

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA



PROJETO DE ILUMINAÇÃO PARA O GALPÃO DE PRODUTO ACABADO

Barry Callebaut Brasil S/A

Elíbia Teresa Moreira Colaço

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Cunha Oliveira

Campina Grande - PB
Setembro de 2010

Trabalho de Conclusão de Curso

Elíbia Teresa Moreira Colaço

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheira Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Cunha Oliveira

Campina Grande - PB
Setembro de 2010

Trabalho de Conclusão de Curso

Elíbia Teresa Moreira Colaço

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheira Eletricista.

Alexandre Cunha Oliveira, Dr., UFCG
Orientador

Benedito Antônio Luciano, Dr., UFCG
Componente da Banca

Campina Grande - PB
Setembro de 2010

Agradecimentos

À minha família, em especial a minha mãe, pelos seus ensinamentos, carinho e perseverante dedicação e apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao Grupo PET-Elétrica por todas as oportunidades e os sucessos alcançados, treinamentos e aprendizados, bem como pelas amizades formadas e experiências vividas.

Aos meus colegas de curso, em especial Abinadabe, Antonio de Paula, Júlio César, Paulo de Tarso, Pedro Merencio, Rafaele e Uian pelas noites de estudos compartilhadas e pelo apoio durante a graduação.

Ao Departamento de Engenharia Elétrica como um todo (coordenações, professores e funcionários) por proporcionar uma boa formação aos seus graduandos.

Ao professor Alexandre Cunha Oliveira pela orientação profissional e amiga durante o estágio.

À Barry Callebaut, em especial a Sandro Silva, pela oportunidade de estágio e aos seus funcionários por toda ajuda e todo apoio prestados diariamente durante meu aprendizado e minhas atividades.

Enfim, a todos que de modo direto ou indireto contribuíram para essa realização.

À minha família, com todo meu amor.

Sumário

| | |
|--|-----------|
| Lista de Figuras | vii |
| Lista de Tabelas | ix |
| 1 Introdução | 1 |
| 2 Revisão Bibliográfica | 2 |
| 2.1 Iluminação Industrial | 2 |
| 2.1.1 Conceitos Básicos | 3 |
| 2.1.2 Lâmpadas Elétricas | 4 |
| 2.1.3 Luminárias | 5 |
| 2.1.4 Iluminação de Emergência | 7 |
| 2.2 DIALux | 8 |
| 3 Projeto de Iluminação | 10 |
| 3.1 Características do Galpão | 10 |
| 3.2 Avaliação da Iluminação | 11 |
| 3.2.1 Medições | 12 |
| 3.2.2 Resultados | 14 |
| 3.2.3 Soluções | 14 |
| 3.3 Propostas | 15 |
| 3.4 Projeto de Iluminação | 16 |
| 3.5 Peculiaridades do Projeto | 18 |
| 4 Considerações Finais | 19 |
| Referências bibliográficas | 20 |
| A Resultados Fotométricos I | 21 |

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| B Resultados Fotométricos II | 23 |
| C Resultados Fotométricos III | 25 |
| D Curvas Fotométricas | 30 |

Lista de Figuras

| | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Espectro Eletromagnético. | 3 |
| 2.2 | Representação do conceito de intensidade luminosa. | 4 |
| 2.3 | (a)Curvas Fotométricas Horizontais e Verticais. (b)Curva Fotométrica Vertical de uma Lâmpada de Vapor de Mercúrio de 250 W. | 4 |
| 2.4 | Índice de Reprodução de Cor. | 5 |
| 2.5 | Projetores Industriais Típicos. | 7 |
| 2.6 | Imagens disponibilizadas no <i>site</i> do DIALux. | 9 |
| | | |
| 3.1 | Visualizações da Planta do Galpão: com disposição dos objetos. | 11 |
| 3.2 | Fotos retiradas sem uso de <i>flash</i> às 20h30min. | 12 |
| 3.3 | Medições diurnas com uso de luxímetro. | 13 |
| 3.4 | Resultados das simulações: comparação da iluminação nas ruas. | 15 |
| 3.5 | Resultados da simulação do projeto de iluminação. | 16 |
| 3.6 | Resultados da simulação: comparação entre a proposta inicial e a alternativa. | 17 |
| 3.7 | Fotometria de Iluminação Pública: Refletor Schröder Radial 2. | 17 |
| | | |
| A.1 | Simulações da situação atual do Galpão de Produto Acabado. | 22 |
| | | |
| B.1 | Simulações do Galpão de Produto Acabado: Proposta 4. | 24 |
| | | |
| C.1 | Simulações do Galpão de Produto Acabado: proposta 3. | 26 |
| C.2 | Simulações da Iluminação de Emergência. | 27 |
| C.3 | Simulações da Proposta Reduzida. | 28 |
| C.4 | Curvas Isométricas. | 29 |
| | | |
| D.1 | <i>Datasheet</i> do refletor com lâmpada de vapor de sódio de 150 W. | 31 |
| D.2 | <i>Datasheet</i> do refletor com lâmpada de vapor de sódio de 250 W. | 32 |
| D.3 | <i>Datasheet</i> do refletor com lâmpada de vapor de sódio de 400 W. | 33 |
| D.4 | <i>Datasheet</i> da luminária pendente industrial com lâmpada de vapor de sódio de 250 W. | 34 |

| | |
|---|----|
| D.5 <i>Datasheet</i> da luminária pendente industrial com lâmpada de vapor de sódio de 400 W. | 35 |
| D.6 <i>Datasheet</i> da luminária para duas lâmpadas fluorescentes de 40 W. | 36 |

Lista de Tabelas

| | | |
|-----|--|----|
| 2.1 | Características operacionais das lâmpadas. | 6 |
| 2.2 | Iluminamentos mínimos para iluminação de emergência. | 8 |
| 3.1 | Fatores determinantes da iluminância adequada. | 14 |

Capítulo 1

Introdução

Neste Trabalho de Conclusão de Curso é apresentado um Projeto de Iluminação para o Galpão de Produto Acabado da empresa Barry Callebaut S/A, empresa Belga/Francesa multinacional, situada na cidade de Ilhéus - BA, onde a aluna, Elíbia Teresa Moreira Colaço, desenvolveu o estágio curricular, disciplina do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O projeto de iluminação foi executado a pedido da gerência para atender exigências de auditorias e clientes. Para tanto, foram desenvolvidas quatro soluções luminotécnicas diferentes para o setor e, após reunião com a gerência, duas opções foram selecionadas e elaboradas como propostas de investimento.

Após escolha da proposta de investimento, ainda assim foi elaborado um outro estudo luminotécnico com o intuito de reduzir os custos operacionais e de instalação.

O detalhamento da proposta desenvolvida, apresentando as características do galpão, setor a ser iluminado, e as peculiaridades da execução do projeto são apresentadas no capítulo 3 desse relatório. No segundo capítulo é apresentada uma breve revisão teórica dos conceitos envolvidos em um projeto luminotécnico.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

A disciplina Instalações Elétricas, juntamente com a disciplina de Laboratório, faz parte dos conteúdos profissionais essenciais da grade curricular do curso de Engenharia Elétrica da UFCG. Dentre os temas descritos na ementa da disciplina, os assuntos mais abordados e utilizados durante a criação do projeto de iluminação foram: introdução às instalações e normas técnicas (NBR 5410 - ABNT [2004]); luminotécnica e normas (NBR 5413 - ABNT [1992]; e projeto de instalações industriais.

2.1 Iluminação Industrial

Os recintos industriais devem ser suficientemente iluminados para se obter o melhor rendimento possível nas tarefas a executar (Mamede Filho [2007]), bem como para garantir a segurança dos funcionários.

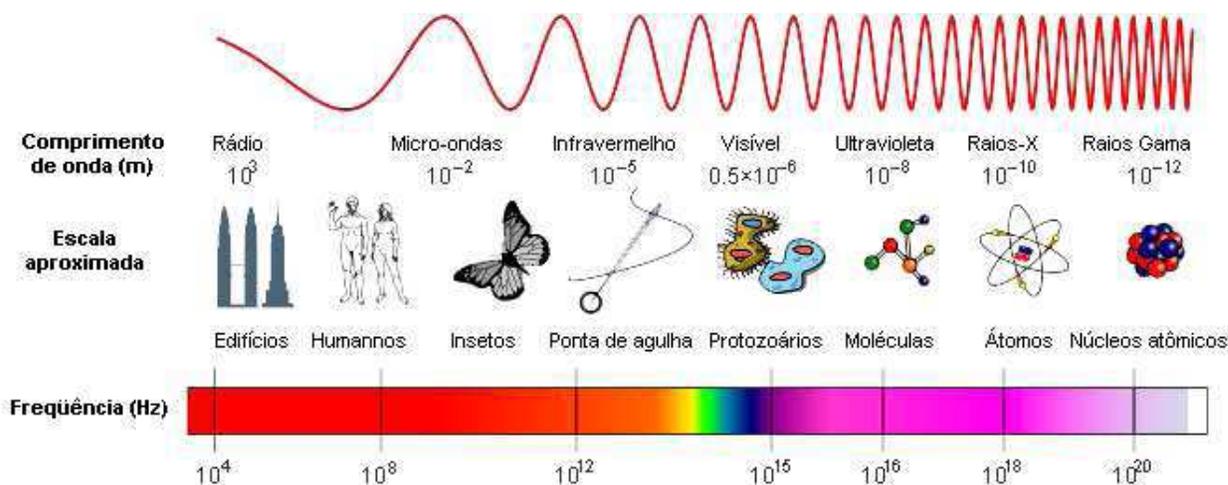
Para executar um bom projeto de iluminação industrial, alguns pontos fundamentais devem ser levados em conta, tais como:

- Nível de iluminamento suficiente para a atividade a ser exercida no ambiente;
- Escolha apropriada de luminárias e tipos de lâmpadas, considerando o fator eficiência energética e a “cor da luz” (índice de reprodução de cor);
- Distribuição espacial uniforme da luz sobre o ambiente;
- Tipos de materiais das paredes, dos pisos e do teto;
- Características específicas da planta e da usabilidade do setor.

Para determinar o nível de iluminamento suficiente para cada setor, é importante consultar a NBR 5413 (ABNT [1992]) e aproximar o caso em estudo com as situações nela determinadas.

2.1.1 Conceitos Básicos

A luz é uma fonte de radiação que emite ondas eletromagnéticas em diferentes comprimentos. O espectro de luz visível, capaz de estimular o olho humano, compreende os comprimentos de onda de 380 a 760 nm (Guedes et al. [2008]). As grandezas e unidades utilizadas em iluminação são descritas a seguir, de acordo com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).



FONTE: Guedes et al. [2008]

Figura 2.1: Espectro Eletromagnético.

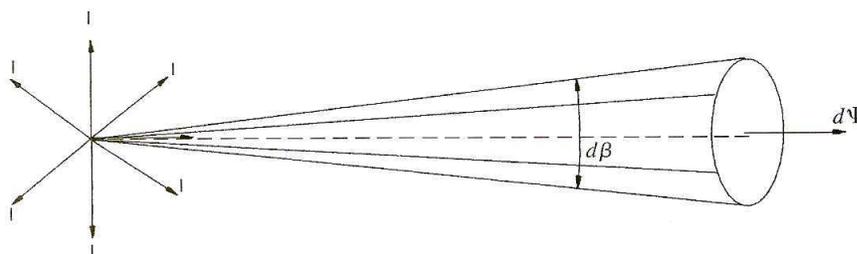
A intensidade luminosa, expressa em candelas (cd), é definida como o limite da relação entre o fluxo luminoso em um ângulo sólido em torno de uma direção dada e o valor desse ângulo sólido, quando este ângulo sólido tende a zero (Equação 2.1). Na Figura 2.2 é representado o conceito de intensidade luminosa.

$$I = \frac{d\psi}{d\beta} \quad (2.1)$$

O fluxo luminoso é a potência de radiação emitida por uma fonte luminosa em todas as direções espaciais. Sua unidade, o lúmen (lm), representa a quantidade de luz irradiada por uma fonte de intensidade luminosa de 1 cd, através de uma abertura de 1 m^2 na superfície de uma esfera de 1 m de raio.

A iluminância, conhecida também como nível de iluminamento, é a razão entre o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada. Sua unidade é o Lux (lux), definido como o iluminamento de uma superfície de 1 m^2 iluminada na direção normal por uma fonte puntiforme a 1 m de distância, com fluxo luminoso de 1 lm uniformemente distribuído.

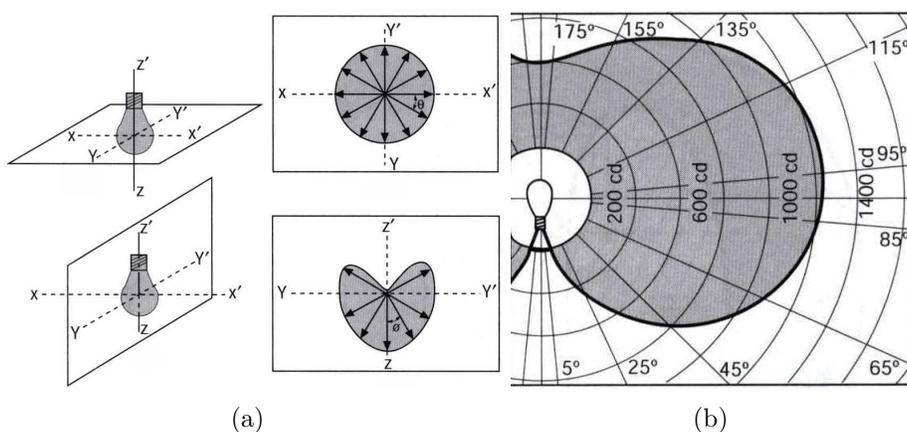
Uma curva fotométrica (Figura 2.3) representa a variação da intensidade luminosa de uma fonte segundo um plano passando pelo centro, em função da direção (Guedes et al. [2008]).



FONTE: Mamede Filho [2007]

Figura 2.2: Representação do conceito de intensidade luminosa.

Trata-se de um diagrama polar no qual a lâmpada é representada por um ponto no centro do diagrama e a intensidade luminosa é representada em várias direções por vetores. É comum, referir os valores de intensidade luminosa (cd) constantes a um fluxo de 1000 lúmens.



FONTE: Guedes et al. [2008]

Figura 2.3: (a)Curvas Fotométricas Horizontais e Verticais. (b)Curva Fotométrica Vertical de uma Lâmpada de Vapor de Mercúrio de 250 W.

2.1.2 Lâmpadas Elétricas

As lâmpadas elétricas são fontes luminosas artificiais e podem ser classificadas conforme o processo de emissão de luz: lâmpadas incandescentes e de descarga; bem como pelo seu desempenho: vida útil; rendimento luminoso; índice de reprodução de cores.

A eficiência luminosa de uma lâmpada é a relação entre o fluxo luminoso emitido e a potência em watts consumida pela mesma. O índice de reprodução de cor (IRC) é o valor percentual médio relativo à sensação de cor, baseado em uma série de padrões, para avaliar a capacidade da lâmpada para representar as cores dos objetos (Figura 2.4).



FONTE: GE Iluminação [2010]

Figura 2.4: Índice de Reprodução de Cor.

Na Tabela 2.1 são apresentados os tipos de lâmpadas mais utilizadas e algumas de suas características operacionais.

É importante ressaltar que, durante o tempo de operação da instalação, é natural a diminuição progressiva da iluminância, tanto devido ao acúmulo de poeira sobre as superfícies de lâmpadas e luminárias, como também devido à depreciação do fluxo luminoso das lâmpadas.

2.1.3 Luminárias

Luminárias são aparelhos destinados à fixação das lâmpadas, devendo apresentar as seguintes características básicas: serem agradáveis ao observador; modificarem o fluxo luminoso da fonte de luz; e possibilitarem fácil instalação e posterior manutenção (Mamede Filho [2007]).

Quanto à direção do fluxo luminoso, são adotadas as seguintes classes para luminárias:

- Direta - o fluxo luminoso é dirigido diretamente ao plano de trabalho. As luminárias desta classe são comumente chamadas de *spots*;
- Indireta - o fluxo luminoso é dirigido indiretamente em oposição ao plano de trabalho. Estas luminárias são normalmente utilizadas para decoração;
- Semidireta - parte do fluxo luminoso é diretamente dirigido ao plano de trabalho e outra parte o atinge por reflexão, sendo o efeito direto o predominante;
- Semi-indireta - luminária semidireta com predominância do efeito indireto;
- Geral-difusa - o fluxo luminoso apresenta praticamente a mesma intensidade em todas as direções.

Quanto à modificação do fluxo luminoso da lâmpada, as luminárias são classificadas segundo as seguintes propriedades:

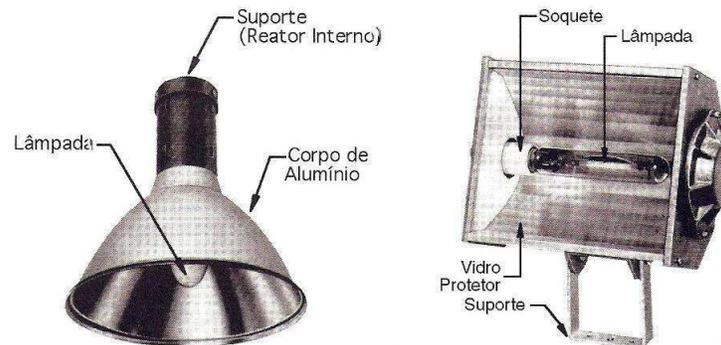
| Tipo de Lâmpada | Potência (W) | Fluxo Luminosos (lm) | Eficiência Luminosa Média (lm/W) | Vida Média (h) |
|-----------------------|--------------|----------------------|----------------------------------|----------------|
| Incandescente | 40 | 470 | 12 | 1000 |
| | 60 | 780 | 13 | |
| | 100 | 1480 | 14 | |
| | 150 | 2360 | 16 | |
| Mista | 160 | 3000 | 19 | 6000 |
| | 250 | 5500 | 22 | |
| | 500 | 13500 | 27 | |
| Fluorescente | 15 | 850 | 57 | 7500 |
| | 20 | 1200 | 53 | |
| | 30 | 2000 | 69 | 10000 |
| | 40 | 3000 | 69 | |
| Fluorescente Compacta | 5 | 250 | 50 | 6000 |
| | 7 | 400 | 57 | |
| | 9 | 600 | 67 | |
| | 11 | 900 | 62 | |
| | 13 | 900 | 69 | |
| | 15 | 1100 | 70 | |
| | 20 | 1200 | 72 | |
| 23 | 1400 | 74 | | |
| Vapor de Mercúrio | 80 | 3500 | 44 | 15000 |
| | 125 | 6000 | 48 | |
| | 250 | 12600 | 50 | |
| | 400 | 22000 | 55 | |
| Vapor de Sódio | 700 | 35000 | 58 | 18000 |
| | 50 | 3000 | 60 | |
| | 70 | 5500 | 79 | |
| | 150 | 12500 | 83 | |
| | 250 | 26000 | 104 | |
| | 400 | 47500 | 119 | |

FONTE: Mamede Filho [2007]

Tabela 2.1: Características operacionais das lâmpadas.

- Absorção - característica da luminária que absorve parte do fluxo luminoso;
- Refração - característica da luminária de direcionar o fluxo da fonte luminosa, que é composta por lâmpada e refletor;
- Reflexão - característica da luminária de modificar a distribuição do fluxo luminoso através de sua superfície interna;
- Difusão - característica da luminária de reduzir a sua iluminância, diminuindo os efeitos de ofuscamento;
- *Louvers* - característica da luminária que possui aletas de material plástico ou metálico no seu painel, não permitindo que o usuário veja as lâmpadas de determinados ângulos.

Nas instalações industriais, é comum o uso de luminárias de fecho de abertura médio para lâmpadas de descarga (Mamede Filho [2007]). Na Figura 2.5, são apresentados projetores muito utilizados em instalações industriais.



FONTE: Mamede Filho [2007]

Figura 2.5: Projetores Industriais Típicos.

2.1.4 Iluminação de Emergência

A iluminação de emergência nas instalações industriais é fundamental nas áreas em que a falta de iluminação possa ocasionar riscos de acidentes ou perturbações durante a saída de pessoas. As áreas mais importantes, de um modo geral, são: corredores, salas de reuniões, salas de máquinas e saídas de emergências. Na Tabela 2.2 são apresentados níveis mínimos de iluminamento, no caso de iluminações de emergência, para alguns ambientes.

| Ambientes | Iluminância (Lux) |
|--|-------------------|
| Auditórios, salas de recepção | 5 |
| Corredores, refeitórios, salões, iluminação externa | 10 |
| Almoxarifados, escritórios, escadas, entradas em locais com desníveis, elevadores | 20 |
| Corredores de saída de pessoal, centro de processamento de dados, subestação, salas de máquina | 50 |

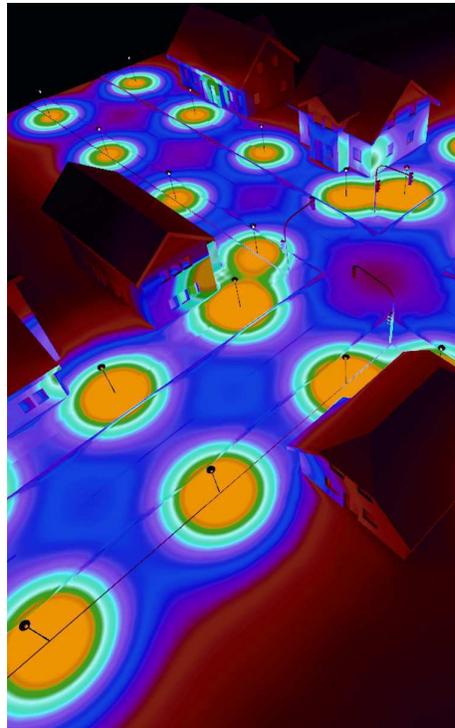
FONTE: Mamede Filho [2007]

Tabela 2.2: Iluminamentos mínimos para iluminação de emergência.

2.2 DIALux

O DIALux (DIAL [2010]) é um *software* gratuito destinado ao cálculo de iluminação, desde projetos mais simples até os mais complexos. O programa disponibiliza visualização 3D fotográfica realística, com uma câmera com possibilidade de percorrer o ambiente. Além de importar e exportar arquivos dos *softwares* CAD disponíveis no mercado, possui compatibilidade com catálogos de luminárias dos grande produtores mundiais.

Com o DIALux é possível simular cenários com iluminação artificial e natural (dia), ambientes internos e externos. O programa está em contínuo desenvolvimento por uma equipe com 20 integrantes. Por ser fácil de utilizar, por disponibilizar vários resultados fotométricos e elétricos (potência elétrica, por exemplo) e, principalmente, por ser gratuito, o DIALux foi o *software* utilizado para as simulações das propostas do projeto.

(a) *Ambiente interno.*(b) *Ambiente externo.*(c) *False Color.*Figura 2.6: Imagens disponibilizadas no *site* do DIALux.

Capítulo 3

Projeto de Iluminação

Nesta seção é apresentado com mais detalhes um projeto de iluminação para o galpão de Produto Acabado (PA). Inicialmente, é apresentado o caso de estudo, o setor e suas características, em seguida são apresentadas as avaliações da iluminação atual e, por fim, são discutidas as simulações e as características das propostas.

3.1 Características do Galpão

O galpão de Produto Acabado, com dimensões de 30x120 m, possui pé-direito de 6 m (altura da tesoura), sendo a altura máxima do telhado 8,5 m. No galpão (Figura 3.1), a disposição dos produtos é dada em filas de paletes, sendo 43 destas para manteiga de cacau e 73 para cacau em pó. A depender do produto, a fila e o palete possuem disposição e dimensões diferentes:

- dimensões do palete - para manteiga 1,00x1,20 m, enquanto que para o cacau em pó 1,40x1,20 m;
- disposição dos paletes nas filas - devido as características da manteiga e do liquor, só é possível acomodar dois níveis de paletes (filas com cerca de 3 m de altura), enquanto que para o cacau em pó a altura máxima das filas pode atingir 4 m de altura (3 níveis);
- o comprimento máximo das filas, para os dois casos, é de 12 m (dez paletes).

Além da rua central, existe também a cada duas filas uma rua com 70 cm de largura, exceto no caso das ruas com hidrantes: cada uma com 1 m. O corredor (local entre as filas e as paredes) possui 80 cm de largura.

Na Figura 3.1 são apresentadas visualizações da planta do ambiente construído no DIALux, com a disposição dos objetos de acordo com o *layout* original definido pelo setor de Logística, considerando uma ocupação variada e próxima da capacidade plena.

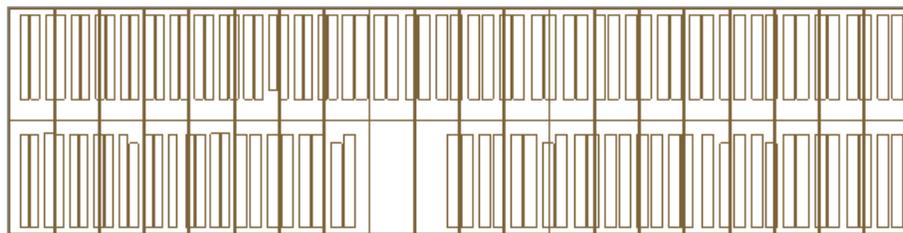
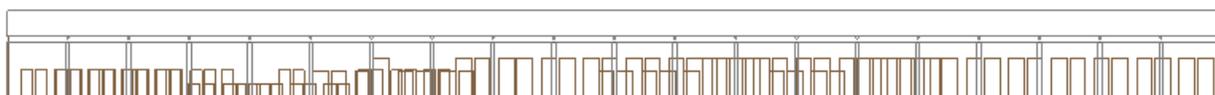
(a) *Vista superior.*(b) *Vista lateral.*

Figura 3.1: Visualizações da Planta do Galpão: com disposição dos objetos.

3.2 Avaliação da Iluminação

O *layout* do Galpão, descrito anteriormente, foi planejado a partir da premissa da máxima ocupação espacial e assim, a disposição atual dificulta a iluminação do ambiente, uma vez que a otimização realizada considerou apenas uma variável: o espaço. Desta forma, antes de apresentar as propostas de investimento, foi realizada a avaliação da iluminação atual de três maneiras:

- inspeção visual (Figura 3.2) - visitas diurnas e noturnas ao galpão para análise da visibilidade do setor: retirada de fotos;
- medições de iluminância - com uso de luxímetro, foram realizadas medições em alguns pontos do setor para análise técnica da situação atual: o galpão possui disposição de objetos e estrutura uniformes;
- e simulação da iluminação com auxílio do *software* DIALux - correta localização dos objetos e das luminárias, analogia da estrutura real (cor e material de paredes, teto e chão).

As luminárias utilizadas nas simulações são de catálogos disponibilizados por empresas internacionais e, portanto, não condizem com as curvas fotométricas das luminárias reais. Provavelmente, as luminárias reais são menos eficientes que as utilizadas e, por isto, todas as simulações

(situação real e propostas) utilizaram os mesmos tipos de lâmpadas e luminárias, para garantir uma comparação justa. As curvas fotométricas das luminárias utilizadas no DIALux são apresentadas no Anexo D.



(a) *Rua Central.*

(b) *Rua entre Filas.*

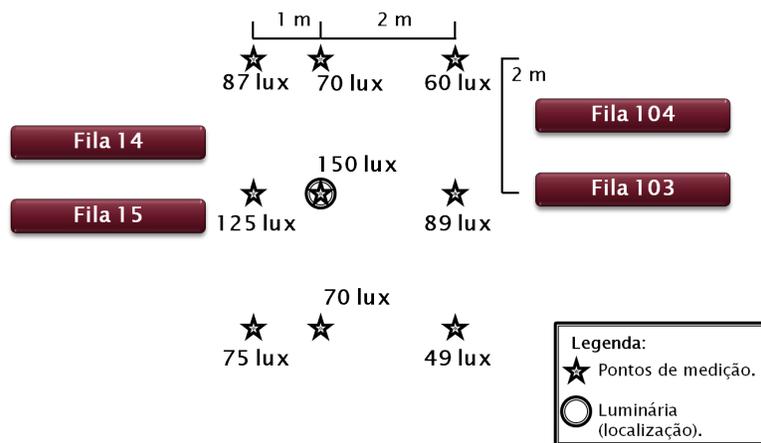
Figura 3.2: Fotos retiradas sem uso de *flash* às 20h30min.

3.2.1 Medições

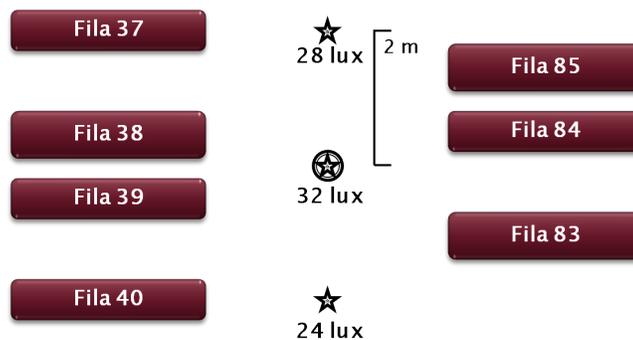
As medições foram realizadas com o auxílio de um luxímetro, emprestado pela prestadora de serviços SEI, e de um anteparo com 75 cm de altura. Devido a uniformidade da ocupação do galpão, foram escolhidas duas áreas de referência para as medições, que são consideradas mais bem iluminadas, sendo estas:

1. Medições realizadas nas proximidades da luminária do tipo pendente industrial (lâmpada de 400 W), na tesoura 15 (entre as filas 14/15 e 103/104), instalada a 6 m de altura (Figura 3.3(a));
2. Medições realizadas nas proximidades da luminária do tipo pendente industrial (lâmpada de 400 W), entre as tesouras 6/7 (entre as filas 83/84/85 e 37/38/39/40), instalada a 8,5 m de altura (Figura 3.3(b)).

Também foram realizadas medições em três pontos de algumas ruas: início (rua central), meio e final (corredor/rual). Seguem alguns resultados:



(a) Melhor iluminação artificial.



(b) 2ª área de referência (filas de manteiga de cacau).

Figura 3.3: Medições diurnas com uso de luxímetro.

- Rua 14/15 - filas de pó:
 - Início: 53 lux;
 - Meio: 6 lux;
 - Fim: 2 lux;
 - Condições favoráveis: rua coincidente com tesoura com luminária.
- Rua 54/55 - filas de manteiga:
 - Início: 40 lux;
 - Meio: 11 lux;
 - Fim: 3 lux;
 - Condições favoráveis: proximidade da janela e paletes em apenas um nível (chão).

| Características da tarefa e do observador | Peso | | |
|---|--------------------|--------------|--------------------|
| | -1 | 0 | 1 |
| Idade | Inferior a 40 anos | 40 a 55 anos | Superior a 55 anos |
| Velocidade e precisão | Sem importância | Importante | Crítica |
| Refletância do fundo da tarefa | Superior | 30 a 70% | Inferior a 30 % |

Tabela 3.1: Fatores determinantes da iluminância adequada.

De acordo com a NBR 5413(ABNT [1992]), observando os valores médios de iluminância por tipo de atividade, tem-se que para locais de armazenamento, no caso, armazéns de fábricas usados frequentemente para pequenos e médios volumes, os níveis médios mínimos estabelecidos são: 150 - 200 - 300 lux.

Para determinar quais dos três valores propostos pela norma deve-se utilizar, é preciso seguir um procedimento que utiliza pesos diferentes para cada característica, como apresentado na Tabela 3.1.

3.2.2 Resultados

Os resultados, já esperados, de cada avaliação foram os seguintes:

- inspeção visual (Figura 3.2) - foi constatado que a rua central não possui iluminação regular, as ruas entre as filas possuem iluminação insuficiente e os corredores (junto às paredes) não possuem nenhuma iluminação artificial;
- medições de iluminância - a iluminação do galpão não atende às exigências de iluminâncias médias mínimas (NBR 5413 - ABNT [1992]);
- simulação com o DIALux - os resultados obtidos da simulação são ainda melhores do que os constatados na inspeção visual e na medição de iluminância, mas ainda insuficientes (Anexo A).

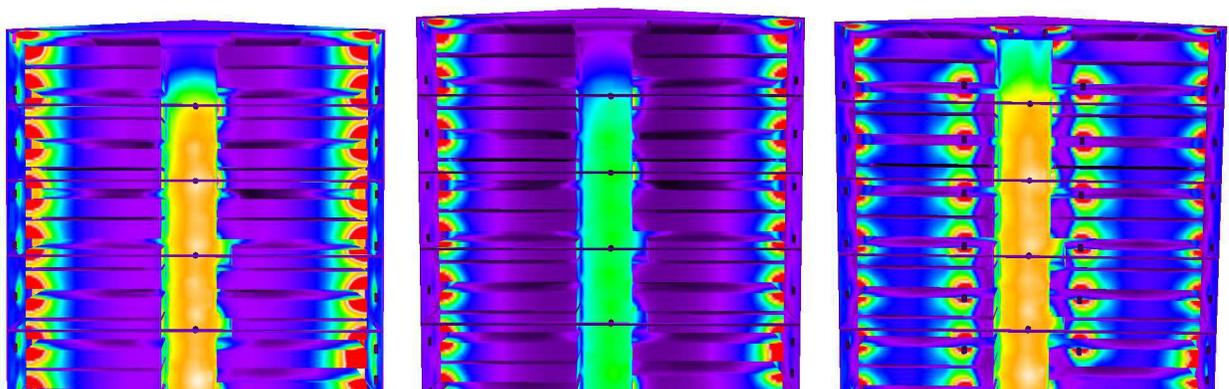
3.2.3 Soluções

Nas três primeiras soluções apresentadas são utilizadas lâmpadas de vapor de sódio, alterando-se apenas a distribuição espacial e potência das lâmpadas, devido as seguintes características: maior eficiência energética; vida útil longa; e por atrair menos insetos (menor emissão de radiação ultravioleta). Na quarta opção são utilizadas lâmpadas fluorescentes, cujas principais características são o alto índice de reprodução de cor e o rápido reacendimento, além de facilitar uma distribuição de iluminação mais homogênea.

3.3 Propostas

Para as três primeiras propostas, a iluminação central e da entrada, bem como a iluminação de emergência (utilizada durante o reacendimento de lâmpadas de vapor de sódio) são as mesmas, diferindo com relação a iluminação das ruas, a saber:

- Proposta 1 (Figura 3.4(a)) - refletores com lâmpadas vapor de sódio de 400 W, instalados nas paredes voltadas para o centro do galpão;
- Proposta 2 (Figura 3.4(b)) - refletores com lâmpadas vapor de sódio de 250 W, instalados nas paredes voltadas para o centro do galpão (neste ambiente as lâmpadas da iluminação principal são de 250 W);
- Proposta 3 (Figura 3.4(c)) - dois refletores com lâmpadas vapor de sódio de 150 W, instalados um voltado para o outro ao longo da rua;



(a) Proposta 1: refletores 400W. (b) Proposta 2: refletores e luminárias centrais 250W (c) Proposta 3: dois refletores de 150W.



(d) Escala.

Figura 3.4: Resultados das simulações: comparação da iluminação nas ruas.

Após as simulações (Figura 3.4), foi constatado que a utilização de dois refletores em cada rua com lâmpadas de vapor de sódio de 150 W produziram uma iluminação mais homogênea e mais eficiente que no caso de apenas um refletor com lâmpadas de 400 W ou 250 W, tanto para as ruas como para os corredores (Figura 3.5(a)), além de evitar o risco de ofuscamento do operador de empilhadeiras. Estes refletores devem ser instalados da seguinte forma: na parede

a 4 ou 5 metros de altura voltados para o centro; e no centro em estrutura montada entre tesouras, a 6 metros de altura, voltados para os corredores (paredes). Como o galpão possui 60 ruas, serão necessários cerca de 120 refletores.

A proposta 4, cujos resultados são semelhantes aos da proposta 3, foi obtida com a distribuição espacial uniforme de quatro luminárias com duas lâmpadas fluorescentes de 40 W em cada rua. Esta solução foi escolhida para ser apresentada como proposta de investimento, entretanto foi descartada por necessitar de maior investimento e por apresentar maior custo de manutenção que a proposta 3. Alguns resultados fotométricos da proposta 4 são apresentados no Anexo B.

3.4 Projeto de Iluminação

A iluminação da rua central e da entrada do galpão (Figura 3.5(a)) será feita com uso de luminárias para lâmpadas de vapor de sódio de 400 W, tipo pendente industrial, instaladas nas tesouras (6 metros de altura), totalizando 21 unidades (sendo 19 centralizadas nas tesouras e 2 deslocadas para a entrada).

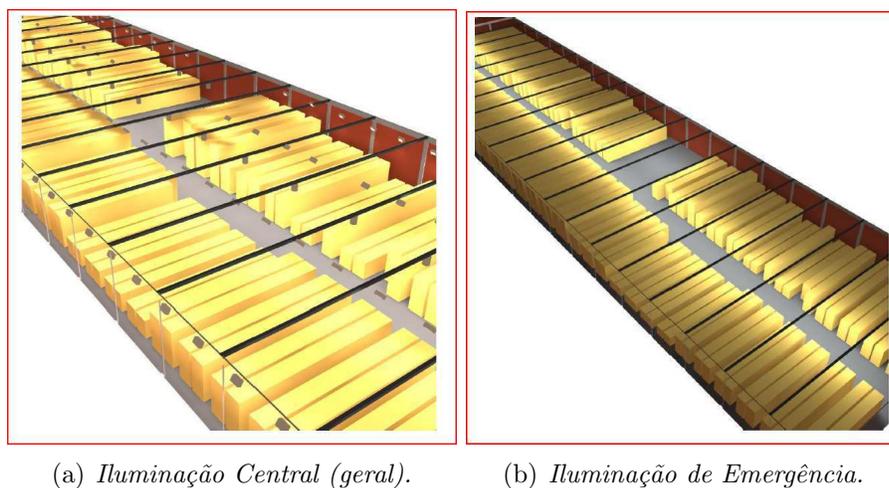


Figura 3.5: Resultados da simulação do projeto de iluminação.

A iluminação de emergência (Figura 3.5(b)), a ser utilizada durante o reacendimento da iluminação principal (lâmpadas de vapor de sódio - duração de cerca de 7 minutos) será feita com luminárias localizadas nas tesouras junto à iluminação da rua central e da entrada, totalizando também 21 unidades. Serão utilizadas luminárias para duas lâmpadas fluorescentes de 40 W.

Como alternativa, foi planejada uma solução com um número menor de refletores e, por consequência, com um custo operacional e de instalação menor, com utilização de: um refletor com fotometria do tipo iluminação pública no centro de cada rua, montado em estrutura entre

tesouras a 6 m; e dois refletores nos corredores voltados um para o outro a cada 18 m de distância (Figura 3.6).

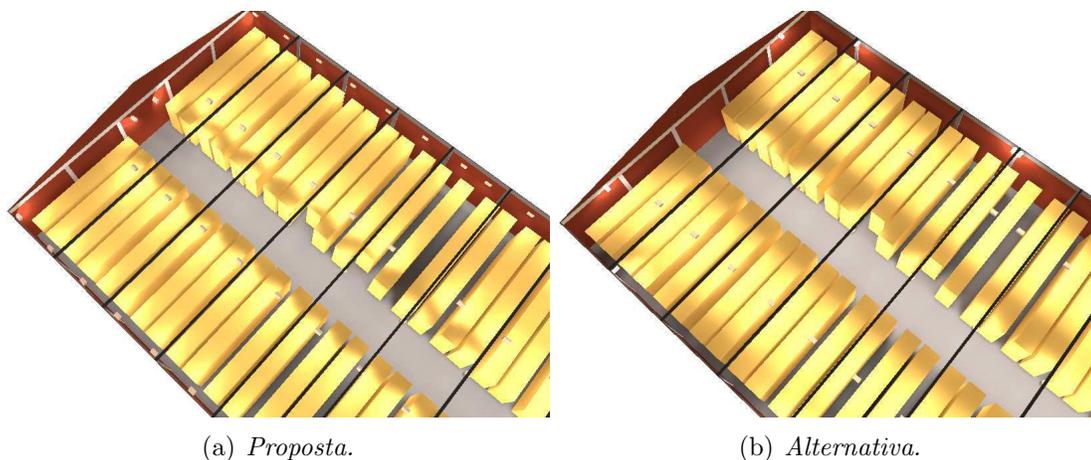


Figura 3.6: Resultados da simulação: comparação entre a proposta inicial e a alternativa.

Alguns resultados fotométricos das propostas 3 e da alternativa supracitada são apresentadas no Anexo C, bem como as visualizações da iluminação de emergência. Para um excelente rendimento da solução alternativa, seria importante o uso de refletores com fotometria do tipo iluminação pública (Figura 3.7).

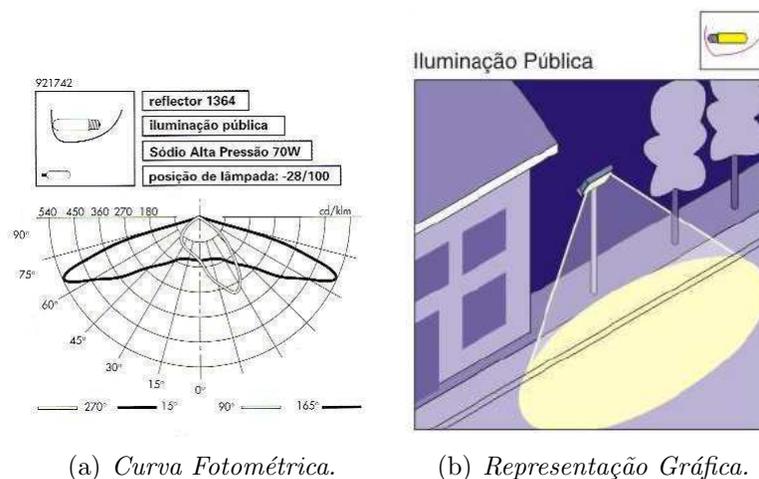


Figura 3.7: Fotometria de Iluminação Pública: Refletor Schröder Radial 2.

3.5 Peculiaridades do Projeto

A necessidade de uma iluminação específica e comprometida pela grande ocupação espacial do setor teve reflexo no elevado custo para implementação do projeto, quando comparado aos valores de projetos de iluminação de galpões comuns. Além da execução da nova instalação elétrica e física de muitas luminárias, o projeto conta ainda com um novo circuito de distribuição desde a subestação elétrica da empresa, devido as limitações das instalações atuais. Este circuito é composto por nova fiação, alguns trechos com instalação de novas eletrocalhas e três painéis elétricos:

- QTA - Quadro de Transmissão Automática: devido as limitações espaciais e de condução de corrente do QTA atual, é necessária a instalação de um segundo QTA para alocação destas cargas no circuito trifásico de 220 V, alimentado pelo transformador e pelo gerador;
- QGBT - Quadro Geral de Baixa Tensão: também devido a limitações do quadro atual de distribuição dos circuitos de iluminação dos galpões, é necessária a instalação de um novo QGBT;
- QDL do PA - novo Quadro de Distribuição de Luz para acionamento e distribuição dos circuitos de iluminação do galpão.

Outra dificuldade encontrada foi a escolha das luminárias: por ser uma empresa de produtos alimentícios, as luminárias não podem possuir proteção de vidro. Muitos fabricantes não possuem a opção do uso de proteções de policarbonato para refletores com lâmpadas de vapor de sódio. Além do mais, a depender da proximidade da lâmpada, a proteção danifica-se em pouco tempo devido ao aquecimento.

Por fim, é importante comentar que o aproveitamento da iluminação natural (janelas, telhas translúcidas) é limitado pela necessidade de condicionamento do produto acabado em um ambiente arejado e com temperaturas amenas, protegido da luz.

O projeto foi apresentado a gerência e aguarda os recursos para ser executado.

Capítulo 4

Considerações Finais

No projeto apresentado foi proposto uma das possíveis soluções luminotécnicas para o galpão de Produto Acabado. Entretanto, deve-se ressaltar que toda proposta para o caso em estudo deverá ser específica, devido as peculiaridades do setor, já mencionadas.

Um projeto luminotécnico de eficiência energética nem sempre representa uma redução de potência instalada e, por consequência, de consumo de energia elétrica, como muitos possam pensar. Em ambientes mal iluminados, inexoravelmente será necessário o uso de mais luminárias e lâmpadas e, portanto, acréscimo da potência demandada. A eficiência energética do projeto, desta forma, consiste em trabalhar várias soluções a fim de encontrar aquela em que o usuário fique satisfeito ao mesmo tempo em que as normas sejam seguidas e o menor consumo energético possível seja alcançado.

Não obstante a aprovação deste projeto pela gerência, o mesmo ainda é passível de melhorias, no que compete à eficiência energética e redução de custos, uma vez que ainda não foi executado. A flexibilidade do acionamento das luminárias, dividindo o sistema em vários circuitos, será uma alternativa para redução do consumo de energia elétrica. Esta divisão já possui uma proposta inicial mas, ainda será otimizada com a contribuição dos usuários (setor da Logística).

Quanto ao circuito de iluminação de emergência, este nada mais é que um circuito de iluminação temporária antipânico, uma vez que todo o sistema de iluminação será alocado no circuito de 220 V alimentado pelo transformador e gerador.

Por fim, o conhecimento prévio dos conceitos de fotometria e a familiarização com o *software* DIALux, que foram estudados na disciplina de Instalações Elétricas e Laboratório durante o curso de graduação em Engenharia Elétrica, na UFCG, foi fator facilitador para a execução do projeto.

Referências Bibliográficas

ABNT. *NBR 5413 - Iluminância de Interiores*, 1992.

ABNT. *NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão*, 2004.

GmbH DIAL. Site Oficial do *software* DIALux, 2010. URL <http://www.dialux.com/>. Acessado em agosto de 2010.

Grupo GE Iluminação. Site Oficial GE Iluminação, 2010. URL <http://www.gelampadas.com.br/>. Acessado em agosto de 2010.

E. da C. Guedes, V. D. Moreira, and T. V. Ferreira. *Laboratório de Instalações Elétricas - Guia Experimental de Fotometria*. GSE - UFCG, 2008.

J. Mamede Filho. *Instalações Elétricas Industriais*. Rio de Janeiro: LTC, seventh edition, 2007.

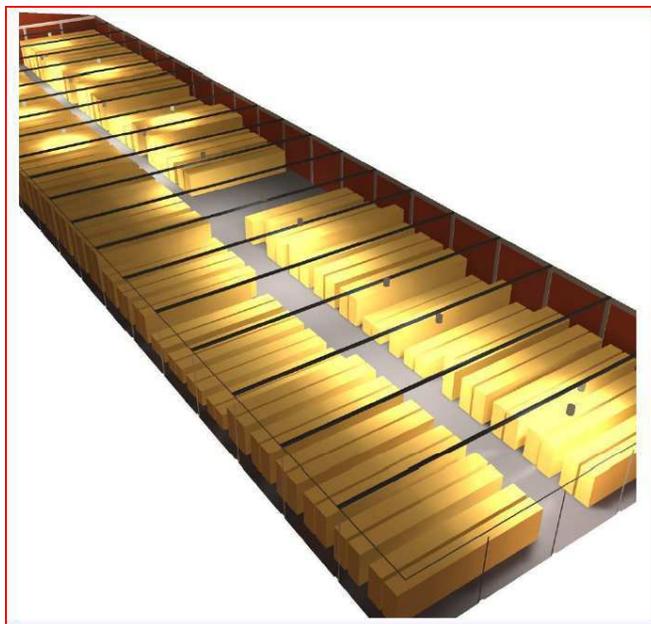
Anexo A

Resultados Fotométricos I

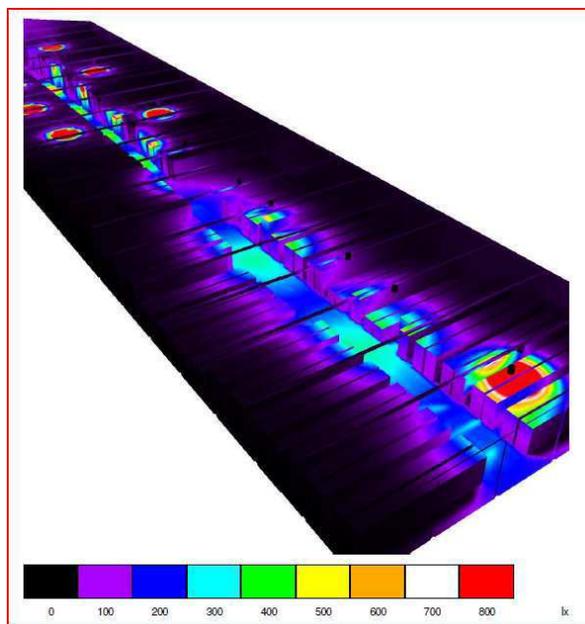
Resultados da Simulação - *software* DIALux

Galpão de Produto Acabado

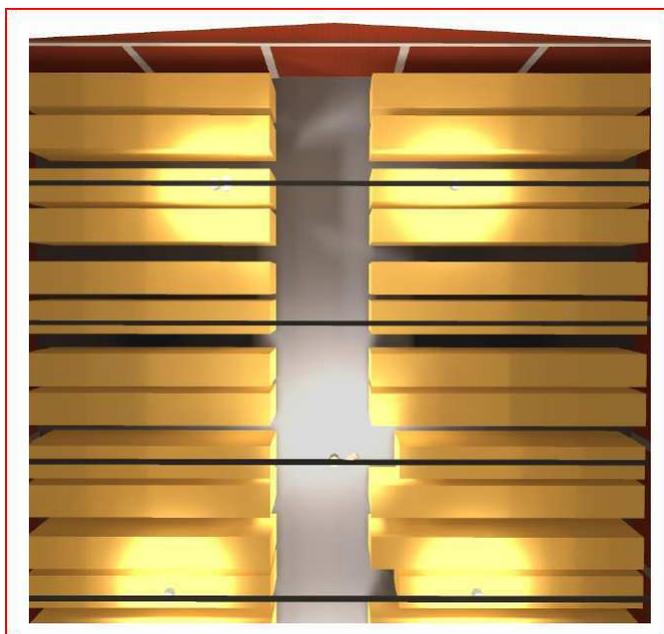
Simulação da situação atual: supondo todas as luminárias e lâmpadas em perfeito funcionamento (não condiz com a situação real) (Figura A.1). Os resultados confirmam as avaliações constatadas através das inspeções visuais e medições realizadas: iluminação artificial insuficiente no ambiente.



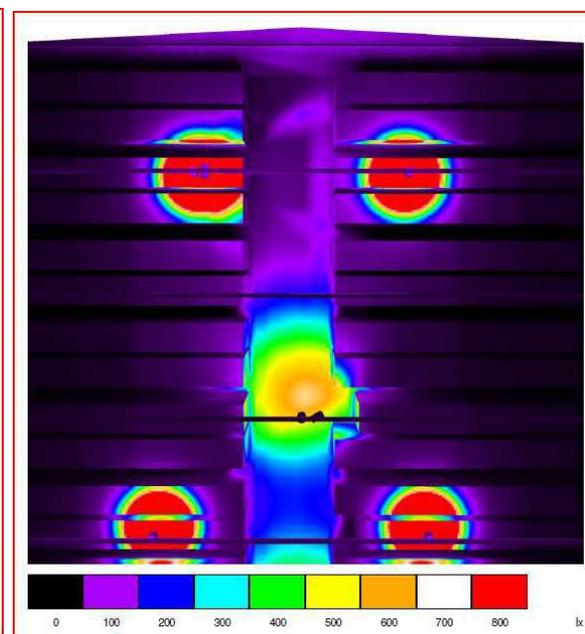
(a) *Resultado da Simulação.*



(b) *False Color Rendering.*



(c) *Visualização das ruas.*



(d) *False Color Rendering.*

Figura A.1: Simulações da situação atual do Galpão de Produto Acabado.

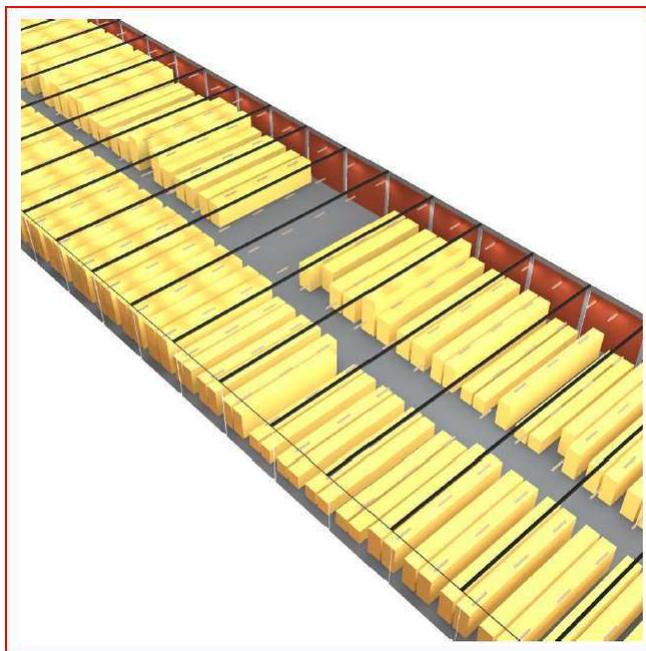
Anexo B

Resultados Fotométricos II

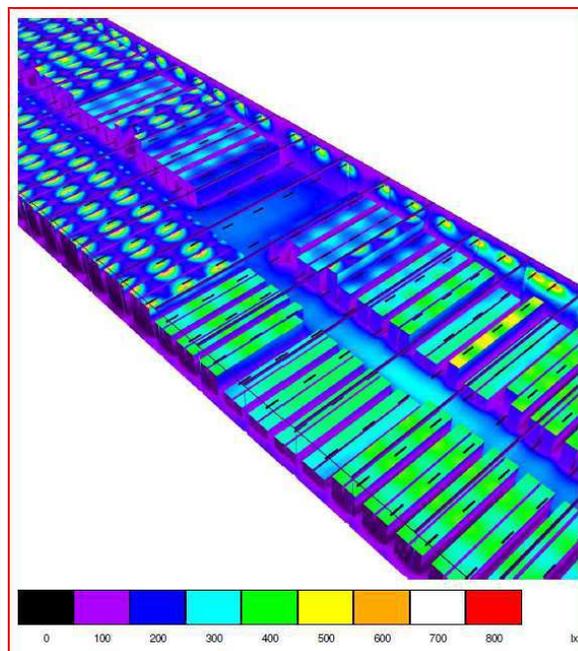
Resultados da Simulação - *software* DIALux

Proposta 4

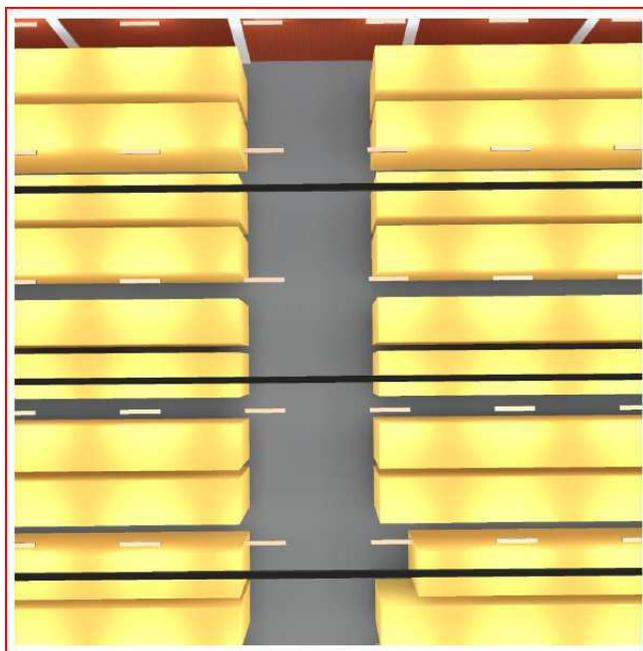
A iluminação é realizada com uso de quatro luminárias com duas lâmpadas fluorescentes de 40 W cada por rua, proporcionando uma iluminação igualitária, respeitando-se a disposição das ruas a serem iluminadas(Figura B.1).



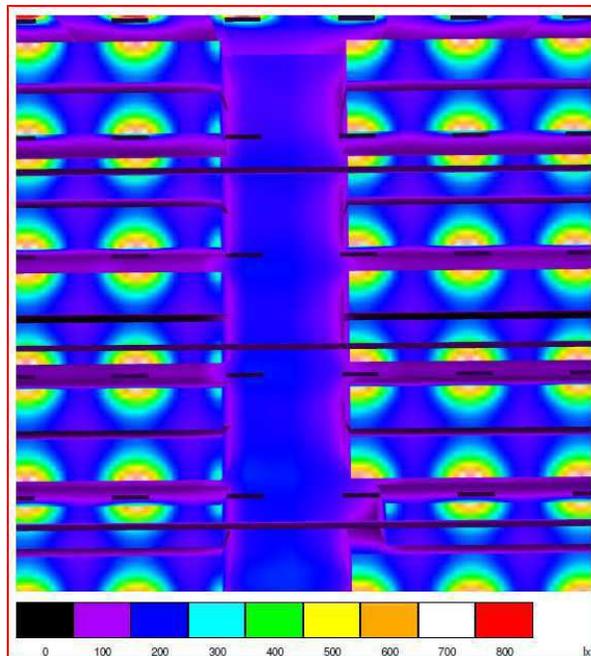
(a) Resultado da Simulação.



(b) False Color Rendering.



(c) Visualização das ruas.



(d) False Color Rendering.

Figura B.1: Simulações do Galpão de Produto Acabado: Proposta 4.

Anexo C

Resultados Fotométricos III

Resultados da Simulação - *software* DIALux

Solução Proposta

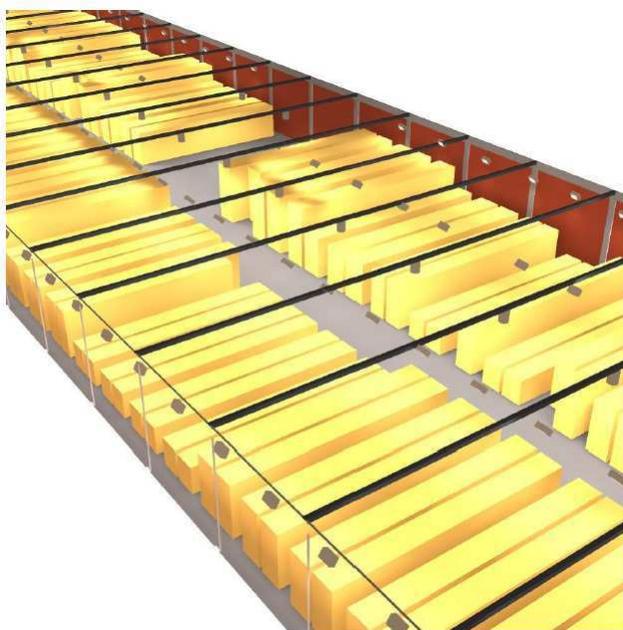
A iluminação central é composta de luminárias do tipo pendente industrial com lâmpadas de vapor de sódio 400 W. Já as ruas e corredores são iluminados por dois refletores com lâmpadas de vapor de sódio de 150 W (Figuras C.1 e C.4(a)).

Iluminação de Emergência

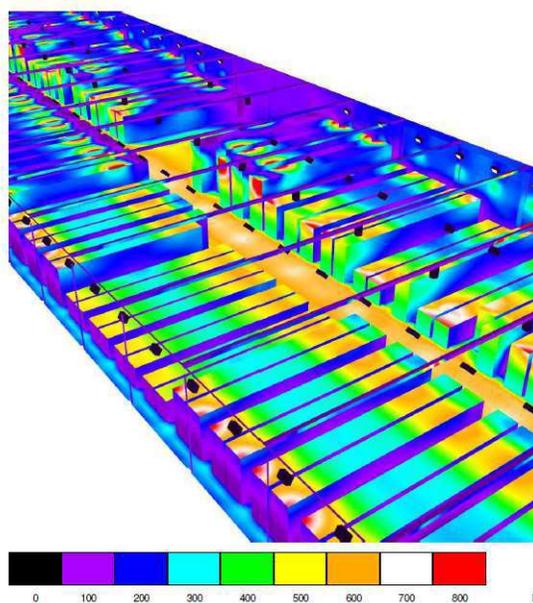
Resultados da simulação da iluminação de pânico, utilizada durante o reacendimento de lâmpadas de vapor de sódio: uso de lâmpadas fluorescentes (Figura C.2).

Solução Reduzida

Solução alternativa com uso de um número menor de refletores: um por rua e dois a cada 18 m nos corredores. A iluminação central e de emergência são as mesmas utilizadas na proposta original (Figuras C.3 e C.4(b)).



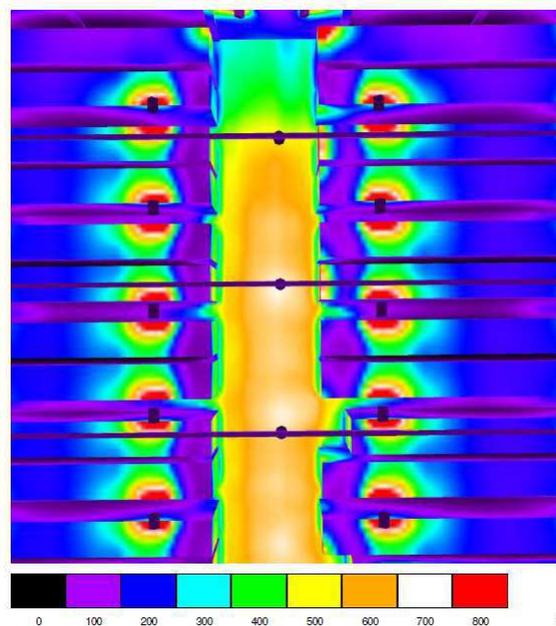
(a) *Resultado da Simulação.*



(b) *False Color Rendering.*

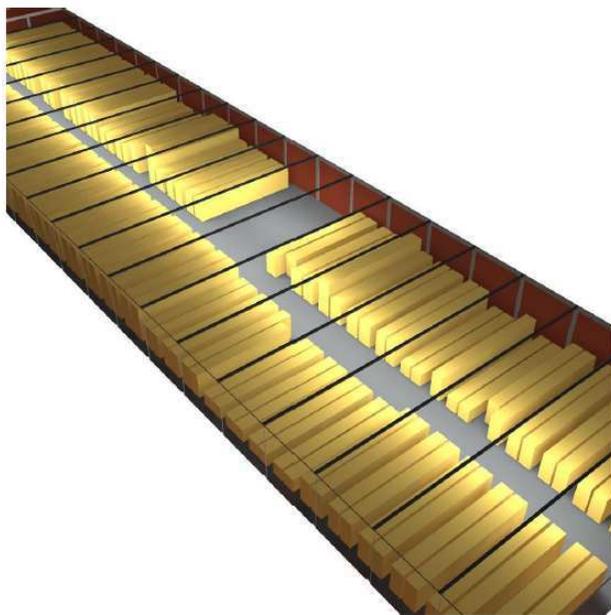


(c) *Visualização das ruas.*

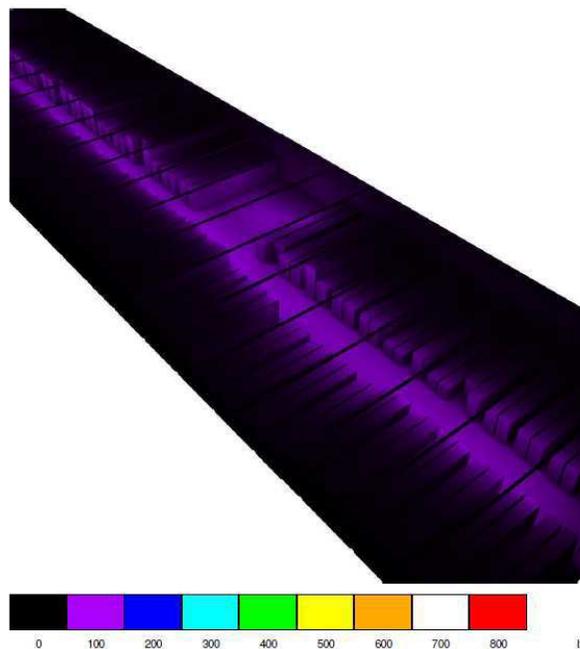


(d) *False Color Rendering.*

Figura C.1: Simulações do Galpão de Produto Acabado: proposta 3.



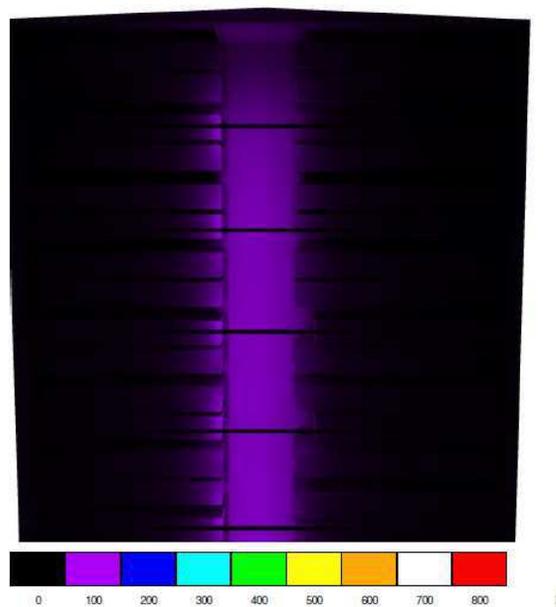
(a) *Resultado da Simulação.*



(b) *False Color Rendering.*

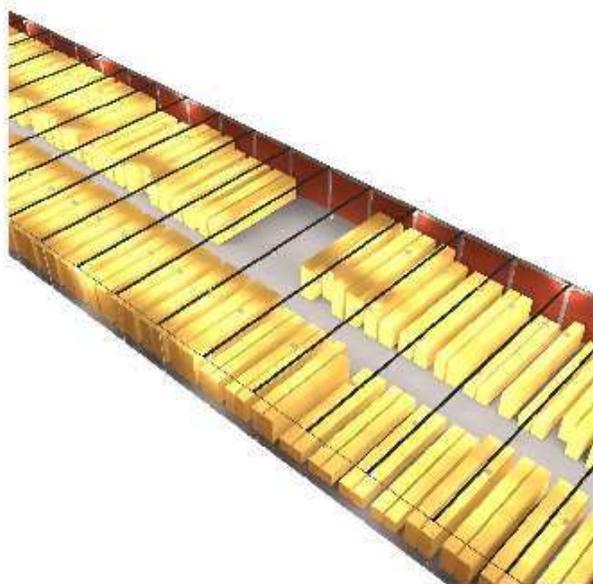


(c) *Visualização das ruas.*

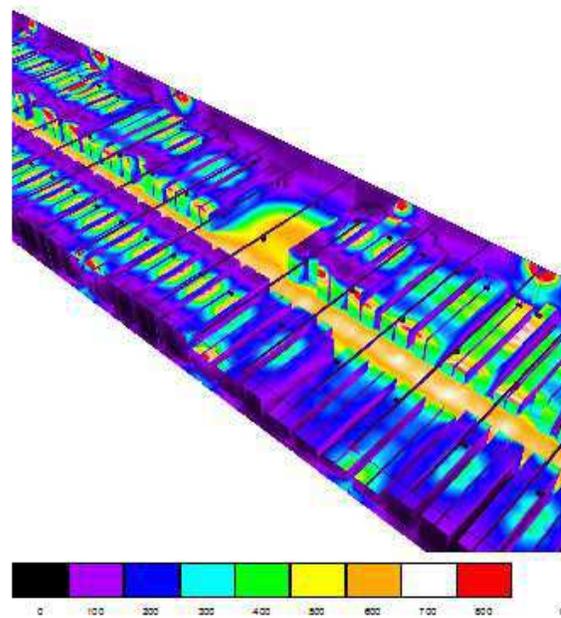


(d) *False Color Rendering.*

Figura C.2: Simulações da Iluminação de Emergência.



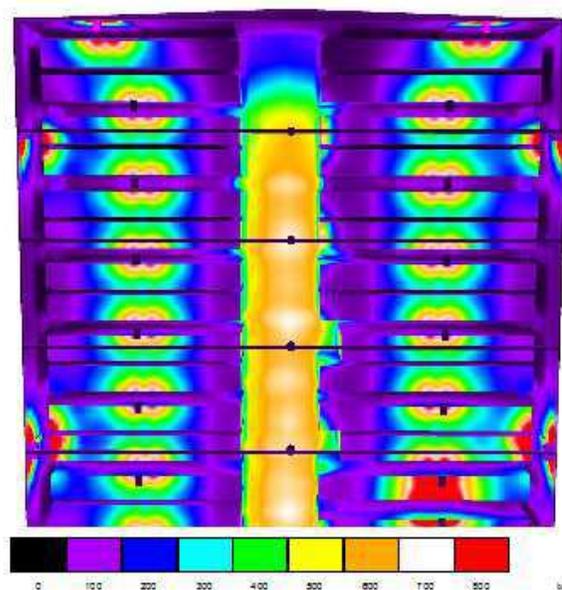
(a) *Resultado da Simulação.*



(b) *False Color Rendering.*



(c) *Visualização das ruas.*



(d) *False Color Rendering.*

Figura C.3: Simulações da Proposta Reduzida.

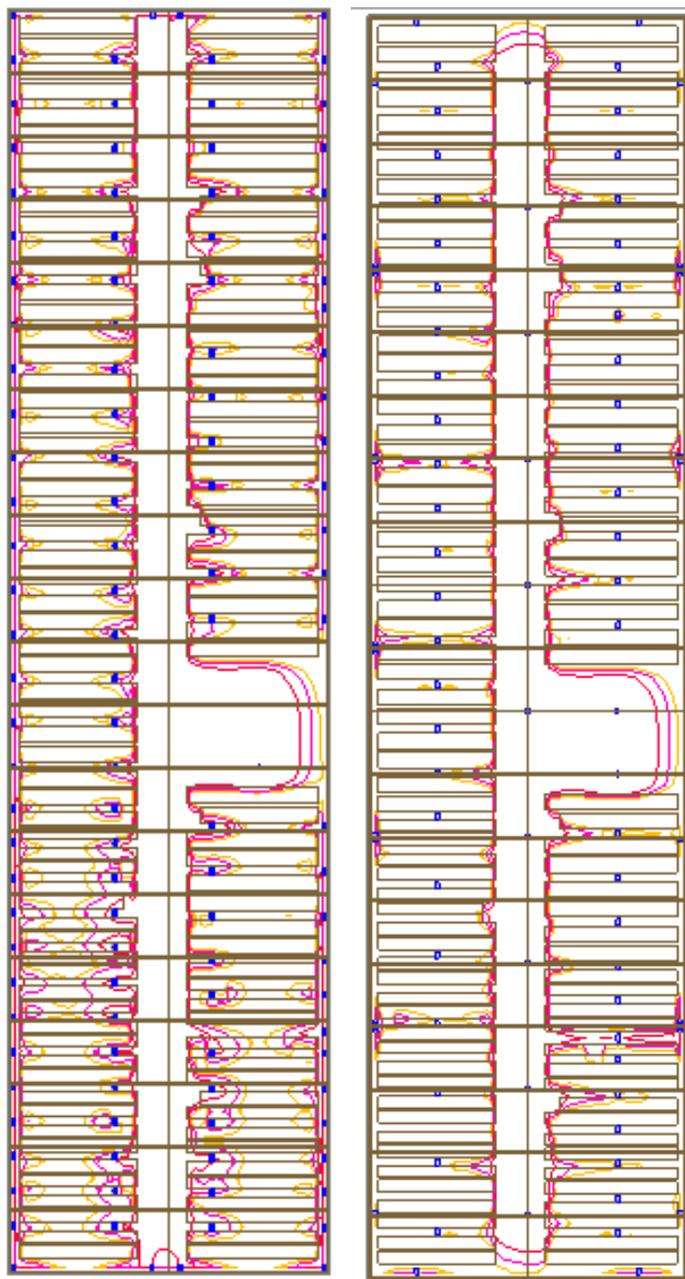
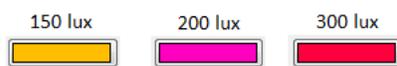
(a) *Proposta 3.*(b) *Alternativa da Proposta 3.*(c) *legenda*

Figura C.4: Curvas Isométricas.

Anexo D

Curvas Fotométricas

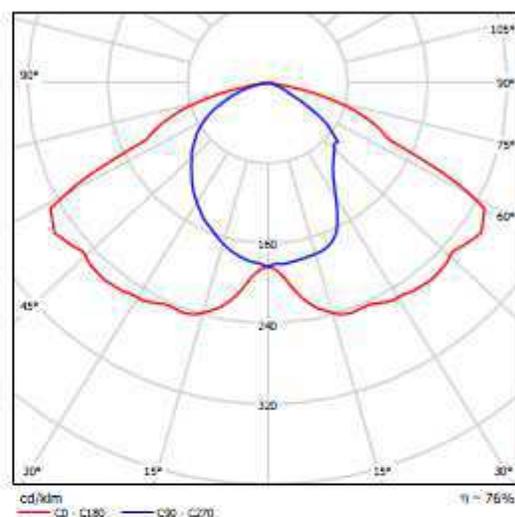
Luminárias - *software* DIALux

As informações fotométricas (*datasheet*) dos refletores (Figuras D.1, D.2, D.3), das luminárias tipo pendente industrial (Figura D.4 e D.5) e das luminárias para duas lâmpadas fluorescentes de 40 W (Figuras D.6) são disponibilizadas a seguir.

ELGO EW-WO0020-57 NOVA / OPSbn-150 / Luminaire Data Sheet



Luminous emittance 1:



Luminaire classification according to CIE: 100
CIE flux code: 43 80 98 100 76

Due to missing symmetry properties, no UGR table can be displayed for this luminaire.

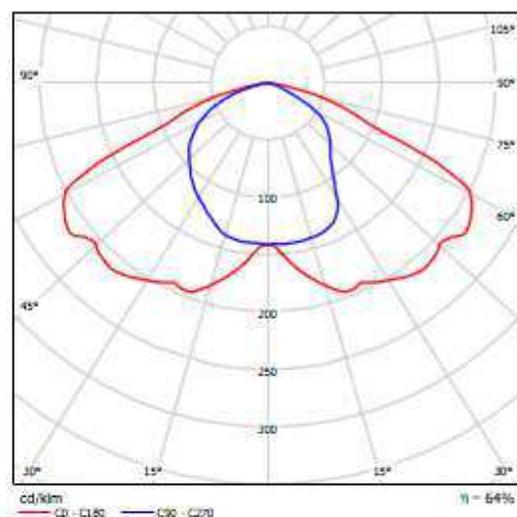
- Designed for lighting industrial halls, large warehouses, sports halls, open areas etc.
- As the light sources used are high pressure sodium lamps and metal halide 150 - 400 W with clear bulb.
- The product should be suspended to stable elements of hall / ceiling / wall construction. Mounting can be made through:
 - standard suspension (suspension "low"),
 - suspension allowing regulation of the mounting angle (suspension "regulated").
- Recommended height of suspension;
 - „w“ - higher than 6 m,
 - „n“ - from 3 to 8 m,
 - „a“ - up to 12m.
- Optical system with symmetric light distribution (marking „w“ and „n“) or asymmetric (marking „a“).
- Symmetric or asymmetric optical system.
- Aluminium body.
- Body is hermetically closed by noryl sides and glass cover.
- Thermal bulkhead with lampholder.
- Ejected panel with electric gear.
- Fixture equipped with filter.
- Convenient connecting of powering cable without opening the fixture.
- Two versions of cover: glass or glass with grid.
- Version with regulation of mounting angle.

Figura D.1: *Datasheet* do refletor com lâmpada de vapor de sódio de 150 W.

ELGO EW-WO0020-21 NOVA / OPSbn-250 / Luminaire Data Sheet



Luminous emittance 1:



Luminaire classification according to CIE: 100
CIE flux code: 41 77 98 100 64

Due to missing symmetry properties, no UGR table can be displayed for this luminaire.

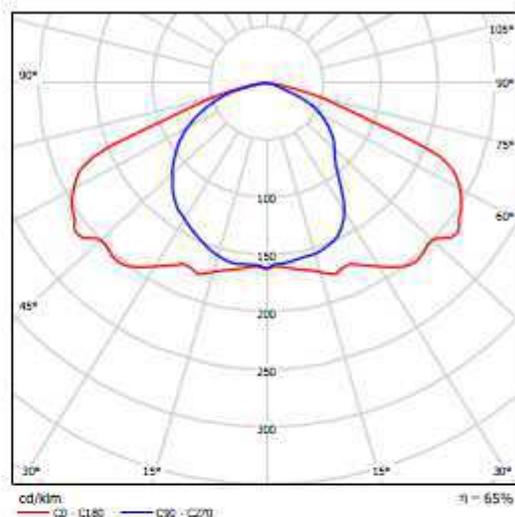
- Designed for lighting industrial halls, large warehouses, sports halls, open areas etc.
- As the light sources used are high pressure sodium lamps and metal halide 150 - 400 W with clear bulb.
- The product should be suspended to stable elements of hall / ceiling / wall construction. Mounting can be made through:
 - standard suspension (suspension "low"),
 - suspension allowing regulation of the mounting angle (suspension "regulated").
- Recommended height of suspension:
 - „w“ - higher than 6 m,
 - „n“ - from 3 to 8 m,
 - „a“ - up to 12m.
- Optical system with symmetric light distribution (marking „w“ and „n“) or asymmetric (marking „a“).
- Symmetric or asymmetric optical system.
- Aluminium body.
- Body is hermetically closed by noryl sides and glass cover.
- Thermal bulkhead with lampholder.
- Ejected panel with electric gear.
- Fixture equipped with filter.
- Convenient connecting of powering cable without opening the fixture.
- Two versions of cover: glass or glass with grid.
- Version with regulation of mounting angle.

Figura D.2: *Datasheet* do refletor com lâmpada de vapor de sódio de 250 W.

ELGO EW-WO0019-79 NOVA / OPSbn-400 / Luminaire Data Sheet



Luminous emittance 1:



Luminaire classification according to CIE: 100
CIE flux code: 39 74 97 100 65

- Designed for lighting industrial halls, large warehouses, sports halls, open areas etc.
- As the light sources used are high pressure sodium lamps and metal halide 150 - 400 W with clear bulb.
- The product should be suspended to stable elements of hall / ceiling / wall construction. Mounting can be made through:
 - standard suspension (suspension "low"),
 - suspension allowing regulation of the mounting angle (suspension "regulated").
- Recommended height of suspension:
 - „w“ - higher than 6 m,
 - „n“ - from 3 to 8 m,
 - „a“ - up to 12m.
- Optical system with symmetric light distribution (marking „w“ and „n“) or asymmetric (marking „a“).
- Symmetric or asymmetric optical system.
- Aluminium body.
- Body is hermetically closed by noryl sides and glass cover.
- Thermal bulkhead with lampholder.
- Ejected panel with electric gear.
- Fixture equipped with filter.
- Convenient connecting of powering cable without opening the fixture.
- Two versions of cover: glass or glass with grid.
- Version with regulation of mounting angle.

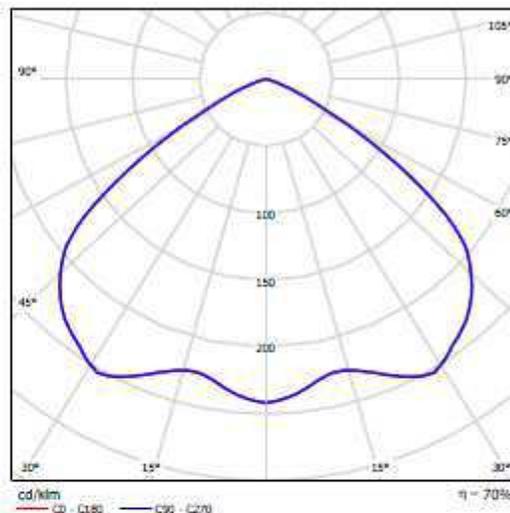
Due to missing symmetry properties, no UGR table can be displayed for this luminaire.

Figura D.3: *Datasheet* do refletor com lâmpada de vapor de sódio de 400 W.

ELGO EW-WO0026-63 MITRA NEW smooth / OPSa-250 / Luminaire Data Sheet



Luminous emittance 1:



Luminaire classification according to CIE: 100
CIE flux code: 55 95 100 99 69

- Designed for lighting industrial halls, large warehouses, sports halls, open areas etc.
- As the light sources used are high pressure sodium lamps 50 - 400 W (type OPSa), mercury lamps 80 - 400 W (type OPPr) and metal halide lamps adapted for vertical position 100 - 400 W (type OPHa).
- Adapted for various types of suspension (cords, bolts, hooks etc.).
- Available versions:
 - without glass cover (for all wattages),
 - with hardened glass cover (reflector of 496 mm diameter in fixtures of 250 W and 400 W).
- Optical system made of smooth aluminium reflector, chemically polished with symmetric light distribution.
- Ribbed aluminium gearbox.
- Magnetic ballasts with compensation of passive power.
- Easy to replace, ejectable panel with electric gear placed in gearbox.
- Filter allowing fixture "breathing".

Luminous emittance 1:

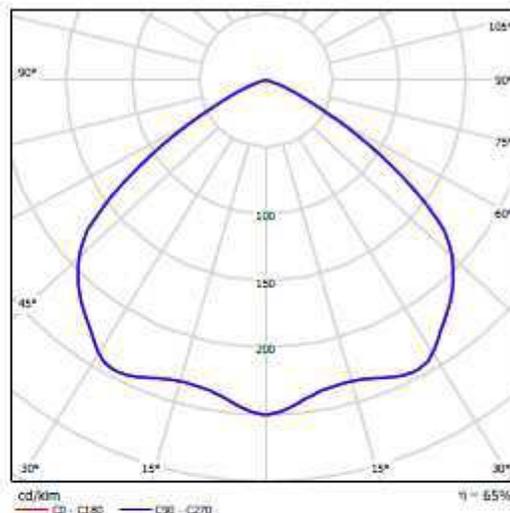
| Glare Evaluation According to UGR | | | | | | | | | | | |
|---|----------|--|------|------|------|------|---|------|------|------|--|
| | | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | |
| μ Ceiling | | 20 | 30 | 35 | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | |
| μ Walls | | 20 | 30 | 35 | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | |
| μ Floor | | 20 | 30 | 35 | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | |
| Room Size | X | Viewing direction at right angles to lamp axis | | | | | Viewing direction parallel to lamp axis | | | | |
| | Y | | | | | | | | | | |
| 2H | 2H | 25.9 | 27.1 | 28.1 | 27.3 | 27.5 | 25.9 | 27.1 | 28.1 | 27.3 | |
| | 4H | 25.9 | 26.9 | 26.2 | 27.1 | 27.4 | 25.9 | 26.9 | 26.2 | 27.1 | |
| | 6H | 25.8 | 26.7 | 26.2 | 27.0 | 27.3 | 25.8 | 26.7 | 26.2 | 27.0 | |
| | 8H | 25.8 | 26.7 | 26.1 | 27.0 | 27.3 | 25.8 | 26.7 | 26.1 | 27.0 | |
| | 12H | 25.8 | 26.6 | 26.1 | 26.9 | 27.2 | 25.8 | 26.6 | 26.1 | 26.9 | |
| 4H | 2H | 25.8 | 26.8 | 26.1 | 27.1 | 27.4 | 25.8 | 26.8 | 26.1 | 27.1 | |
| | 4H | 25.9 | 26.8 | 26.3 | 27.1 | 27.4 | 25.9 | 26.8 | 26.3 | 27.1 | |
| | 6H | 25.9 | 26.8 | 26.3 | 27.0 | 27.3 | 25.9 | 26.8 | 26.3 | 27.0 | |
| | 8H | 25.9 | 26.5 | 26.3 | 26.9 | 27.3 | 25.8 | 26.5 | 26.3 | 26.9 | |
| | 12H | 25.8 | 26.4 | 26.3 | 26.8 | 27.2 | 25.8 | 26.4 | 26.3 | 26.8 | |
| 8H | 4H | 25.8 | 26.4 | 26.3 | 26.8 | 27.2 | 25.8 | 26.4 | 26.3 | 26.8 | |
| | 6H | 25.8 | 26.2 | 26.2 | 26.7 | 27.1 | 25.8 | 26.2 | 26.2 | 26.7 | |
| | 8H | 25.7 | 26.1 | 26.2 | 26.6 | 27.1 | 25.7 | 26.1 | 26.2 | 26.6 | |
| | 12H | 25.7 | 26.1 | 26.2 | 26.5 | 27.0 | 25.7 | 26.1 | 26.2 | 26.5 | |
| | 12H | 25.7 | 26.1 | 26.2 | 26.5 | 27.0 | 25.7 | 26.1 | 26.2 | 26.5 | |
| Variation of the observer position for the luminaires distances 1 | S = 1.0H | +0.7 / -0.5 | | | | | +0.7 / -0.5 | | | | |
| | S = 1.5H | +1.2 / -0.8 | | | | | +1.2 / -0.8 | | | | |
| | S = 2.0H | +1.1 / -0.8 | | | | | +1.1 / -0.8 | | | | |
| Standard table | | B001 | | | | | B001 | | | | |
| Correction | | -4.4 | | | | | -4.4 | | | | |
| Summation | | | | | | | | | | | |

Figura D.4: *Datasheet* da luminária pendente industrial com lâmpada de vapor de sódio de 250 W.

ELGO EW-WO0026-68 MITRA NEW smooth / OPSa-400 / Luminaire Data Sheet



Luminous emittance 1:



Luminaire classification according to CIE: 100
CIE flux code: 57 95 100 99 65

- Designed for lighting industrial halls, large warehouses, sports halls, open areas etc.
- As the light sources used are high pressure sodium lamps 50 - 400 W (type OPSa), mercury lamps 80 - 400 W (type OPPr) and metal halide lamps adapted for vertical position 100 - 400 W (type OPHa).
- Adapted for various types of suspension (cords, bolts, hooks etc.).
- Available versions:
 - without glass cover (for all wattages).
 - with hardened glass cover (reflector of 496 mm diameter in fixtures of 250 W and 400 W).
- Optical system made of smooth aluminium reflector, chemically polished with symmetric light distribution.
- Ribbed aluminium gearbox.
- Magnetic ballasts with compensation of passive power.
- Easy to replace, ejectable panel with electric gear placed in gearbox.
- Filter allowing fixture "breathing".

Luminous emittance 1:

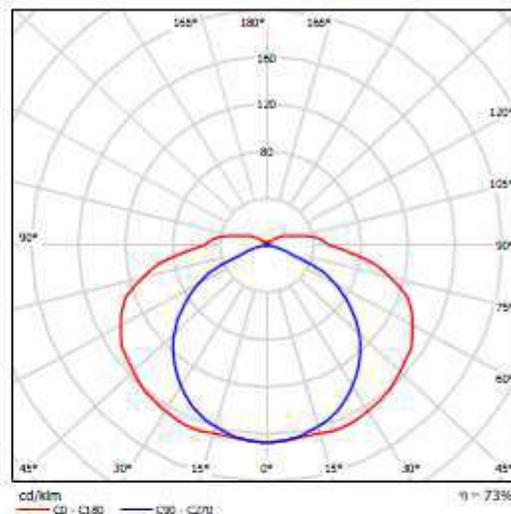
| Glare Evaluation According to UGR | | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|---|------|------|------|------|------|
| μ Ceiling | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 120 | |
| μ Walls | 50 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | |
| μ Floor | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| Room Size X Y | Viewing direction at right angles to lamp axis | | | | | Viewing direction parallel to lamp axis | | | | | |
| 2H | 2H | 26.9 | 28.0 | 27.2 | 28.3 | 28.5 | 26.9 | 28.0 | 27.2 | 28.3 | 28.5 |
| | 3H | 27.0 | 28.0 | 27.3 | 28.3 | 28.5 | 27.0 | 28.0 | 27.3 | 28.3 | 28.5 |
| | 4H | 26.9 | 27.9 | 27.3 | 28.2 | 28.4 | 26.9 | 27.9 | 27.3 | 28.2 | 28.4 |
| | 6H | 26.9 | 27.7 | 27.3 | 28.0 | 28.3 | 26.9 | 27.7 | 27.3 | 28.0 | 28.3 |
| 4H | 2H | 26.8 | 27.7 | 27.3 | 28.0 | 28.3 | 26.8 | 27.7 | 27.3 | 28.0 | 28.3 |
| | 3H | 26.8 | 27.6 | 27.3 | 27.9 | 28.2 | 26.8 | 27.6 | 27.3 | 27.9 | 28.2 |
| | 4H | 26.8 | 27.8 | 27.3 | 28.1 | 28.4 | 26.8 | 27.8 | 27.3 | 28.1 | 28.4 |
| | 6H | 27.0 | 27.8 | 27.4 | 28.1 | 28.4 | 27.0 | 27.8 | 27.4 | 28.1 | 28.4 |
| 8H | 2H | 26.9 | 27.7 | 27.4 | 28.0 | 28.4 | 27.0 | 27.7 | 27.4 | 28.0 | 28.4 |
| | 3H | 26.9 | 27.6 | 27.3 | 27.9 | 28.2 | 26.9 | 27.6 | 27.3 | 27.9 | 28.2 |
| | 4H | 26.9 | 27.4 | 27.3 | 27.8 | 28.2 | 26.9 | 27.4 | 27.3 | 27.8 | 28.2 |
| | 6H | 26.9 | 27.3 | 27.3 | 27.8 | 28.2 | 26.9 | 27.3 | 27.3 | 27.8 | 28.2 |
| 12H | 2H | 26.9 | 27.4 | 27.3 | 27.8 | 28.2 | 26.9 | 27.4 | 27.3 | 27.8 | 28.2 |
| | 3H | 26.8 | 27.3 | 27.3 | 27.7 | 28.2 | 26.8 | 27.3 | 27.3 | 27.7 | 28.2 |
| | 4H | 26.8 | 27.2 | 27.3 | 27.6 | 28.1 | 26.8 | 27.2 | 27.3 | 27.6 | 28.1 |
| | 6H | 26.8 | 27.1 | 27.2 | 27.6 | 28.1 | 26.8 | 27.1 | 27.2 | 27.6 | 28.1 |
| 12H | 2H | 26.8 | 27.3 | 27.3 | 27.8 | 28.2 | 26.8 | 27.3 | 27.3 | 27.8 | 28.2 |
| | 3H | 26.8 | 27.2 | 27.3 | 27.6 | 28.1 | 26.8 | 27.2 | 27.3 | 27.6 | 28.1 |
| | 4H | 26.8 | 27.1 | 27.2 | 27.6 | 28.1 | 26.8 | 27.1 | 27.2 | 27.6 | 28.1 |
| | 6H | 26.8 | 27.1 | 27.2 | 27.6 | 28.1 | 26.8 | 27.1 | 27.2 | 27.6 | 28.1 |
| variance of the observer position for the luminaire distances | | | | | | | | | | | |
| S = 1.0H | +0.7 / -0.6 | | | | | +0.7 / -0.6 | | | | | |
| S = 1.5H | +1.2 / -0.8 | | | | | +1.2 / -0.6 | | | | | |
| S = 2.0H | +3.2 / -0.6 | | | | | +3.2 / -0.6 | | | | | |
| Standard table | B001 | | | | | B001 | | | | | |
| Correction Sylvania | -5.3 | | | | | -5.3 | | | | | |
| Limited view angles referring to 50°/90° Total Luminous Flux | | | | | | | | | | | |

Figura D.5: *Datasheet* da luminária pendente industrial com lâmpada de vapor de sódio de 400 W.

ELGO YS-WO0044-63 HERMETIC / HERMETIC-254E / Luminaire Data Sheet



Luminous emittance 1:



Luminaire classification according to CIE: 91
CIE flux code: 36 66 88 91 73

- Designed for lighting spaces of high dustiness and humidity level such as industrial halls, warehouses, workshops etc. and for outdoor lighting.
- For one or two lineal fluorescent lamps T8 (26mm diameter) 18, 36 and 58 W.
- Hermetic lighting fixture.
- High ingress protection level – IP65.
- Available mounting on bases of normal flammability.
- Environment temperature up to 25C (temporarily up to 35C).
- Available versions with ballasts:
 - magnetic without compensation of passive power (HERMETIC type M),
 - magnetic with compensation of passive power (HERMETIC type MK),
 - electronic (HERMETIC et type E).
- Body and cover made of plastic.
- Clips made of plastic joining cover to body of fixture.
- Special gasket for high IP level.
- Inside the fixture there is a mounting plate with electric gear made of steel plate painted white.

Luminous emittance 1:

| Glare Evaluation According to UGR | | | | | | | | | | |
|---|--|------|------|------|------|---|------|------|------|------|
| μ Ceiling | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 120 |
| μ Wall | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 100 |
| μ Floor | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 70 |
| Room Size | Viewing direction at right angles to lamp axis | | | | | Viewing direction parallel to lamp axis | | | | |
| X | | | | | | | | | | |
| Y | | | | | | | | | | |
| 2H | 2H | 21.0 | 23.1 | 25.2 | 27.5 | 24.0 | 18.5 | 19.9 | 19.0 | 22.3 |
| | 2H | 24.0 | 26.0 | 28.2 | 30.5 | 26.9 | 19.9 | 21.1 | 20.3 | 23.5 |
| | 4H | 26.2 | 27.4 | 28.7 | 29.8 | 28.3 | 20.2 | 21.4 | 20.7 | 23.8 |
| | 6H | 27.6 | 28.7 | 29.1 | 29.2 | 29.7 | 20.4 | 21.4 | 20.8 | 23.9 |
| 4H | 2H | 28.2 | 29.2 | 29.8 | 29.8 | 30.3 | 20.4 | 21.4 | 20.9 | 23.9 |
| | 4H | 29.0 | 30.0 | 29.5 | 30.5 | 31.0 | 20.4 | 21.4 | 20.9 | 23.9 |
| | 4H | 32.0 | 33.5 | 33.8 | 33.9 | 34.4 | 20.1 | 21.2 | 20.5 | 23.7 |
| | 4H | 35.0 | 36.6 | 36.1 | 37.1 | 37.6 | 21.8 | 22.8 | 22.3 | 23.9 |
| 6H | 2H | 37.2 | 38.1 | 37.7 | 38.6 | 39.2 | 22.4 | 23.3 | 23.0 | 24.4 |
| | 4H | 38.8 | 39.6 | 39.4 | 39.2 | 39.8 | 22.8 | 23.6 | 23.3 | 24.1 |
| | 6H | 39.7 | 40.4 | 40.2 | 41.0 | 41.6 | 22.8 | 23.6 | 23.4 | 24.1 |
| | 12H | 40.5 | 41.3 | 41.1 | 41.7 | 42.4 | 22.9 | 23.6 | 23.5 | 24.1 |
| 8H | 4H | 42.0 | 43.3 | 43.1 | 43.9 | 44.4 | 23.9 | 24.6 | 24.4 | 25.7 |
| | 6H | 46.4 | 48.0 | 48.0 | 48.8 | 49.3 | 24.6 | 25.2 | 25.2 | 26.4 |
| | 8H | 50.4 | 51.9 | 51.9 | 52.5 | 53.3 | 24.9 | 25.4 | 25.3 | 26.7 |
| | 12H | 51.5 | 53.0 | 52.1 | 52.6 | 53.3 | 25.0 | 25.6 | 25.6 | 26.1 |
| 12H | 4H | 57.5 | 58.2 | 58.1 | 58.9 | 59.4 | 24.2 | 24.9 | 24.8 | 25.8 |
| | 6H | 59.5 | 60.1 | 60.1 | 60.7 | 61.3 | 25.2 | 25.8 | 25.8 | 26.4 |
| | 8H | 60.6 | 61.1 | 61.2 | 61.7 | 62.4 | 25.7 | 26.2 | 26.3 | 27.5 |
| | 12H | 60.6 | 61.1 | 61.2 | 61.7 | 62.4 | 25.7 | 26.2 | 26.3 | 27.5 |
| Relation of the above position for the luminaires distances | | | | | | | | | | |
| S = 1.0H | +0.1 / -0.1 | | | | | +0.1 / -0.1 | | | | |
| S = 1.5H | +0.2 / -0.3 | | | | | +0.2 / -0.3 | | | | |
| S = 2.0H | +0.3 / -0.4 | | | | | +0.4 / -0.5 | | | | |
| Standard table | DK12 | | | | | DK12 | | | | |
| Connection | 6.5 | | | | | -0.1 | | | | |
| Corrected value in line referring to 0.000m Total Luminous Flux | | | | | | | | | | |

Figura D.6: Datasheet da luminária para duas lâmpadas fluorescentes de 40 W.