0,084	0,222	0,055	0,277
Corredor em frente a Secretaria	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	5	0,051	0,255	0,673	0,168	0,842
Cozinha	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	4	0,051	0,204	0,583	0,135	0,718
Depósito da cozinha	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	1	0,051	0,051	0,135	0,034	0,168
Dispensa da cozinha	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	1	0,051	0,051	0,146	0,034	0,180
Estoque da cozinha	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X13W	FLUO 2X13W	1	0,035	0,035	0,039	0,000	0,039
Externa	MANTÉM LUMINÁRIA, TROCA LÂMPADA, REATOR, FOTOCÉLULA - VS 70W	VS 70W	5	0,084	0,420	1,482	0,333	1,814



## SISTEMA PROPOSTO ALTERNATIVO

Ambiente	Ação	Modelo	QTDE	Potência Luminária (kW)	Potência Total (kW)	Consumo FP (MWh)	Consumo P (MWh)	Consumo Total (MWh)		
Informática	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	4	0,051	0,204	0,539	0,135	0,673		
Rampa de acesso ao 2º Pav.	REMOVE EXISTENTE, INSTALA LUMINÁRIA, LÂMPADA, REATOR - 2X25W	FLUO 2X25W	4	0,051	0,204	0,112	0,135	0,247		
Recreação	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	12	0,051	0,612	1,616	0,404	2,020		
Refeitório	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	12	0,051	0,612	1,616	0,404	2,020		
Sala 1	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,741	0,135	0,875		
Sala 10	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,808	0,202	1,010		
Sala 11	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,808	0,202	1,010		
Sala 12	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,741	0,135	0,875		
Sala 13	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,741	0,135	0,875		
Sala 163	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,741	0,135	0,875		
Sala 2	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,808	0,202	1,010		
Sala 3	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,741	0,135	0,875		
Sala 4	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,741	0,135	0,875		
Sala 5	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,741	0,135	0,875		
Sala 6	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,808	0,202	1,010		
Sala 7	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,808	0,202	1,010		
Sala 8	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,808	0,202	1,010		
Sala 9 (Laboratório de informática)	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,808	0,202	1,010		
Sala da Direção	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	2	0,051	0,102	0,296	0,074	0,370		
Sala dos Professores	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	3	0,051	0,153	0,444	0,111	0,555		
Sala Restrita da Biblioteca	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 1X25W	FLUO 1X25W	2	0,028	0,056	0,148	0,037	0,185		
Secretaria	TROCA LÂMPADA, REATOR E LUMINÁRIA 2X25W	FLUO 2X25W	6	0,051	0,306	0,889	0,222	1,111		
					<b>Pot. Total</b>	<b>9,28</b>			<b>Cons. Total</b>	<b>29,10</b>

**ANEXO D**

A seguir são apresentadas as planilhas completas do cálculo de vida útil das lâmpadas das duas propostas constantes neste trabalho.

Ambiente	Horas/ Ano Total	Modelo da Lâmpada	Vida Útil Catálogo (h)	Vida Útil (anos)	Número de Lâmpadas p/ Luminária	Vida Útil x Lâmpadas
Externa	4320	OSRAM SON-E 70W	24.000	5,56	1	5,56
				<b>TOTAL</b>	1	5,56
				<b>Vida Útil do Equipamento (anos)</b>		<b>5,56</b>

Ambiente	Horas/ Ano Total	Modelo da Lâmpada	Vida Útil Catálogo (h)	Vida Útil (anos)	Número de Lâmpadas p/ Luminária	Vida Útil x Lâmpadas
Corredor de acesso	1210	OSRAM FO16W/840	7.500	6,20	2	12,40
Corredor de acesso ao estoque da cozinha	3300	OSRAM FO16W/840	7.500	2,27	2	4,55
Estoque da cozinha	1100	OSRAM FO16W/840	7.500	6,82	2	13,64
				<b>TOTAL</b>	6	30,58
				<b>Vida Útil do Equipamento (anos)</b>		<b>5,10</b>

Ambiente	Horas/ Ano Total	Modelo da Lâmpada	Vida Útil Catálogo (h)	Vida Útil (anos)	Número de Lâmpadas p/ Luminária	Vida Útil x Lâmpadas
Ante-sala da Biblioteca	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Arquivo	550	OSRAM FO32W/840	7.500	13,64	1	13,64
Banheiro Feminino	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Banheiro Feminino	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Banheiro Feminino da Sala dos Professores	770	OSRAM FO32W/840	7.500	9,74	1	9,74
Banheiro Maculino	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Banheiro Masculino	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Banheiro Masculino da sala dos Professores	847	OSRAM FO32W/840	7.500	8,85	1	8,85
Biblioteca	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Corredor de acesso à Biblioteca	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	1	2,27
Corredor de acesso à TUMA 163	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	1	2,27
Corredor de acesso ao Refeitório	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Corredor de acesso as salas 1,2,3 e 4	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	1	2,27
Corredor em frente a Secretaria	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Cozinha	3520	OSRAM FO32W/840	7.500	2,13	2	4,26
Depósito da cozinha	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Dispensa da cozinha	3520	OSRAM FO32W/840	7.500	2,13	2	4,26
Informática	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Rampa de acesso ao 2º Pav.	1210	OSRAM FO32W/840	7.500	6,20	2	12,40
Recreação	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Refeitório	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Sala 1	2860	OSRAM FO32W/840	7.500	2,62	2	5,24
Sala 10	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Sala 11	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Sala 12	2860	OSRAM FO32W/840	7.500	2,62	2	5,24
Sala 13	2860	OSRAM FO32W/840	7.500	2,62	2	5,24
Sala 163	2860	OSRAM FO32W/840	7.500	2,62	2	5,24
Sala 2	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Sala 3	2860	OSRAM FO32W/840	7.500	2,62	2	5,24
Sala 4	2860	OSRAM FO32W/840	7.500	2,62	2	5,24
Sala 5	2860	OSRAM FO32W/840	7.500	2,62	2	5,24
Sala 6	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Sala 7	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Sala 8	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Sala 9 (Laboratório de informática)	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	2	4,55
Sala da Direção	3630	OSRAM FO32W/840	7.500	2,07	2	4,13
Sala dos Professores	3630	OSRAM FO32W/840	7.500	2,07	2	4,13
Sala Restrita da Biblioteca	3300	OSRAM FO32W/840	7.500	2,27	1	2,27
Secretaria	3630	OSRAM FO32W/840	7.500	2,07	2	4,13
				<b>TOTAL</b>	71	197,72
				<b>Vida Útil do Equipamento (anos)</b>		<b>2,78</b>

Ambiente	Horas/ Ano Total	Modelo da Lâmpada	Vida Útil Catálogo (h)	Vida Útil (anos)	Número de Lâmpadas p/ Luminária	Vida Útil x Lâmpadas
Externa	4320	OSRAM SON-E 70W	24.000	5,56	1	5,56
				<b>TOTAL</b>	1	5,56
				<b>Vida Útil do Equipamento (anos)</b>		<b>5,56</b>

Ambiente	Horas/ Ano Total	Modelo da Lâmpada	Vida Útil Catálogo (h)	Vida Útil (anos)	Número de Lâmpadas p/ Luminária	Vida Útil x Lâmpadas
Corredor de acesso	1210	PHILIPS TL5-13W-ECO/840	12.000	9,917	2	19,835
Corredor de acesso ao estoque da cozinha	3300	PHILIPS TL5-13W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Estoque da cozinha	1100	PHILIPS TL5-13W-ECO/840	12.000	10,909	2	21,818
				<b>TOTAL</b>	6	48,93
				<b>Vida Útil do Equipamento (anos)</b>		<b>8,15</b>

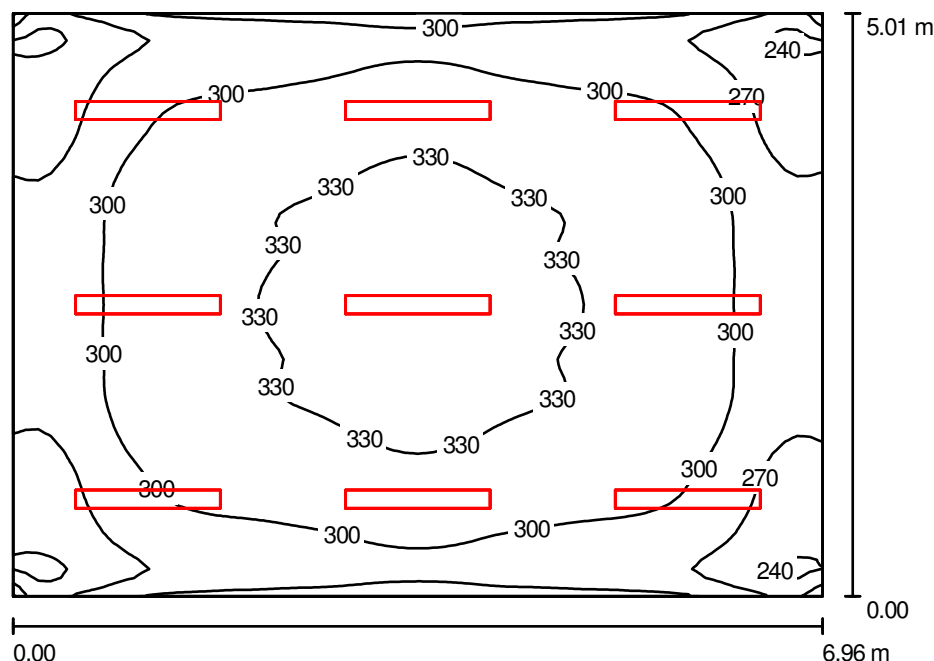
Ambiente	Horas/ Ano Total	Modelo da Lâmpada	Vida Útil Catálogo (h)	Vida Útil (anos)	Número de Lâmpadas p/ Luminária	Vida Útil x Lâmpadas
Ante-sala da Biblioteca	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Arquivo	550	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	21,818	1	21,818
Banheiro Feminino	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Banheiro Feminino	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Banheiro Feminino da Sala dos Professores	770	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	15,584	1	15,584
Banheiro Masculino	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Banheiro Masculino	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Banheiro Masculino da sala dos Professores	847	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	14,168	1	14,168
Biblioteca	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Corredor de acesso à Biblioteca	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	1	3,636
Corredor de acesso à TUMA 163	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	1	3,636
Corredor de acesso ao Refeitório	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Corredor de acesso as salas 1,2,3 e 4	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	1	3,636
Corredor em frente a Secretaria	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Cozinha	3520	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,409	2	6,818
Depósito da cozinha	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Dispensa da cozinha	3520	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,409	2	6,818
Informática	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Rampa de acesso ao 2º Pav.	1210	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	9,917	2	19,835
Recreação	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Refeitório	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Sala 1	2860	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	4,196	2	8,392
Sala 10	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Sala 11	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Sala 12	2860	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	4,196	2	8,392
Sala 13	2860	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	4,196	2	8,392
Sala 163	2860	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	4,196	2	8,392
Sala 2	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Sala 3	2860	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	4,196	2	8,392
Sala 4	2860	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	4,196	2	8,392
Sala 5	2860	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	4,196	2	8,392
Sala 6	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Sala 7	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Sala 8	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Sala 9 ( Laboratório de informática)	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	2	7,273
Sala da Direção	3630	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,306	2	6,612
Sala dos Professores	3630	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,306	2	6,612
Sala Restrita da Biblioteca	3300	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,636	1	3,636
Secretaria	3630	PHILIPS TL5-25W-ECO/840	12.000	3,306	2	6,612
				<b>TOTAL</b>	71	316,34
				<b>Vida Útil do Equipamento (anos)</b>		<b>4,46</b>

**ANEXO E**

A seguir são mostrados os relatórios gerados no DIALux dos principais ambientes da Escola Anônima.

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

### Salas 1 a 4 e 6 a 8 e 10 - Projetado / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.900 m, Altura de montagem: 2.900 m, Factor de manutenção: 0.35

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	303	225	346	0.742
Floor	20	264	196	299	0.743
Ceiling	50	163	110	411	0.677
Paredes (4)	70	234	143	420	/

#### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

#### UGR

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária  
Parede esquerda 19 23  
Parede inferior 20 23  
(CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.841, Tecto / Plano de uso: 0.539.

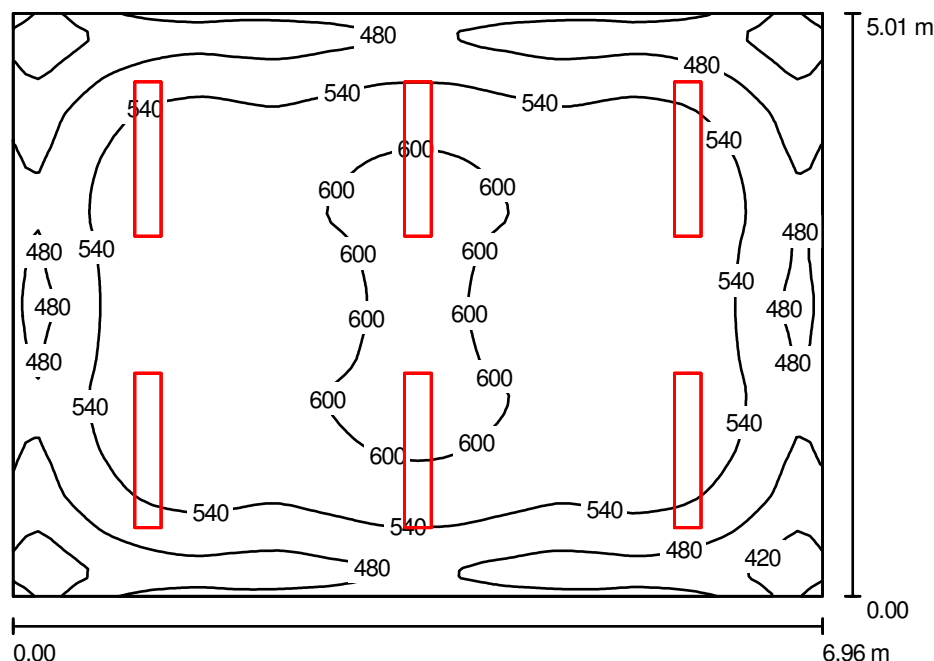
#### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	9	Intral FS840_2x40 05706 (1.000)	5200	76.0
			Total: 46800	684.0

Potência específica:  $19.62 \text{ W/m}^2 = 6.47 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $34.87 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

### Salas 1 a 4 e 6 a 8 e 10 - Proposto APS / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.900 m, Altura de montagem: 2.900 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	538	366	621	0.681
Floor	20	474	326	553	0.688
Ceiling	50	184	159	242	0.863
Paredes (4)	70	329	165	490	/

#### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

#### UGR

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária  
Parede esquerda 21 21  
Parede inferior 20 19  
(CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.650, Tecto / Plano de uso: 0.342.

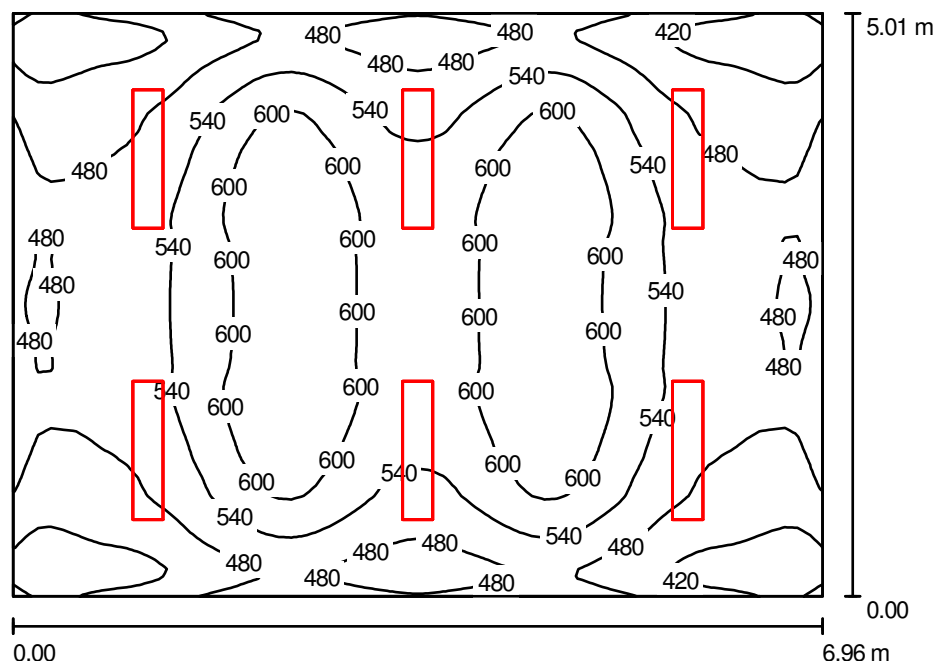
#### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	05862 - ES 812 2x32w (1.000)	5400	65.0
			Total: 32400	390.0

Potência específica:  $11.18 \text{ W/m}^2 = 2.08 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $34.87 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Salas 1 a 4 e 6 a 8 e 10 - Proposta Alternativa / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.900 m, Altura de montagem: 2.900 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:65

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	526	361	659	0.687
Floor	20	464	313	569	0.674
Ceiling	50	158	119	177	0.749
Paredes (4)	70	286	120	449	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

### UGR

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária  
Parede esquerda 20 17  
Parede inferior 19 17  
(CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.556, Tecto / Plano de uso: 0.301.

### Lista de luminárias

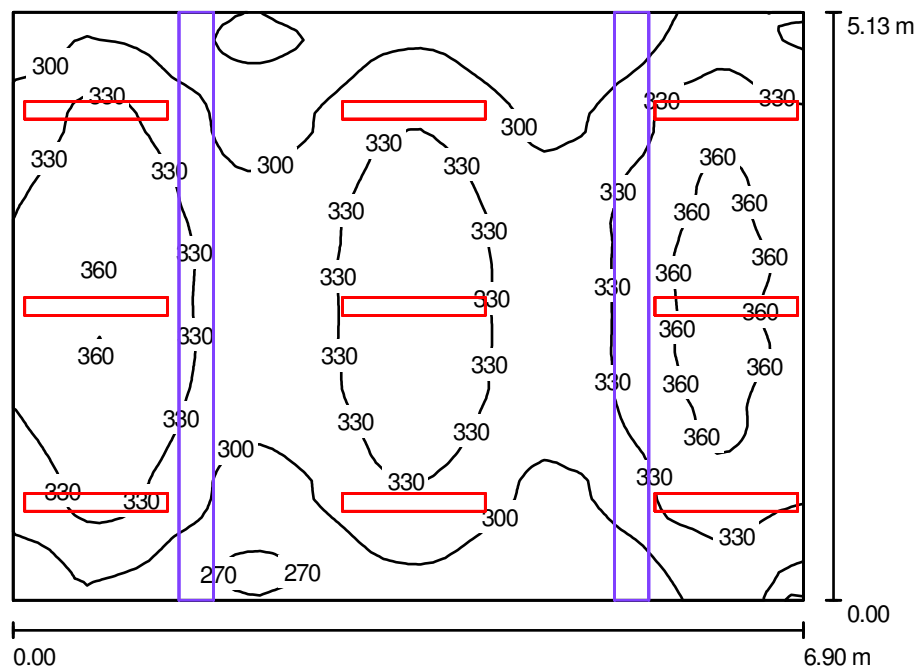
Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	08122 - LS 512 2x28W (1.000)	4900	56.0
			Total: 29400	336.0

Potência específica:  $9.64 \text{ W/m}^2 = 1.83 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $34.87 \text{ m}^2$ )



Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Sala 12 - Projetado / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.500 m, Altura de montagem: 2.500 m, Factor de manutenção: 0.35

Valores em Lux, Escala 1:66

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	321	262	375	0.817
Floor	20	279	225	313	0.805
Tectos (9)	70	168	83	1189	/
Paredes (4)	70	253	137	1241	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.538, Tecto / Plano de uso: 0.524.

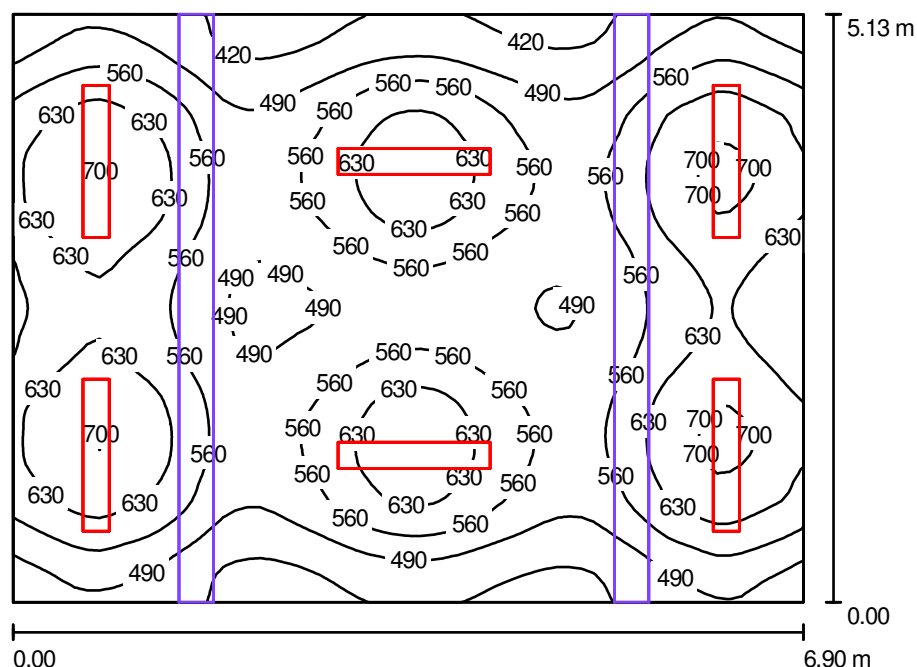
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	9	Intral FS840_2x40 05706 (1.000)	5200	76.0
			Total: 46800	684.0

Potência específica:  $19.32 \text{ W/m}^2 = 6.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $35.40 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Sala 12 - Proposto APS / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.500 m, Altura de montagem: 2.500 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:66

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	562	393	723	0.699
Floor	20	494	379	553	0.767
Tectos (9)	70	182	129	528	/
Paredes (4)	70	355	167	731	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.446, Tecto / Plano de uso: 0.323.

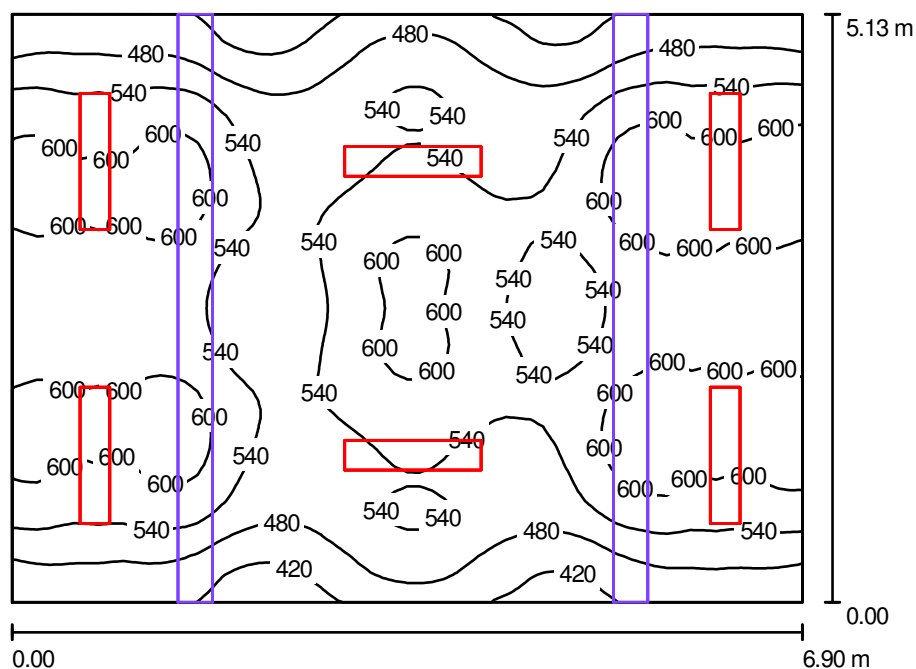
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	05862 - ES 812 2x32w (1.000)	5400	65.0
			Total: 32400	390.0

Potência específica:  $11.02 \text{ W/m}^2 = 1.96 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $35.40 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Sala 12 - Proposta Alternativa / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.500 m, Altura de montagem: 2.500 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:66

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	544	390	640	0.717
Floor	20	478	353	576	0.739
Tectos (9)	70	155	113	256	/
Paredes (4)	70	311	135	719	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.402, Tecto / Plano de uso: 0.285.

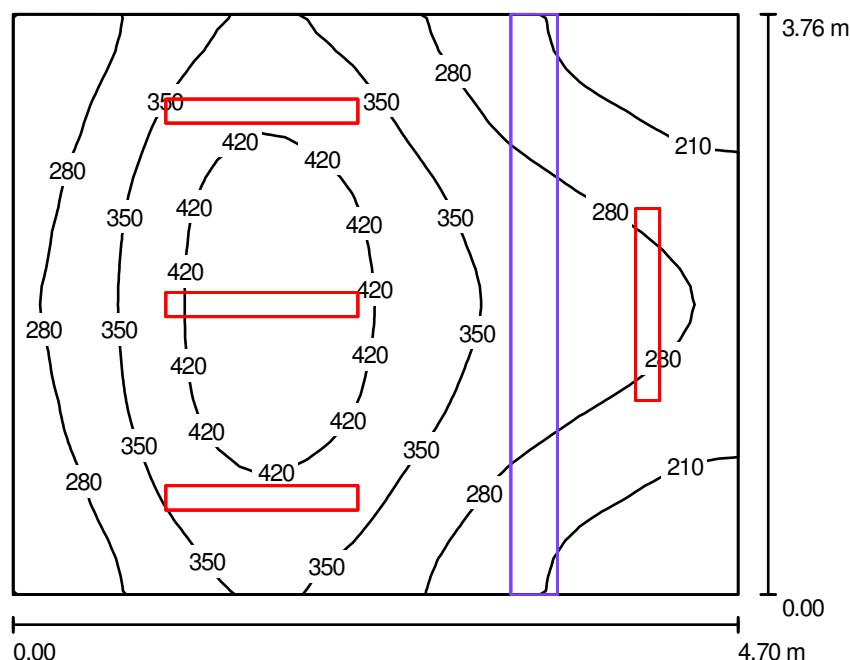
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	08122 - LS 512 2x28W (1.000)	4900	56.0
			Total: 29400	336.0

Potência específica:  $9.49 \text{ W/m}^2 = 1.75 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $35.40 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Sala Professores - Projetado / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.560 m, Altura de montagem: 2.560 m, Factor de manutenção: 0.50

Valores em Lux, Escala 1:49

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	318	152	470	0.477
Floor	20	253	149	334	0.590
Tectos (5)	70	144	59	496	/
Paredes (4)	50	222	85	758	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 32 x 32 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.573, Tecto / Plano de uso: 0.453.

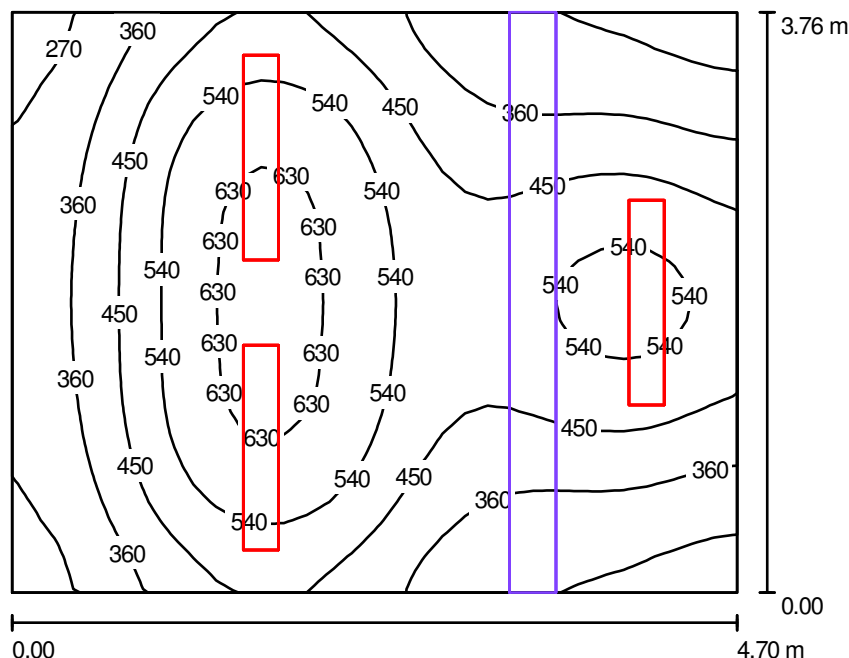
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	4	Intral FS840_2x40 05706 (1.000)	5200	76.0
Total:			20800	304.0

Potência específica:  $17.20 \text{ W/m}^2 = 5.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $17.67 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

### Sala Professores - Proposto APS / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.560 m, Altura de montagem: 2.560 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:49

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	450	234	664	0.520
Floor	20	366	232	475	0.632
Tectos (5)	70	112	76	206	/
Paredes (4)	50	251	94	783	/

#### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 32 x 32 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.454, Tecto / Plano de uso: 0.248.

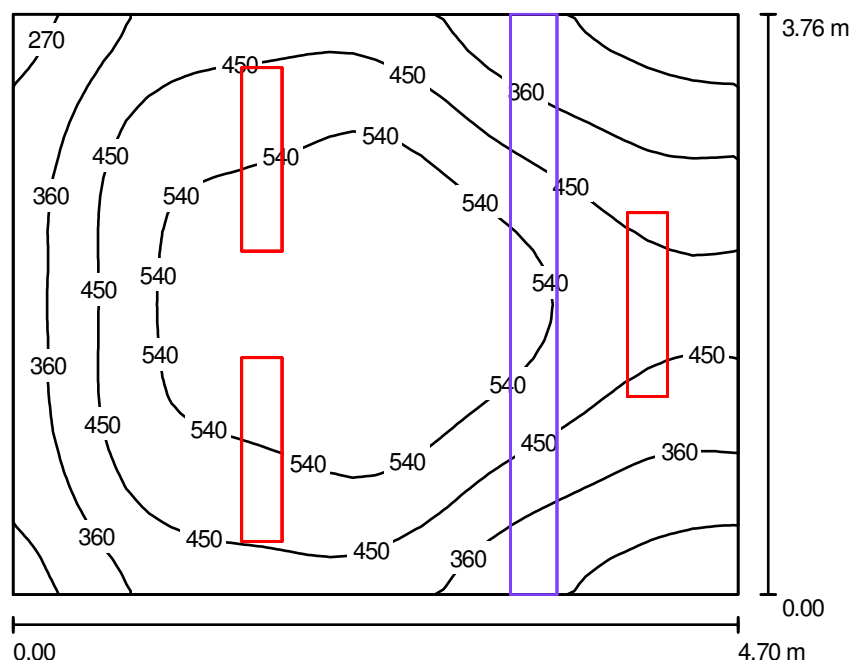
#### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	3	05862 - ES 812 2x32w (1.000)	5400	65.0
Total:			16200	195.0

Potência específica:  $11.03 \text{ W/m}^2 = 2.45 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $17.67 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Sala Professores - Proposta Alternativa / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.560 m, Altura de montagem: 2.560 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:49

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	451	221	625	0.491
Floor	20	365	225	501	0.616
Tectos (5)	70	96	63	132	/
Paredes (4)	50	221	72	786	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 32 x 32 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.385, Tecto / Plano de uso: 0.213.

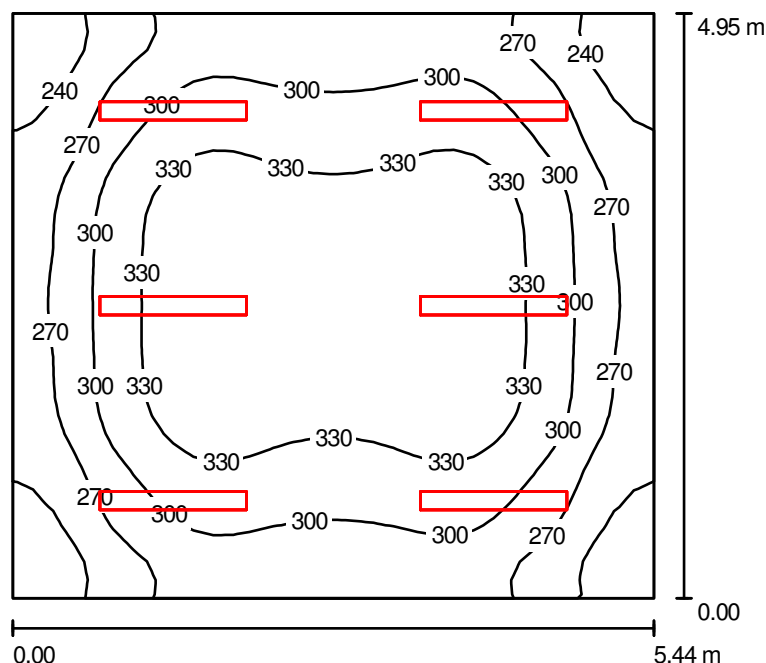
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	3	08122 - LS 512 2x28W (1.000)	4900	56.0
Total:			14700	168.0

Potência específica:  $9.51 \text{ W/m}^2 = 2.11 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $17.67 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Informática - Projetado / Emissão em folha única



Altura da sala: 3.040 m, Altura de montagem: 3.040 m, Factor de manutenção: 0.50

Valores em Lux, Escala 1:64

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	301	206	356	0.684
Floor	20	249	185	288	0.742
Ceiling	70	138	83	492	0.602
Paredes (4)	50	227	126	523	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 32 x 32 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

### UGR

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária  
Parede esquerda 18 21  
Parede inferior 18 21  
(CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.834, Tecto / Plano de uso: 0.460.

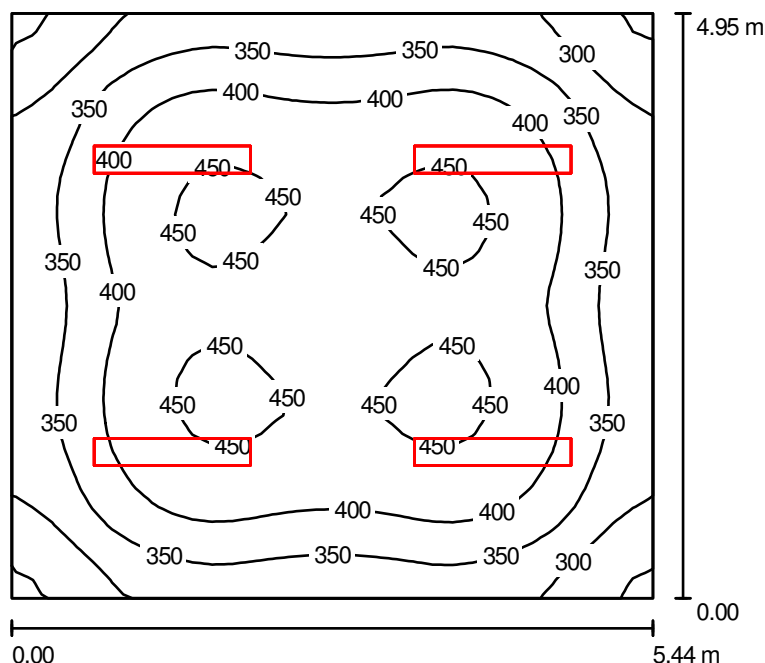
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	Intral FS840_2x40 05706 (1.000)	5200	76.0
			Total: 31200	456.0

Potência específica:  $16.93 \text{ W/m}^2 = 5.63 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $26.93 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Informática - Proposto APS / Emissão em folha única



Altura da sala: 3.040 m, Altura de montagem: 3.040 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:64

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	387	241	462	0.624
Floor	20	326	223	396	0.685
Ceiling	70	99	77	118	0.783
Paredes (4)	50	227	99	358	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 32 x 32 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

### UGR

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária  
Parede esquerda 19 18  
Parede inferior 19 19  
(CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.618, Tecto / Plano de uso: 0.256.

### Lista de luminárias

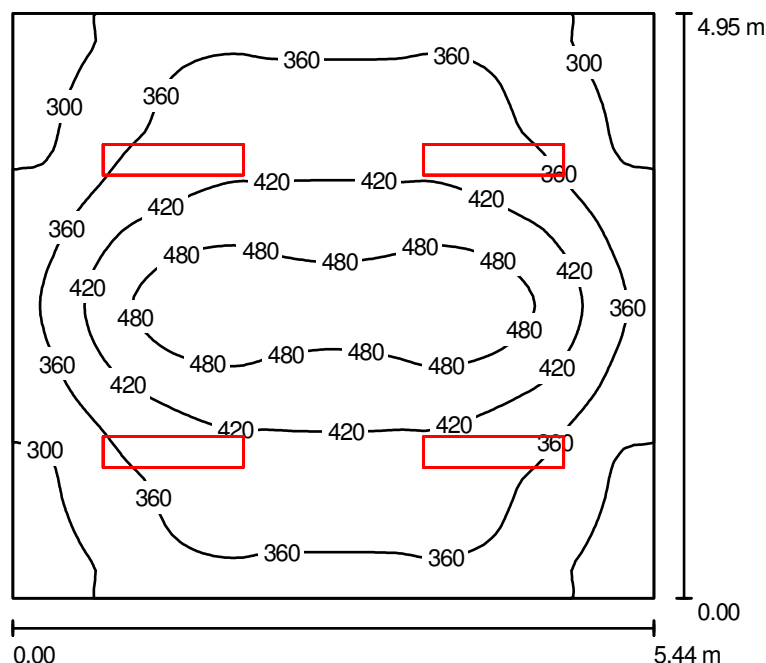
Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	4	05862 - ES 812 2x32w (1.000)	5400	65.0
			Total: 21600	260.0

Potência específica:  $9.66 \text{ W/m}^2 = 2.50 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $26.93 \text{ m}^2$ )



Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Informática - Proposta Alternativa / Emissão em folha única



Altura da sala: 3.040 m, Altura de montagem: 3.040 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:64

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	384	244	523	0.636
Floor	20	322	221	420	0.685
Ceiling	70	85	64	96	0.746
Paredes (4)	50	200	68	335	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

### UGR

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária  
Parede esquerda 18 16  
Parede inferior 19 16  
(CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.526, Tecto / Plano de uso: 0.222.

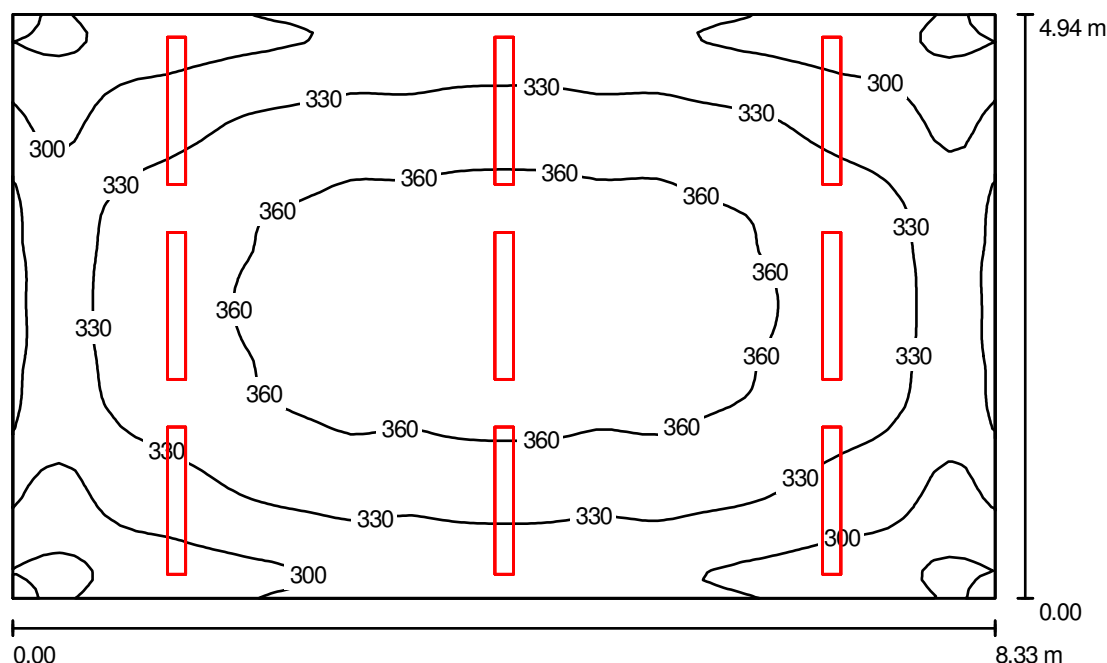
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	4	08122 - LS 512 2x28W (1.000)	4900	56.0
			Total: 19600	224.0

Potência específica:  $8.32 \text{ W/m}^2 = 2.17 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $26.93 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Sala 5 e 9 - Projetado / Emissão em folha única



Altura da sala: 3.030 m, Altura de montagem: 3.040 m, Factor de manutenção: 0.45

Valores em Lux, Escala 1:64

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	332	249	376	0.751
Floor	20	292	219	333	0.748
Ceiling	50	175	113	831	0.645
Paredes (4)	70	249	153	541	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

### UGR

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária  
Parede esquerda 19 23  
Parede inferior 20 23  
(CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.811, Tecto / Plano de uso: 0.527.

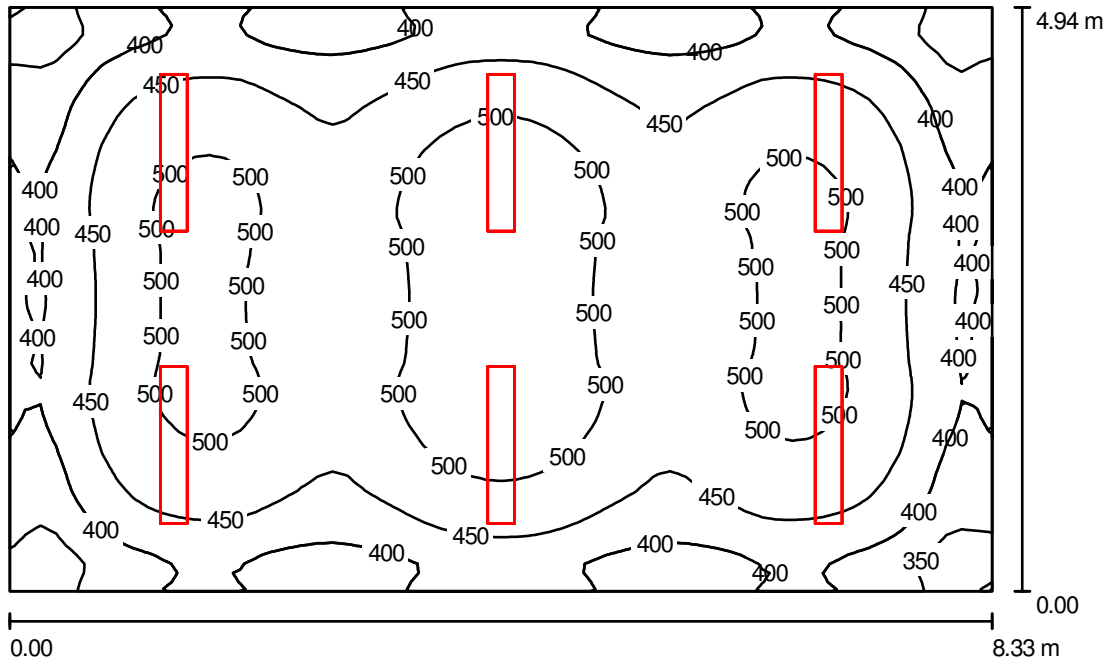
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	9	Intral FS840_2x40 05706 (1.000)	5200	76.0
			Total: 46800	684.0

Potência específica:  $16.62 \text{ W/m}^2 = 5.01 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $41.15 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

### Sala 5 e 9 - Proposto APS / Emissão em folha única



Altura da sala: 3.030 m, Altura de montagem: 3.040 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:64

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	455	303	537	0.667
Floor	20	404	280	467	0.692
Ceiling	50	156	136	203	0.871
Paredes (4)	70	280	141	456	/

#### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

#### UGR

Parede esquerda 20  
Parede inferior 20  
(CIE, SHR = 1.00.)

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.639, Tecto / Plano de uso: 0.343.

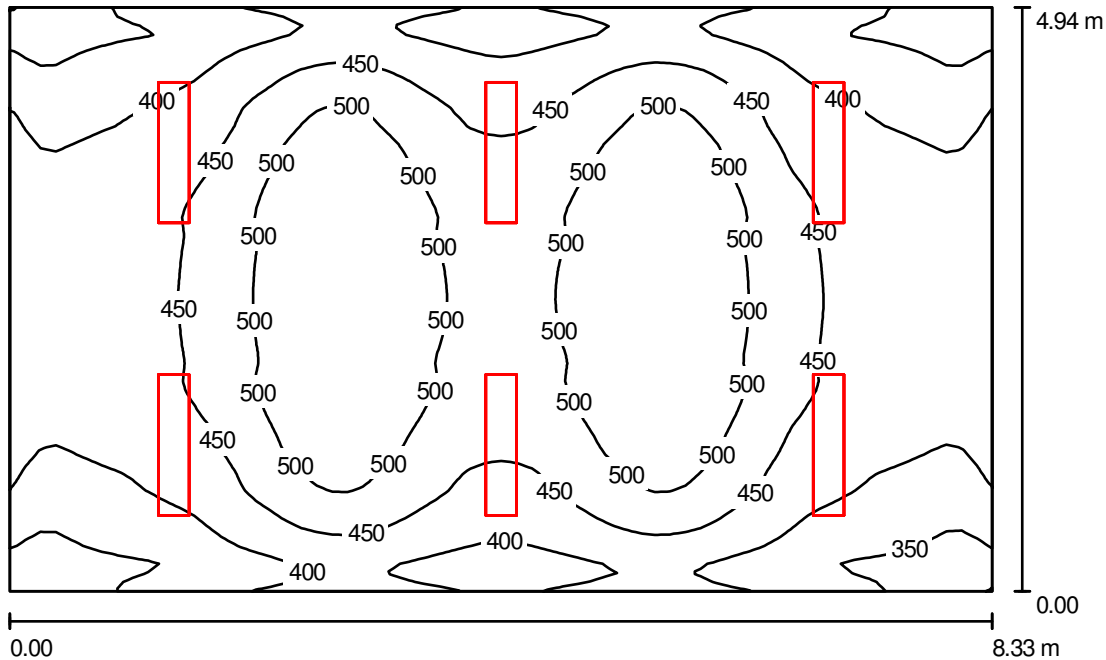
#### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	05862 - ES 812 2x32w (1.000)	5400	65.0
			Total: 32400	390.0

Potência específica:  $9.48 \text{ W/m}^2 = 2.08 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $41.15 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

### Sala 5 e 9 - Proposta Alternativa / Emissão em folha única



Altura da sala: 3.030 m, Altura de montagem: 3.040 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:64

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	444	306	548	0.688
Floor	20	395	273	489	0.690
Ceiling	50	134	104	150	0.771
Paredes (4)	70	243	100	430	/

#### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

#### UGR

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária  
Parede esquerda 19 16  
Parede inferior 19 17  
(CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.548, Tecto / Plano de uso: 0.302.

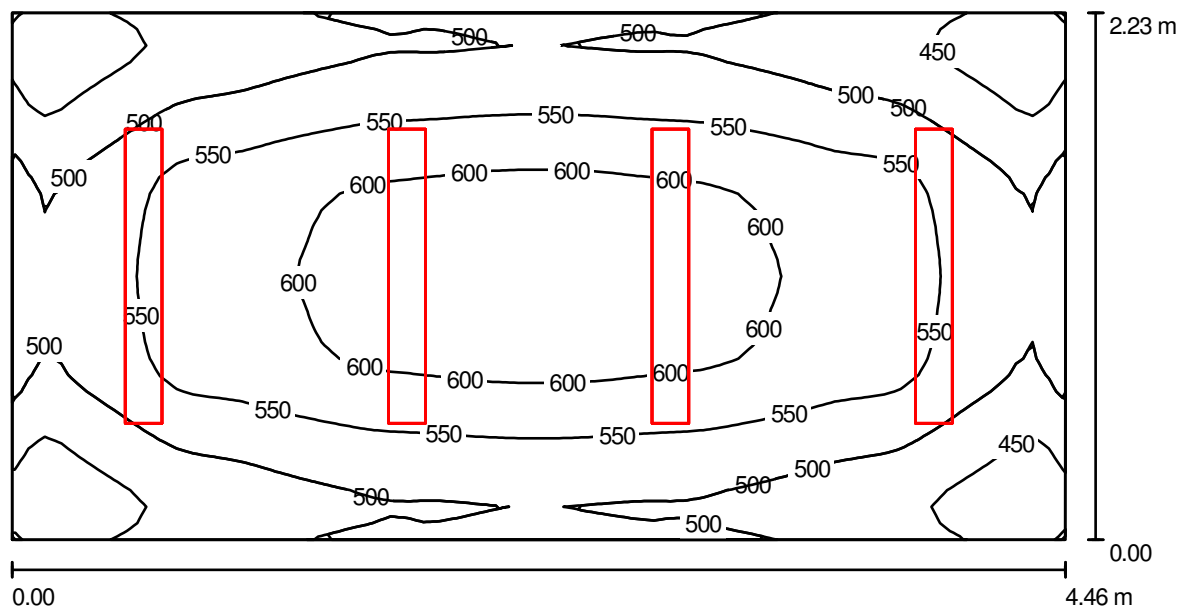
#### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	08122 - LS 512 2x28W (1.000)	4900	56.0
			Total: 29400	336.0

Potência específica:  $8.17 \text{ W/m}^2 = 1.84 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $41.15 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

### Sala da Direção - Projetado / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.420 m, Altura de montagem: 2.420 m, Factor de manutenção: 0.45

Valores em Lux, Escala 1:32

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	534	382	624	0.715
Floor	20	419	325	473	0.774
Ceiling	50	327	235	627	0.718
Paredes (4)	70	394	217	912	/

#### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 32 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.829, Tecto / Plano de uso: 0.611.

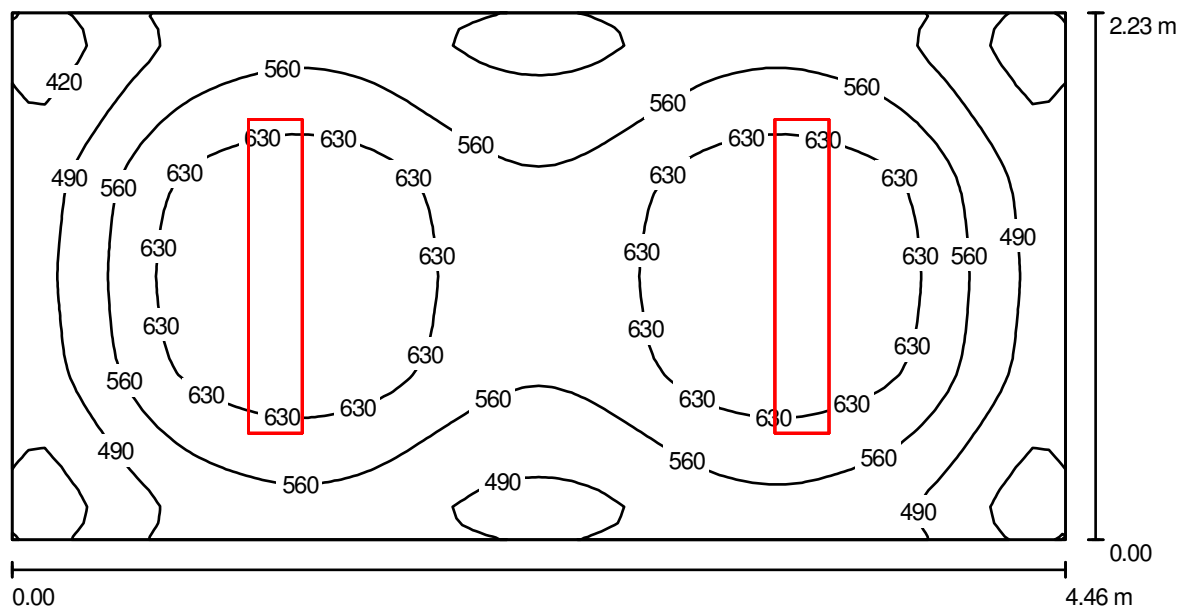
#### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	4	Intral FS840_2x40 05706 (1.000)	5200	76.0
			Total: 20800	304.0

Potência específica:  $30.57 \text{ W/m}^2 = 5.72 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $9.95 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

### Sala da Direção - Proposto APS / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.420 m, Altura de montagem: 2.420 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:32

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	565	354	701	0.627
Floor	20	448	322	513	0.718
Ceiling	50	219	170	256	0.778
Paredes (4)	70	344	183	590	/

#### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 32 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.650, Tecto / Plano de uso: 0.388.

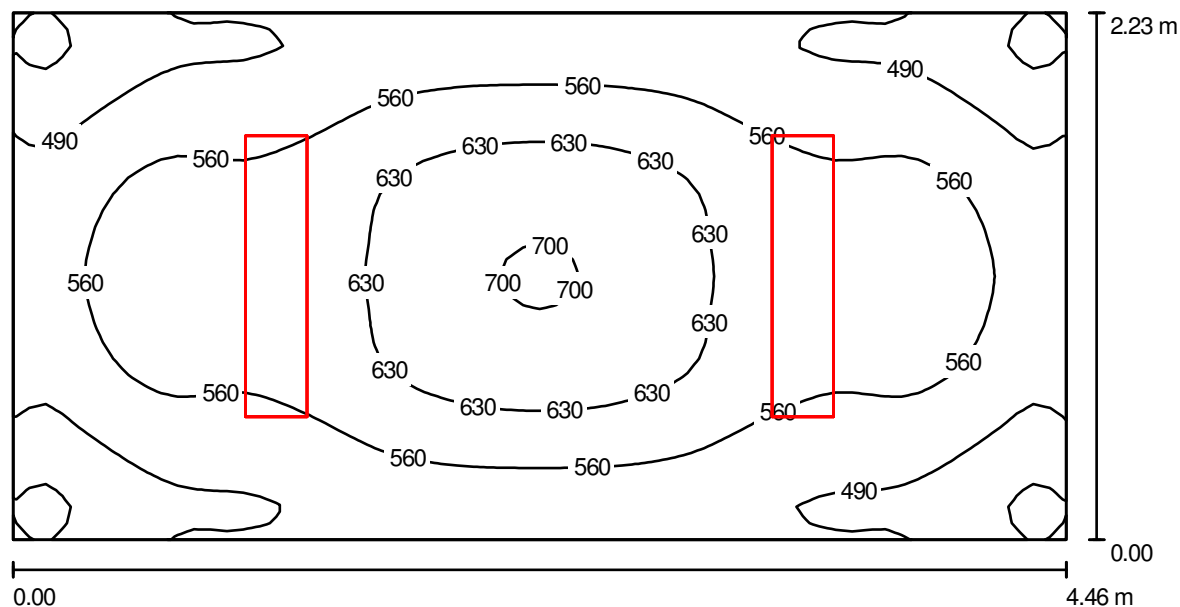
#### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	2	05862 - ES 812 2x32w (1.000)	5400	65.0
			Total: 10800	130.0

Potência específica:  $13.07 \text{ W/m}^2 = 2.31 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $9.95 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

### Sala da Direção - Proposta Alternativa / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.420 m, Altura de montagem: 2.420 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:32

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	557	367	707	0.659
Floor	20	437	324	544	0.741
Ceiling	50	188	135	212	0.718
Paredes (4)	70	311	130	559	/

#### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 32 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.571, Tecto / Plano de uso: 0.338.

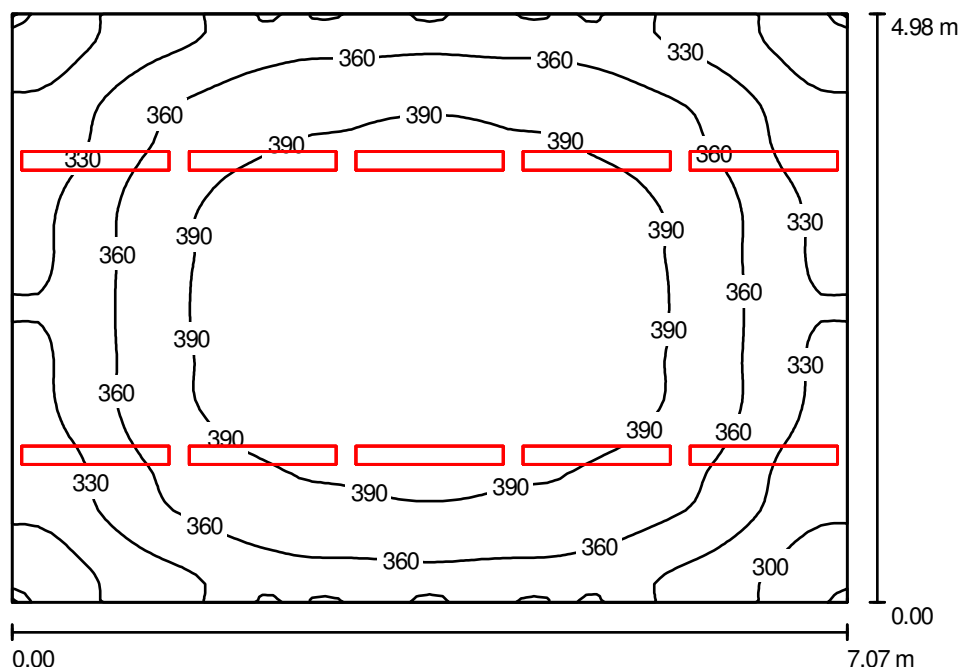
#### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	2	08122 - LS 512 2x28W (1.000)	4900	56.0
			Total: 9800	112.0

Potência específica:  $11.26 \text{ W/m}^2 = 2.02 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $9.95 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Secretaria - Projetado / Emissão em folha única



Altura da sala: 4.370 m, Altura de montagem: 3.000 m, Factor de manutenção: 0.40

Valores em Lux, Escala 1:64

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	365	269	417	0.736
Floor	20	320	238	365	0.745
Ceiling	50	145	111	163	0.766
Paredes (4)	70	247	109	904	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

### UGR

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária  
Parede esquerda 19 23  
Parede inferior 20 23  
(CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.700, Tecto / Plano de uso: 0.396.

### Lista de luminárias

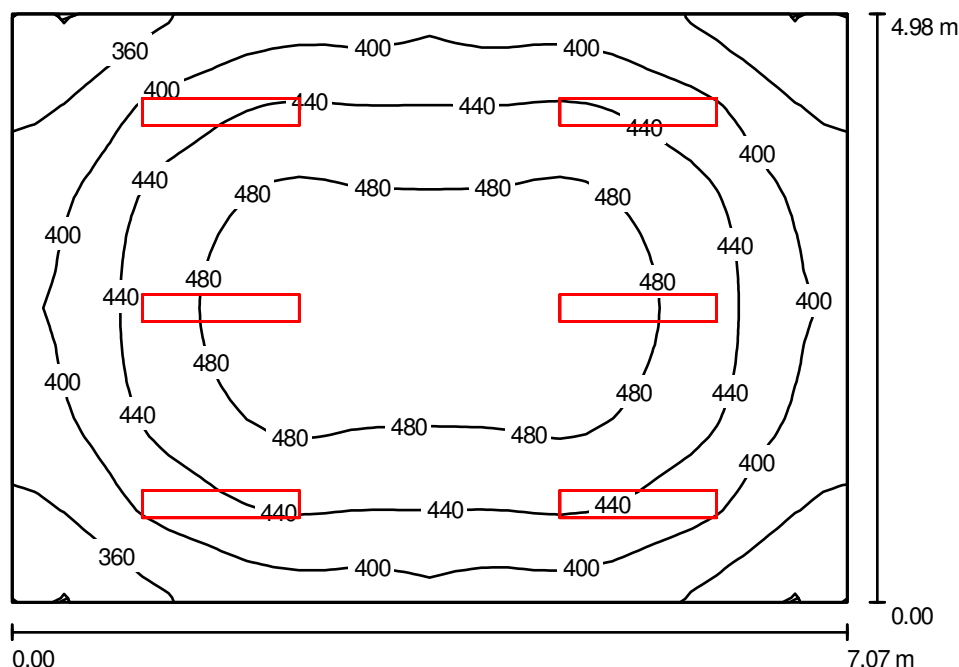
Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	10	Intral FS840_2x40 05706 (1.000)	5200	76.0
			Total: 52000	760.0

Potência específica:  $21.59 \text{ W/m}^2 = 5.91 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $35.21 \text{ m}^2$ )



Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Secretaria - Proposto APS / Emissão em folha única



Altura da sala: 4.370 m, Altura de montagem: 4.370 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:64

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	430	306	504	0.712
Floor	20	385	286	449	0.741
Ceiling	50	195	158	262	0.813
Paredes (4)	70	304	169	614	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 32 x 32 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.748, Tecto / Plano de uso: 0.453.

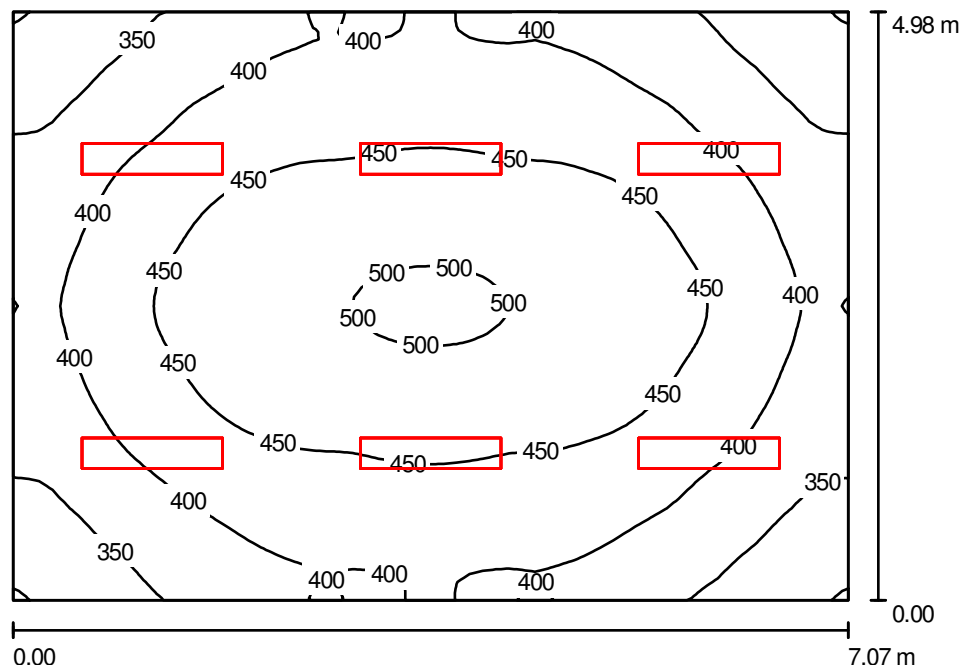
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	05862 - ES 812 2x32w (1.000)	5400	65.0
			Total: 32400	390.0

Potência específica:  $11.08 \text{ W/m}^2 = 2.57 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $35.21 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Secretaria - Proposta Alternativa / Emissão em folha única



Altura da sala: 4.370 m, Altura de montagem: 4.370 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:64

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	419	305	507	0.727
Floor	20	373	280	432	0.752
Ceiling	50	170	129	196	0.758
Paredes (4)	70	277	128	489	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.690, Tecto / Plano de uso: 0.405.

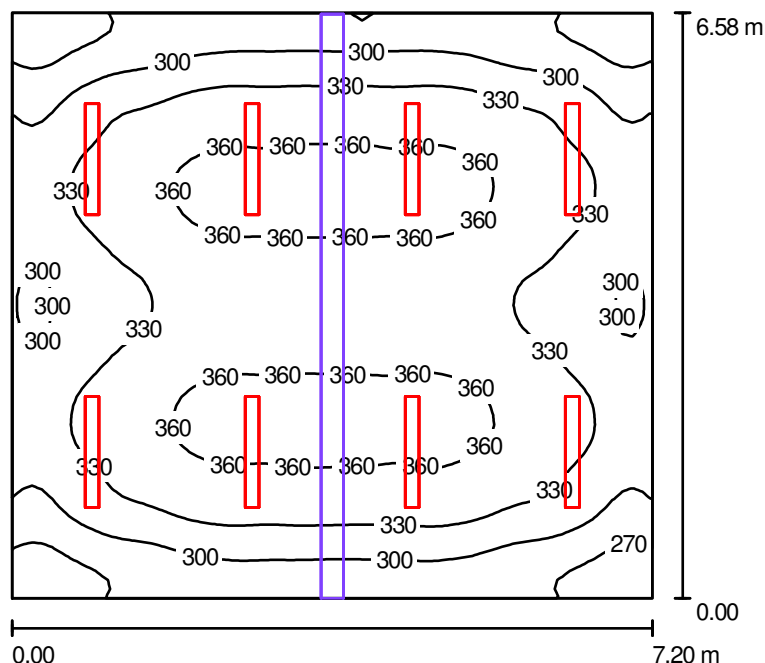
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	08122 - LS 512 2x28W (1.000)	4900	56.0
			Total: 29400	336.0

Potência específica:  $9.54 \text{ W/m}^2 = 2.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $35.21 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Biblioteca - Projetado / Emissão em folha única



Altura da sala: 3.170 m, Altura de montagem: 3.170 m, Factor de manutenção: 0.50

Valores em Lux, Escala 1:85

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	328	243	374	0.743
Floor	20	295	227	329	0.768
Ceiling	70	172	103	527	0.601
Paredes (4)	80	238	107	489	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.668, Tecto / Plano de uso: 0.551.

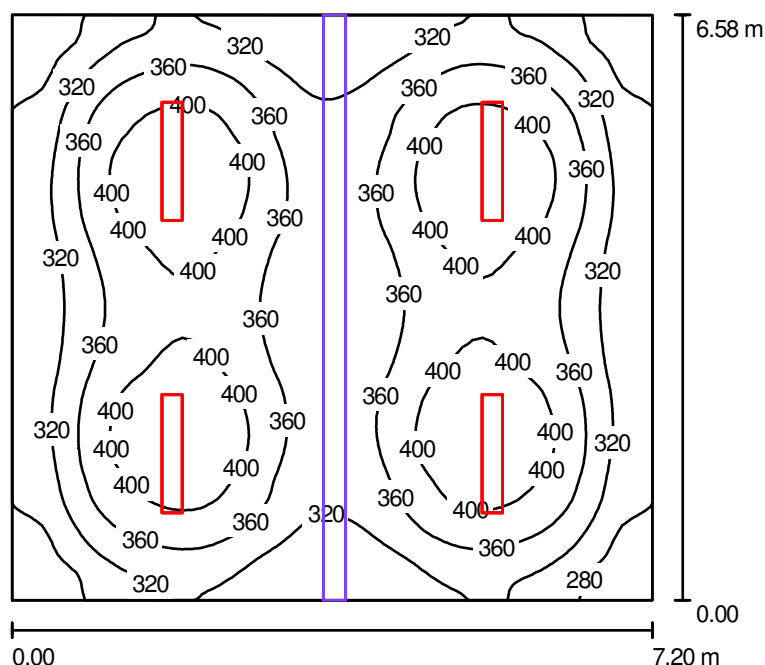
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	8	Intral FS840_2x40 05706 (1.000)	5200	76.0
			Total: 41600	608.0

Potência específica:  $12.83 \text{ W/m}^2 = 3.92 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $47.38 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Biblioteca - Proposto APS / Emissão em folha única



Altura da sala: 3.170 m, Altura de montagem: 3.170 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:85

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	353	242	432	0.684
Floor	52	328	240	368	0.732
Tectos (2)	70	179	141	233	/
Paredes (4)	80	254	165	334	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.517, Tecto / Plano de uso: 0.509.

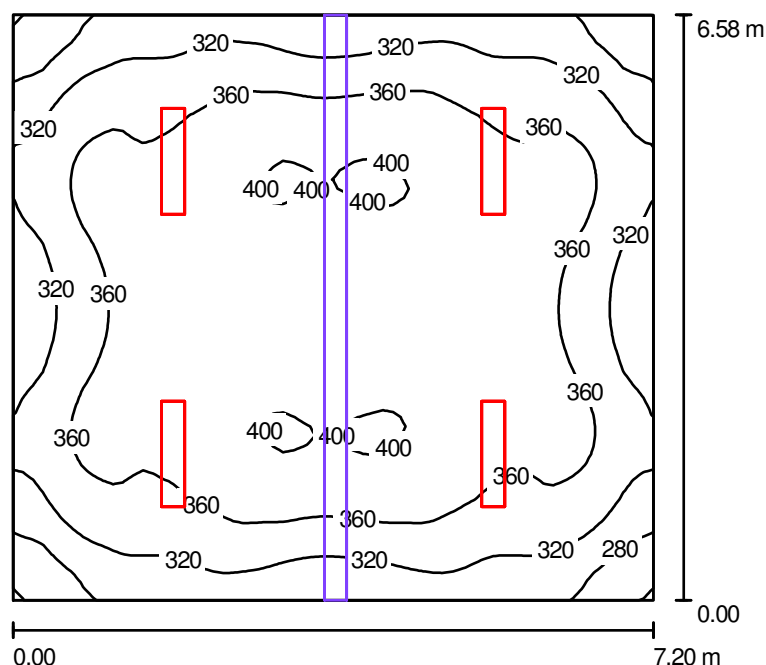
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	4	05862 - ES 812 2x32w (1.000)	5400	65.0
			Total: 21600	260.0

Potência específica:  $5.49 \text{ W/m}^2 = 1.55 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $47.38 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Biblioteca - Proposta Alternativa / Emissão em folha única



Altura da sala: 3.170 m, Altura de montagem: 3.170 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:85

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	351	237	408	0.676
Floor	52	325	241	390	0.741
Tectos (2)	70	176	136	208	/
Paredes (4)	80	234	133	329	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.465, Tecto / Plano de uso: 0.497.

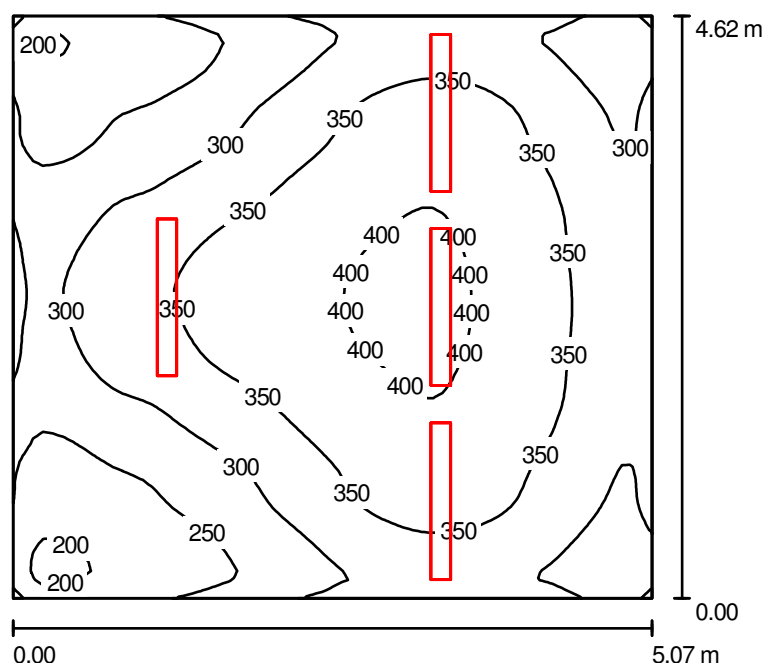
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	4	08122 - LS 512 2x28W (1.000)	4900	56.0
Total:			19600	224.0

Potência específica:  $4.73 \text{ W/m}^2 = 1.35 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $47.38 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Cozinha - Projetado / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.540 m, Altura de montagem: 2.540 m, Factor de manutenção: 0.40

Valores em Lux, Escala 1:60

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	320	183	413	0.573
Floor	50	283	197	338	0.696
Ceiling	70	210	142	520	0.678
Paredes (4)	70	254	161	646	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.826, Tecto / Plano de uso: 0.655.

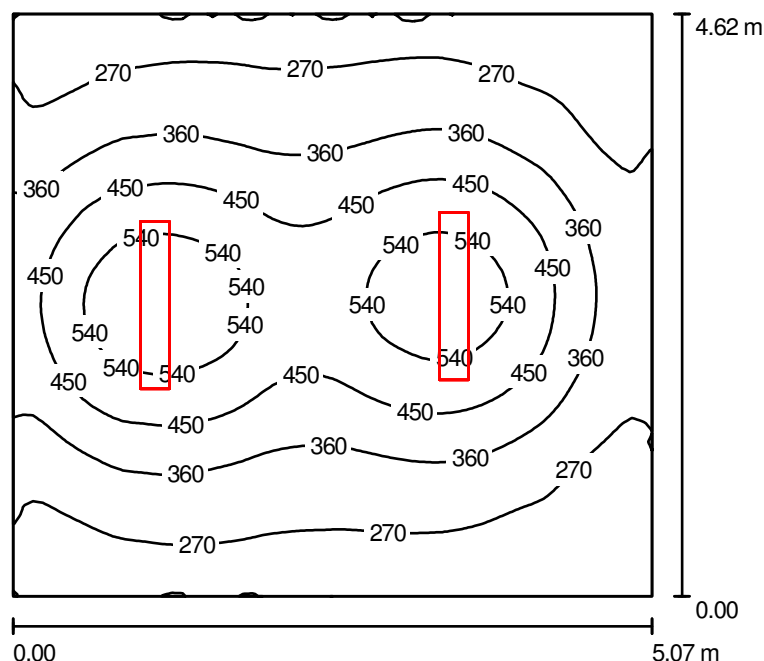
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	4	Intral FS840_2x40 05706 (1.000)	5200	76.0
			Total: 20800	304.0

Potência específica:  $12.98 \text{ W/m}^2 = 4.05 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $23.42 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Cozinha - Proposto APS / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.540 m, Altura de montagem: 2.540 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:60

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	368	187	601	0.509
Floor	50	328	202	435	0.615
Ceiling	70	185	138	239	0.747
Paredes (4)	70	239	141	431	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.647, Tecto / Plano de uso: 0.502.

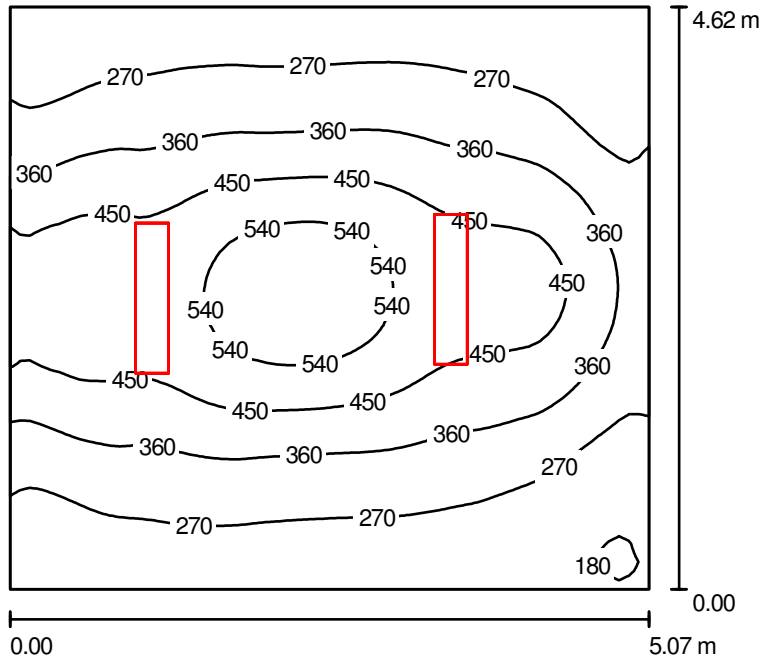
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	2	05862 - ES 812 2x32w (1.000)	5400	65.0
Total:			10800	130.0

Potência específica:  $5.55 \text{ W/m}^2 = 1.51 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $23.42 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Cozinha- Proposta Alternativa / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.540 m, Altura de montagem: 2.540 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:60

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	360	170	613	0.471
Floor	50	320	196	461	0.612
Ceiling	70	168	120	191	0.713
Paredes (4)	70	214	118	403	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.563, Tecto / Plano de uso: 0.466.

### Lista de luminárias

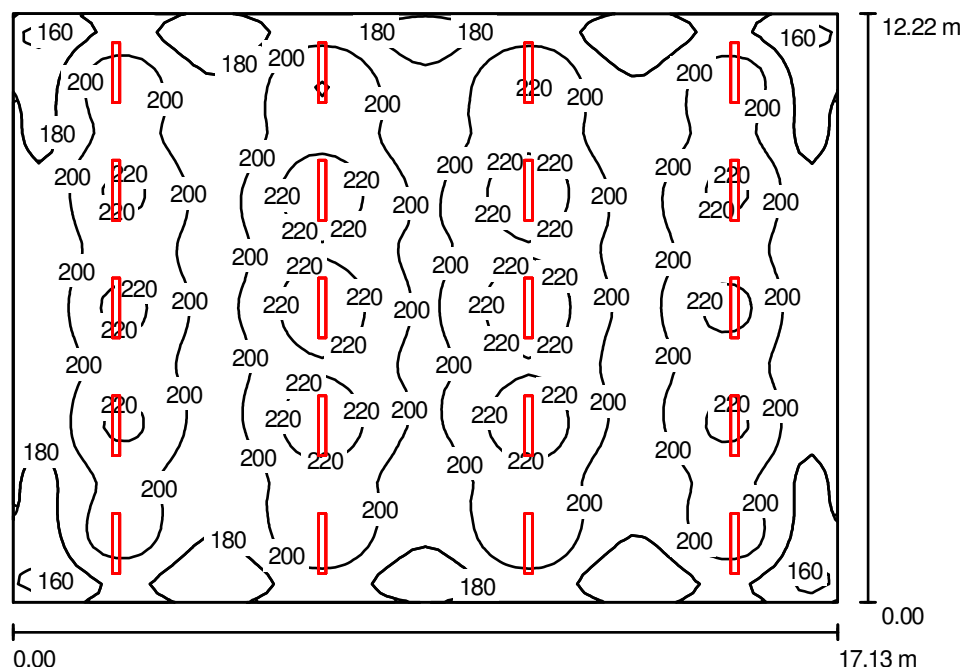
N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	2	08122 - LS 512 2x28W (1.000)	4900	56.0
			Total: 9800	112.0

Potência específica:  $4.78 \text{ W/m}^2 = 1.33 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $23.42 \text{ m}^2$ )



Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Refeitório - Projetado / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.720 m, Altura de montagem: 2.720 m, Factor de manutenção: 0.35

Valores em Lux, Escala 1:157

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	199	151	234	0.757
Floor	50	190	140	210	0.737
Ceiling	70	124	102	376	0.824
Paredes (4)	70	163	121	217	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

### UGR

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária  
Parede esquerda 22 26  
Parede inferior 22 25  
(CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.836, Tecto / Plano de uso: 0.623.

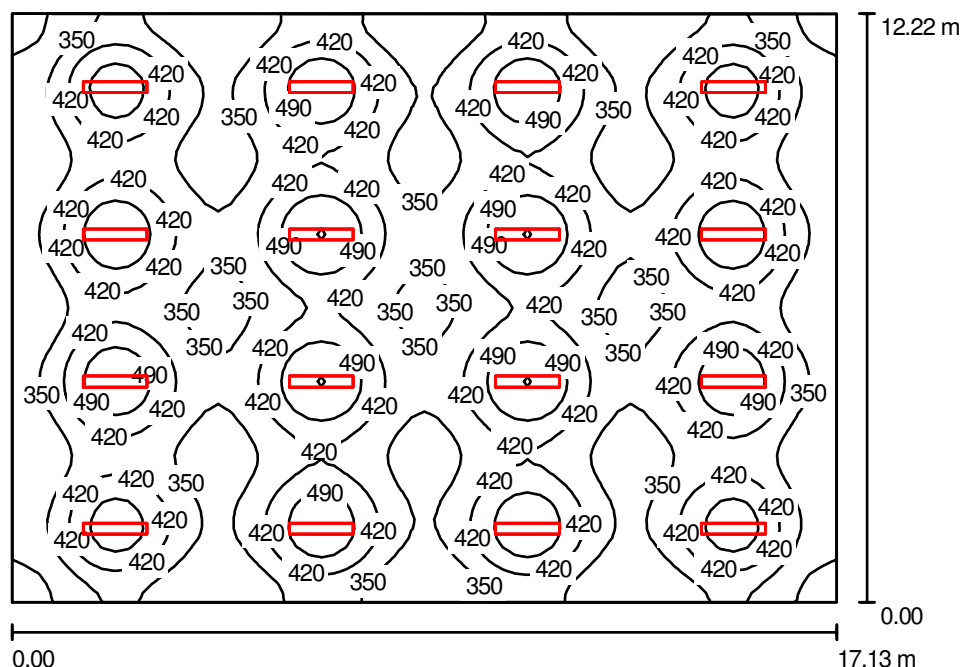
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	20	Intral FS840_2x40 05706 (1.000)	5200	76.0
			Total: 104000	1520.0

Potência específica:  $7.26 \text{ W/m}^2 = 3.65 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $209.33 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Refeitório - Proposto APS / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.720 m, Altura de montagem: 2.720 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:157

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	395	254	570	0.641
Floor	50	379	251	446	0.661
Ceiling	70	211	167	242	0.792
Paredes (4)	70	278	184	358	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 64 x 64 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

### UGR

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária  
Parede esquerda 22 23  
Parede inferior 22 22  
(CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.689, Tecto / Plano de uso: 0.533.

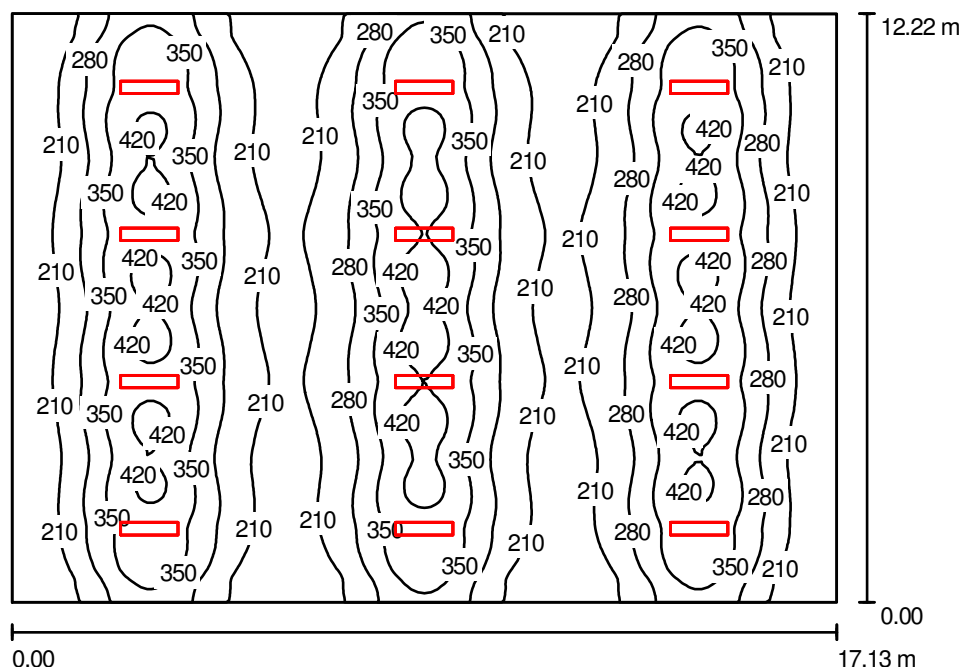
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	16	05862 - ES 812 2x32w (1.000)	5400	65.0
			Total: 86400	1040.0

Potência específica:  $4.97 \text{ W/m}^2 = 1.26 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $209.33 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Refeitório - Proposta Alternativa / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.720 m, Altura de montagem: 2.720 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:157

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	286	145	457	0.506
Floor	50	275	157	396	0.573
Ceiling	70	146	105	163	0.720
Paredes (4)	70	171	100	279	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 128 x 128 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

### UGR

Longitudinal- Transversal em relação ao eixo da luminária  
Parede esquerda 19 17  
Parede inferior 19 17  
(CIE, SHR = 1.00.)

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.565, Tecto / Plano de uso: 0.510.

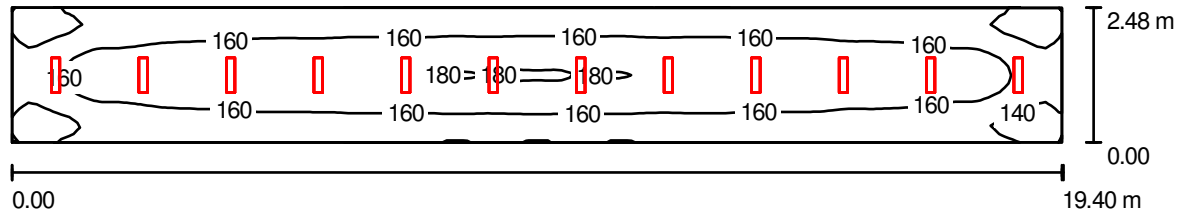
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	12	08122 - LS 512 2x28W (1.000)	4900	56.0
			Total: 58800	672.0

Potência específica:  $3.21 \text{ W/m}^2 = 1.12 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $209.33 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Corredor - Projetado / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.540 m, Altura de montagem: 2.540 m, Factor de manutenção: 0.35

Valores em Lux, Escala 1:139

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	160	119	181	0.741
Floor	50	141	111	163	0.784
Ceiling	70	104	84	261	0.810
Paredes (4)	70	125	87	228	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 128 x 16 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.815, Tecto / Plano de uso: 0.650.

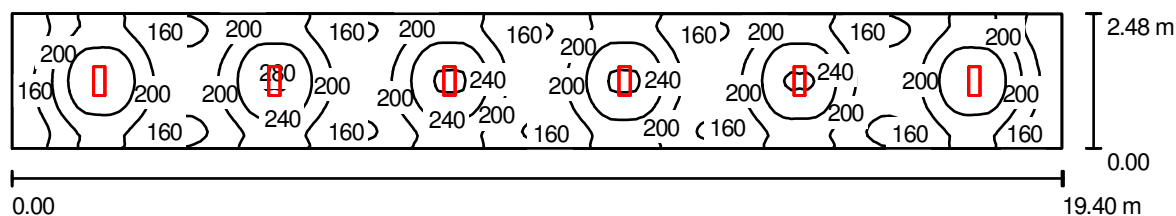
### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	12	Intral FS840_2x20 05705 (1.000)	2100	37.4
			Total:	25200 448.8

Potência específica:  $9.33 \text{ W/m}^2 = 5.82 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $48.11 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Corredor - Proposto APS / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.540 m, Altura de montagem: 2.540 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:139

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	202	127	286	0.627
Floor	50	179	125	210	0.700
Ceiling	70	104	79	128	0.762
Paredes (4)	70	141	86	212	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 128 x 32 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.702, Tecto / Plano de uso: 0.515.

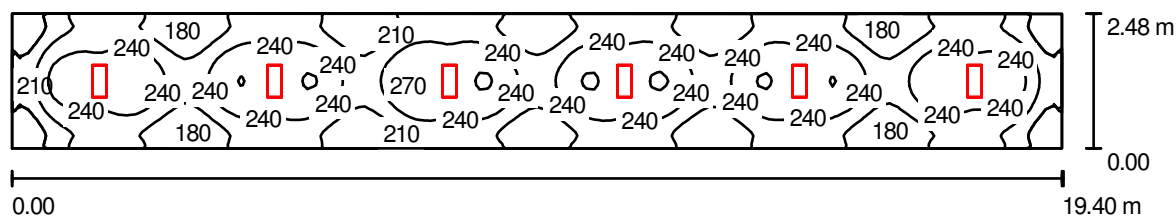
### Lista de luminárias

N°	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	3540 2xT26 16W - 3540.216.300 (1.000)	2400	35.0
			Total: 14400	210.0

Potência específica:  $4.36 \text{ W/m}^2 = 2.16 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $48.11 \text{ m}^2$ )

Editor(a)  
Telefone  
Fax  
e-Mail

## Corredor - Proposta Alternativa / Emissão em folha única



Altura da sala: 2.540 m, Altura de montagem: 2.540 m, Factor de manutenção: 0.75

Valores em Lux, Escala 1:139

Superfície	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Workplane	/	227	147	274	0.648
Floor	50	200	151	233	0.757
Ceiling	70	112	82	127	0.735
Paredes (4)	70	150	80	230	/

### Workplane:

Altura: 0.750 m  
Grelha: 128 x 32 Pontos  
Zona marginal: 0.000 m

Proporção de potência luminosa (segundo LG7): Paredes / Plano de uso: 0.655, Tecto / Plano de uso: 0.492.

### Lista de luminárias

Nº	Unid.	Denominação (Factor de correcção)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	08121 - LS 512 2x14W (1.000)	2300	30.0
Total:			13800	180.0

Potência específica:  $3.74 \text{ W/m}^2 = 1.65 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Superfície básica:  $48.11 \text{ m}^2$ )