

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

ANDRÉ LUÍS DOS SANTOS CAMALIONTE

**VIABILIDADE ECONÔMICA PARA SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS
DE VAPOR DE SÓDIO POR LÂMPADAS DE LED**

Botucatu - SP
Junho – 2011

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

ANDRÉ LUÍS DOS SANTOS CAMALIONTE

**VIABILIDADE ECONÔMICA PARA SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS
DE VAPOR DE SÓDIO POR LÂMPADAS DE LED**

Orientador: Prof. Clayton Alexandre Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
FATEC - Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, para obtenção do título de
Tecnólogo no Curso Superior de Produção
Industrial.

Botucatu – SP
Junho – 2011

RESUMO

Hoje mais do que nunca, movidos pela globalização, todas as empresas para se manterem vivas no mercado, buscam incessantemente a competitividade, através de qualidade, custos e prazo de entrega, levando em conta a produtividade e a sustentabilidade. A produtividade é medida pelo que é produzido em relação à quantidade de insumos de produção utilizados. A sustentabilidade pode ser entendida como, satisfazer as necessidades presentes sem comprometer a existência de gerações futuras. Foi abordado neste trabalho a viabilidade econômica para a substituição das lâmpadas de vapor de sódio pela nova tecnologia com lâmpadas de LED, onde foram demonstradas todas especificações técnicas disponibilizadas pelos fabricantes, e também foram analisados consumo, manutenção e dados luminotécnicos. Enfim este projeto teve duas finalidades, uma é promover a otimização da sustentabilidade ambiental, diminuindo o consumo de energia e a geração de resíduos, a outra é a consequência gerada pela redução do consumo de energia, que é um insumo de produção (iluminação), melhora a produtividade que impacta diretamente o custo.

Palavras – chave: Lâmpadas de LED, Lâmpadas de Vapor de Sódio, Sustentabilidade em Iluminação.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 Objetivo	6
1.2 Justificativa	7
2 REVISÃO DA LITERATURA	8
2.1 Iluminação Geral – Conceitos.....	8
2.2 Lâmpada de Vapor de Sódio.....	17
2.3 Tecnologia LED.....	19
2.4 Lâmpada de LED	20
2.5 Sustentabilidade em Iluminação	21
2.5.1 <i>Descartes das lâmpadas</i>	22
2.5.1.1 <u>Descarte das lâmpadas de vapor de sódio</u>	23
2.5.1.2 <u>Descarte das lâmpadas de LED</u>	23
2.6 <i>Pay-back</i>	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 Materiais.....	24
3.2 Métodos	24
3.3 Estudo de Caso	28
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	29
4.1 Situação atual	29
4.2 Situação proposta	33
4.3 Análise econômica	33
5 CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	38
ANEXO	40

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Fluxo luminoso.....	9
2 Iluminância	9
3 Campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão retangular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras.....	12
4 Índice de reprodução de cores e exemplos de aplicação	15
5 Temperatura de cor de diferentes fontes de luz	16
6 Relação de conforto luminoso entre nível de Iluminância e tonalidade de cor da lâmpada	17
7 Lâmpada de Vapor de Sódio	18
8 Lâmpada de LED STEALTH SERIES ST8	20
9 Fórmula do Pé direito	25
10 Dimensões do Galpão	30
11 Pé direito	30

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Iluminância por classe de tarefas visuais	10
2 Comparativo entre fontes de luz e sua eficácia luminosa	13
3 Comparativo entre algumas fontes de luz e seus índices de reprodução de cores	14
4 Especificações da lâmpada de vapor de sódio	18
5 Especificações Técnicas Lâmpada de LED	21
6 Refletâncias	26
7 Refletância (%) em relação á Constante de local (K)	26
8 Iluminâncias por atividade	27
9 Funcionamento mensal aproximado de uma Lâmpada	33
10 Comparativo de vida útil entre cada tecnologia	34
11 Troca de cada tecnologia através da vida útil	34
12 Custo da Lâmpada de LED ST8	34
13 Comparativo de consumo entre Lâmpada de Vapor de Sódio e a Lâmpada de LED .	35
14 Tarifa kwh Horo-Sazonal Azul A2	35
15 Custo do consumo mensal de cada tecnologia	35
16 Economia mensal	36
17 <i>Pay-Back</i>	36

1 INTRODUÇÃO

O estudo luminotécnico em uma empresa se faz importante, não apenas por ser um insumo de produção que impacta diretamente nos custos, mas pela condição ergonômica gerada por uma boa iluminação, que proporcione aos funcionários um ambiente de trabalho que possibilite uma visão agradável, o que permite o desenvolvimento de suas atividades em maiores esforços ocasionada pela má iluminação. Por consequência com a melhora no ambiente de trabalho, os funcionários sentem-se motivados o que resulta em melhor produtividade.

Atualmente uma das tecnologias utilizadas pelas empresas, no chão de fábrica, são as lâmpadas de vapor de sódio que tem como característica baixo consumo energia e alto fluxo luminoso, porém tem um índice de reprodução de cores baixo, e ainda contém em sua composição elementos químicos, nomeadamente mercúrio, que é altamente tóxico para o meio-ambiente. Com a nova tecnologia das lâmpadas LED, os resíduos gerados serão em quantidade menor devido sua maior vida útil, contribuindo também para a diminuição de resíduos tóxicos no meio ambiente.

1.1 Objetivo

Viabilidade econômica para substituição de lâmpadas de vapor de sódio por lâmpadas de LED.

1.2 Justificativa

A nova tecnologia com lâmpadas de LED é bastante atrativa, uma vez que normalmente tem uma melhor eficiência no consumo de energia elétrica, e também uma maior vida útil, o que diminui a manutenção na iluminação. As lâmpadas de LED apresentam um alto índice de reprodução de cor e ainda não poluem o meio ambiente como a lâmpada de vapor de sódio, motivando o estudo da viabilidade econômica desta substituição, já que as lâmpadas de LED tem um custo elevado.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Iluminação Geral – Conceitos

A luminotécnica consiste no estudo das técnicas de iluminação artificial aplicadas à ambientes internos e externos. Este estudo objetiva alcançar a otimização da iluminação, produzindo um sistema correto, sem defeitos e que estimule os sentidos através da exata distribuição da luz, integrando a artificial a natural. Leva-se em conta, também, as expectativas e desejos por conforto luminoso, qualidade, baixo custo e manutenção reduzida. Assim, é necessário, inicialmente, estudar alguns aspectos básicos, de acordo com Rodrigues (2002), utilizados para o cálculo luminotécnico:

- Fluxo Luminoso – Este conceito é a base para os estudos luminotécnicos. Ele representa a potência luminosa emitida por um tipo de lâmpada qualquer, por segundo, em todas as direções, na forma de luz. A unidade que expressa o fluxo luminoso é o lúmen (lm). Em uma analogia com a hidráulica, digamos que a ponta de uma mangueira (esguicho) seria uma fonte de luz, e a água que flui da mangueira para atmosfera, pode ser considerada como fluxo luminoso, conforme ilustrado na Figura 1.

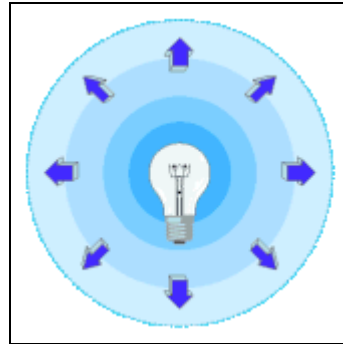


Figura 1 – Fluxo luminoso
Fonte: Gamboa, 2009.

- Iluminância – Por definição, pode-se afirmar que, iluminância é o fluxo luminoso (lúmen) incidente numa superfície por unidade de área (m^2). Sua unidade é o lux. Logo o lux representa a iluminância em uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide um fluxo luminoso de um lúmen, conforme Figura 2. Para facilitar o entendimento deste conceito sobre iluminância, pode-se afirmar que é a densidade de luz necessária para a realização de uma determinada atividade. Isto nos mostra que existe um valor ótimo de lux para quantificar um projeto de iluminação. Baseado em pesquisas realizadas com diferentes níveis de iluminação, os valores relativos à iluminância foram tabelados por tipo de atividade.

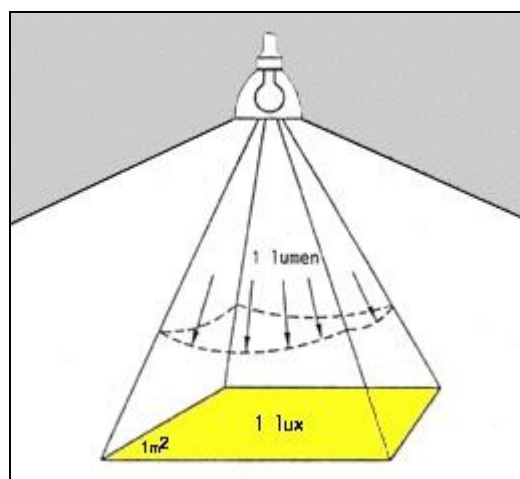


Figura 2 – Iluminância
Fonte: Gamboa, 2009.

Portanto, em um ambiente de trabalho deve-se ter um nível de iluminância adequado, que não prejudique e nem atrapalhe as atividades exercidas. Por isso, existem as normas da ABNT NBR 5382 para verificação de iluminância em interiores, e NBR 5413 que estabelece a quantidade de iluminância necessárias em diferentes atividades.

A NBR 5413 disponibiliza uma tabela de iluminância por classe de tarefas visuais, como por exemplo, industriais, descrevendo as atividades desenvolvidas. A tabela 1 tem os respectivos índices em cada classe de tarefa.

Tabela 1 - Iluminância por classe de tarefas visuais

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 – 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 - 75 – 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 – 200	Recintos não usados para trabalho contínuo, depósitos
	200 - 300 – 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 – 1.000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1.000 – 1.500 – 2.000	Tarefas com requisitos visuais especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2.000 – 3.000 – 5.000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5.000 – 7.500 – 10.000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10.000 – 15.000 – 20.000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Fonte: ABNT, 1992.

De acordo com a ABNT, para cada tipo de atividade temos os valores de iluminância em lux, divididos em valores mínimo, médio e máximo. O tipo de atividade a ser analisada será em uma Indústria de aviões, com as seguintes atividades:

- riscagem de chapas de alumínio,
- fabricação de gabaritos
- ou modelos de braçadeiras,
- parte da fuselagem,
- peças das asas etc.

Tais atividades descritas acima, se encontram dentro da classe B, de acordo com a tabela, porém tem sua faixa de iluminância um pouco diferente da tabela, mas prescrita na norma NBR 5413, que tem mínimo de 300lux, valor médio de 500lux e máximo de 750lux.

A norma que fixa o modo pelo qual se faz a verificação da iluminância de interiores de áreas retangulares, através da iluminância média sobre um plano horizontal, proveniente da iluminação geral é a NBR 5382 (verificação de iluminância de interiores).

Em um campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras (Figura 3) deverá ocorrer a verificação da seguinte forma:

-Fazer leituras nos lugares r1, r2, r3 e r4, para uma área típica central. Repetir nos locais r5, r6, r7 e r8. Calcular a média aritmética das oito medições. Este valor é R na equação 1.

- Fazer leituras nos lugares q1, q2, q3 e q4, em duas meias áreas típicas, em cada lado do recinto. Calcular a média aritmética das quatro leituras. Este valor é Q na equação 1.

- Fazer leituras nos quatro locais t1, t2, t3 e t4 e calcular a média aritmética. Este valor é T na equação 1.

- Fazer leituras nos dois lugares p1 e p2 em dois cantos típicos e calcular a média aritmética das duas leituras. Este valor é P na equação 1.

- Determinar a iluminância média na área, com a Equação 1.

$$\text{Iluminância média} = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P/NM}{NM} \dots\dots\dots(1)$$

Onde:

N = número de luminárias por fila

M = número de filas

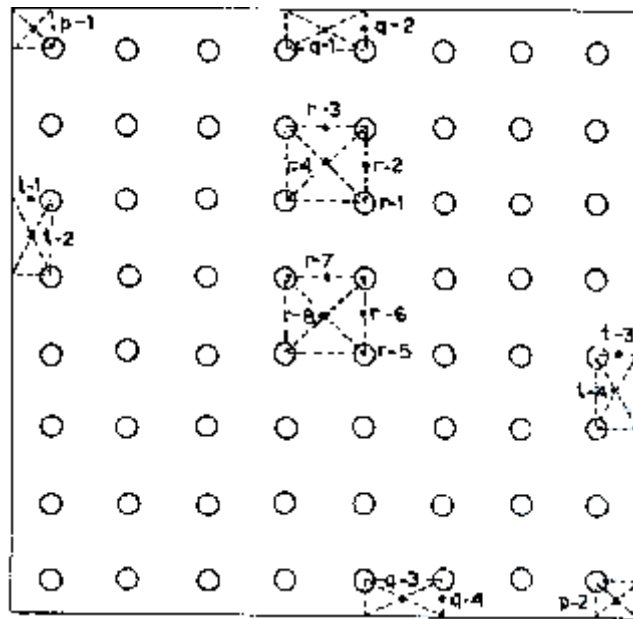


Figura 3 – Campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão retangular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras.

Fonte : ABNT NBR5382, 1985.

- Eficiência Luminosa – Pode-se dizer que a eficiência luminosa de uma fonte de luz é o quociente entre o fluxo luminoso emitido em lúmens, pela potência consumida em Watts. Em outras palavras, esta grandeza retrata a quantidade de “luz” que uma fonte luminosa produz a partir da potência elétrica de 1 Watt. Quanto maior o valor da eficiência luminosa de uma determinada lâmpada, maior será a quantidade de luz produzida com o mesmo consumo.

Dentro das lâmpadas comercialmente disponíveis no mercado nacional, pode-se classificá-las de acordo com sua eficiência luminosa, que é normalmente disponibilizada pelo fabricante. Por exemplo, a lâmpada de Vapor de Sódio, que tem elevada eficiência luminosa, ou seja, produz grande fluxo luminoso (lúmen) em relação à potência (Watt) consumida, uma característica atrativa para sua utilização em iluminação pública (MARCHESAN, 2007).

Hoje em dia, em alguns lugares, as Lâmpadas de Vapor de Sódio, vem sendo substituídas por luminárias de LED, que também oferecem alta eficiência luminosa, entre outros benefícios. A Tabela 2 mostra o comparativo entre as fontes luminosas e sua eficácia.

Tabela 2 - Comparativo entre fontes de luz e sua eficácia luminosa

Fonte Luminosa	Eficácia luminosa
Incandescente	10 – 15
Halógenas	15 – 25
Mista	20 – 35
Vapor de mercúrio	45 – 55
Fluorescente tubular	55 – 75
Fluorescente compacta	50 – 80
Vapor Metálico	65 – 90
Vapor de Sódio	80 – 140
LEDs	40 – 130

Fonte: Pinto, 2008.

- Índice de Reprodução de Cor (IRC) – É a medida correspondente entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma determinada fonte de luz. A luz artificial, como regra, deve permitir ao olho humano perceber as cores corretamente, ou o mais próximo possível da cor real do objeto. Lâmpadas com Índice de Reprodução de Cor de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão. Quanto mais próximo de 100% o índice, mais eficiente é a reprodução de cores. Segue, a Tabela 3, com o comparativo entre algumas fontes de luz e seus índices de reprodução de cores.

Tabela 3 - Comparativo entre algumas fontes de luz e seus índices de reprodução de cores

Fonte de Luz	IRC (%)
Incandescente	100
Halógenas	100
Fluorescente Compacta	80
Vapor metálico	70
Mista	50
Mercúrio	40
Sódio	25
LED Branco	70 - 90

Fonte: Rodrigues, 2002.

É importante saber que o IRC independe da temperatura de cor, por exemplo, a lâmpada de vapor de sódio e a halógena, apresentam temperatura de cor próxima, 2.000K e 2.900K (representados na Figura 5), no entanto os índices de reprodução de cores são bem diferentes, 25 e 100%, conforme mostrado na tabela 3. Embora a lâmpada de Vapor de Sódio possua um baixo índice, não diminui ou inviabiliza sua utilização em sistemas de iluminação.

Os índices variam conforme o tipo da luz e são indicados de acordo com o uso de cada ambiente. Por exemplo, em uma fábrica de tintas, não se deve usar uma lâmpada do tipo Vapor de Sódio, que apesar de consumir menos energia, possui um baixo IRC. De modo geral, os escritórios necessitam de uma boa reprodução de cor, não só para as tarefas visuais, mas também para a criação de um ambiente agradável, sendo dividido em níveis como mostrado na Figura 4.

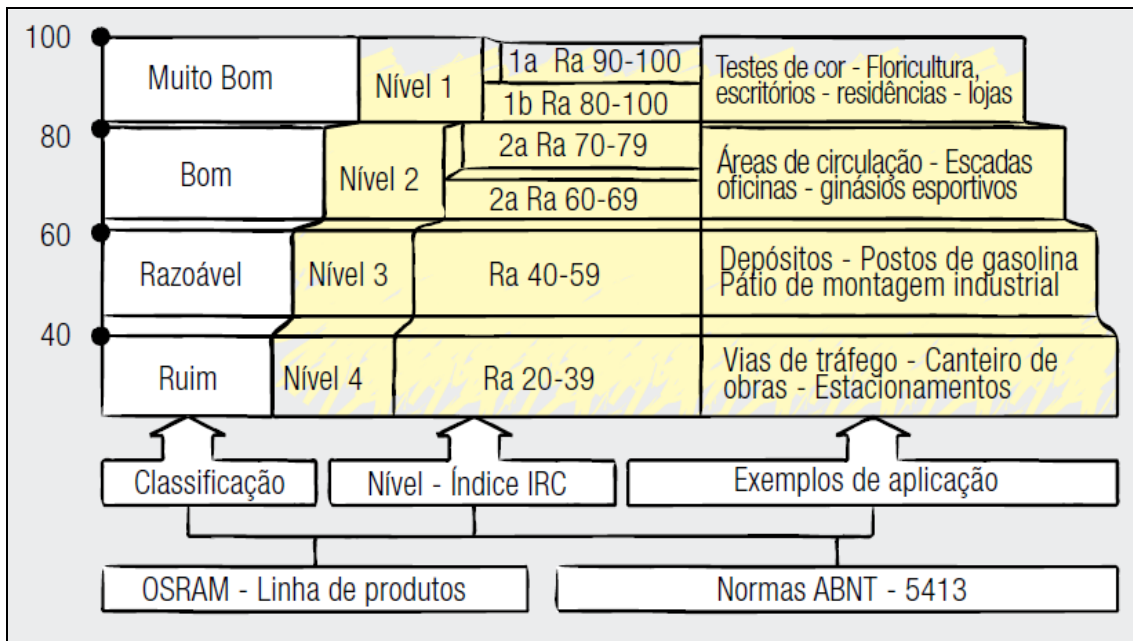


Figura 4 – Índice de reprodução de cores e exemplos de aplicação

Fonte: Osram, 2007.

- Temperatura de Cor – É a grandeza que expressa a aparência de cor da luz, sendo sua unidade o Kelvin. Quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. A “luz quente” é a que tem aparência amarelada e temperatura de cor baixa: 3.000 K ou menos. A “luz fria”, ao contrário, tem aparência azul-violeta, com temperatura de cor elevada: 6.000 K ou mais. A “luz branca natural” é aquela emitida pelo sol em céu aberto ao meio-dia, cuja temperatura de cor é 5.800 K, como podemos observar na Figura 5.

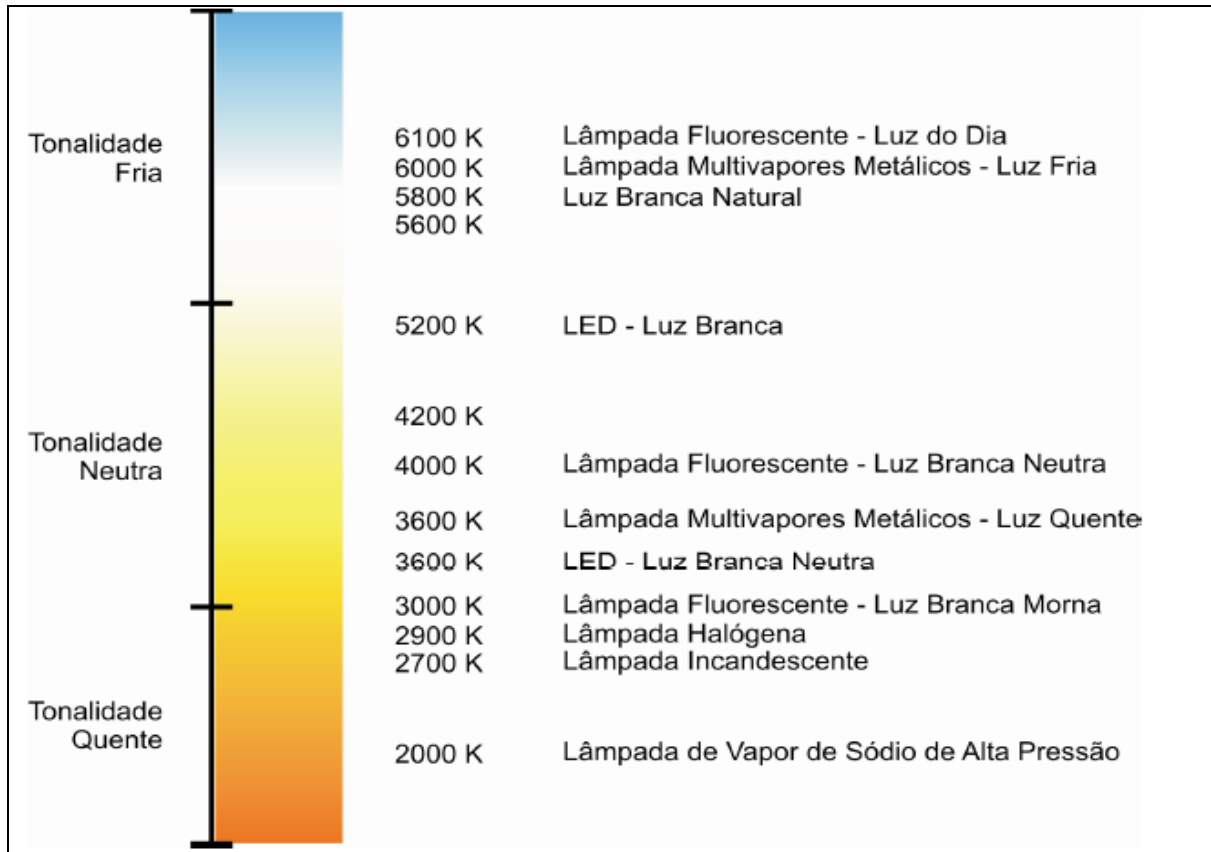


Figura 5 – Temperatura de cor de diferentes fontes de luz.

Fonte: Osram, 2007.

De acordo com o Manual de Luminotécnica da OSRAM, é importante escolher a lâmpada correta para cada tipo de ambiente, uma vez que, existe uma temperatura de cor mais adequada para cada aplicação. Um dos requisitos para o conforto visual é a utilização da iluminação para dar ao ambiente sensação de aconchego ou estímulo. Estes são possíveis quando combinado a tonalidade de cor correta da fonte de luz ao nível de iluminância pretendido, conforme Figura 6.

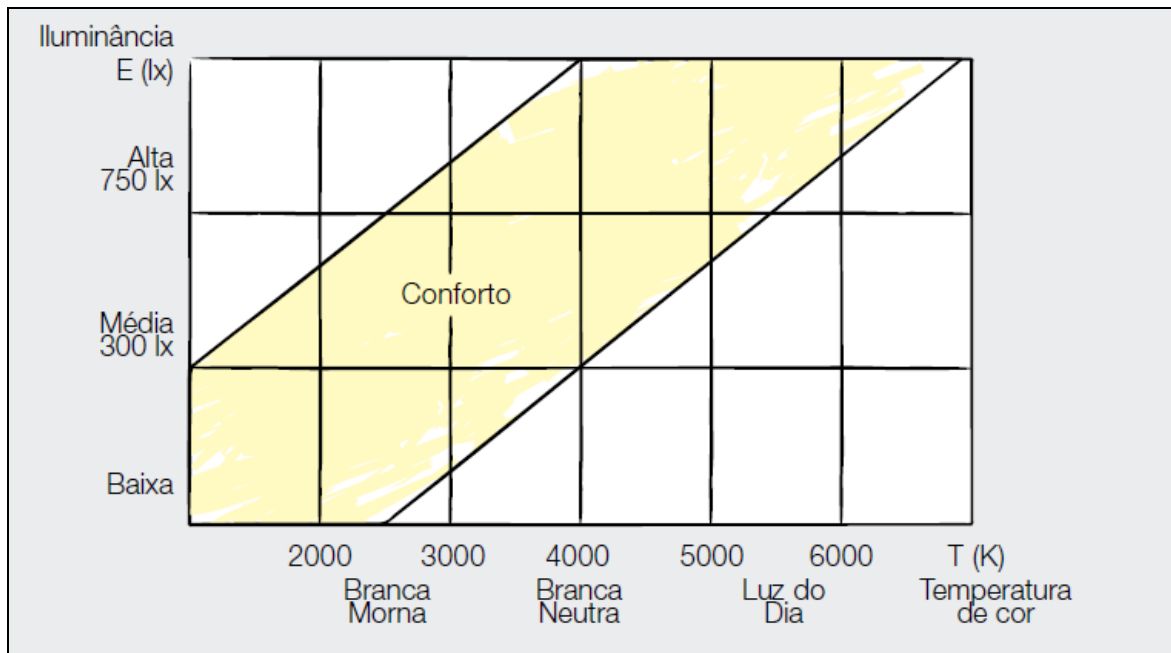


Figura 6 – Relação de conforto luminoso entre nível de Iluminância e tonalidade de cor da lâmpada.

Fonte: Osram, 2007.

Após definidos os conhecimentos luminotécnicos, é preciso identificar as características do ambiente (comprimento, largura, pé-direito e altura do plano de trabalho), além das cores e tipos de materiais empregados na construção, já que cada um apresenta um grau de reflexão (parte do fluxo luminoso que retorna ao ambiente) diferente, e que também deverão ser considerados no cálculo luminotécnico.

2.2 Lâmpada de Vapor de Sódio

As indústrias têm usado atualmente as lâmpadas de vapor de sódio de 400 Watts, conforme Figura 7, por dois motivos, grande eficiência luminosa, e longa vida útil.



Figura 7 – Lâmpada de Vapor de Sódio
 Fonte: Sylvania, 2005.

As especificações desta estão na Tabela 4, posteriormente, na Tabela 13 será somado a potência da lâmpada (400Watts), a potência do reator e ignitor (80Watts), que são necessários à este modelo de lâmpada.

Tabela 4 – Especificações da lâmpada de vapor de sódio

Potência (Watts)	Fluxo Lum. (Lúmens)	Rendimento lm/W	Temp. de Cor (Kelvin)	IRC (%)	Vida média (horas)
400	49.000	123	2.000	20	48.000

Fonte: Sylvania, 2005.

A lâmpada de Vapor de Sódio é uma das mais eficientes dentre as lâmpadas de descarga em alta pressão, e sua vida útil é superior à das lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Existem modelos que possuem alta eficácia luminosa (140 lm/W), e seu tempo médio de uso pode atingir até 48.000 horas. Para seu acionamento, também é necessário reator e ignitor específico. Tem como principal desvantagem o baixo índice de reprodução de cores, ou seja, os objetos iluminados com este tipo de fonte de luz não são vistos com sua cor real. Porém, para aplicações onde o fluxo luminoso necessário é alto, o consumo baixo e a reprodução fiel das cores não é tão importante, o uso deste tipo de lâmpada é aceitável. Além destas características, possui elevada vida útil que reduz os custos em um sistema de iluminação (PINTO, 2007).

2.3 Tecnologia LED

Nos 60, surgiram os Diodos Emissores de Luz (*Light Emitting Diode*) – LED – que é um dispositivo semicondutor. Tem como princípio de funcionamento a eletroluminescência, que emite luz através da combinação de elétrons e lacunas em um material sólido (SÁ JUNIOR, 2007).

Primeiramente, o LED era utilizado apenas para indicar se o equipamento estava ligado ou desligado. Através de pesquisas houve um aprimoramento deste, melhorando consideravelmente suas características, podendo ser aplicado na substituição, por exemplo, de lâmpadas residenciais (BULLOUGH, 2003). Já Cervi (2005), constatou maior eficácia luminosa e durabilidade em relação a lâmpadas fluorescentes.

O LED é um dispositivo de tamanho reduzido, apresenta índice de reprodução de cor de nível elevado e são sustentáveis, além de outros benefícios expostos pela Philips (2010) como:

- “- redução do custo de manutenção, pois sua vida útil é de até 45.000 horas;
- não contém substâncias perigosas, como o mercúrio;
- não gera calor, pelo fato de a luz não emitir UV e IV”

Os modelos de LEDs mais conhecidos utilizam AlGaInP (*Aluminium Gallium Indium Phosphide*), formado por alumínio, gálio, índio e fósforo, e InGaN (*Indium Gallium Nitride*), formado por índio, gálio e nitrito. O primeiro emite luz vermelha, laranja e amarela e o segundo as cores verdes e azuis (BULLOUGH, 2003).

Já a luz branca pode ser obtida de várias maneiras, como: a utilização de uma camada de fósforo na superfície de um LED azul, outra maneira, a luz azul quando atravessada pela camada de fósforo torna-se amarela. O que sobrou da luz azulada é misturado com a luz amarela gerando luz branca (CERVI, 2005; BULLOUGH, 2003).

Mediante as características das lâmpadas de vapor de sódio e as das lâmpadas de LED, a qual tem características bastante atrativas, que torna a análise da viabilidade, um tanto interessante, pois acumula muitos benefícios de acordo com Rodrigues (2002), pode ser chamado como um projeto de revitalização, que deve demonstrar melhoria significativa no sistema ao lado de um investimento próximo a realidade do negócio.

2.4 Lâmpada de LED

Este modelo de lâmpada de LED descrito a seguir, foi um dos melhores modelos encontrados no mercado nacional e internacional, que através de garantia pelo fabricante, torna-se possível a análise para que possa não apenas substituir a tecnologia existente, mas melhorar as condições existentes.

Este modelo de lâmpada (STEALTH SERIES ST8), conforme Figura 8, disponibilizada pela Revolight (2011), possui sistema projetor com 106 W de consumo total, alto brilho, grande fluxo luminoso e altíssima durabilidade, conforme Tabela 5. Ideal para indústrias, estradas, grandes pátios e quadras poliesportivas. Ideal para substituir luminária com lâmpada de vapor de sódio de 400 Watts.

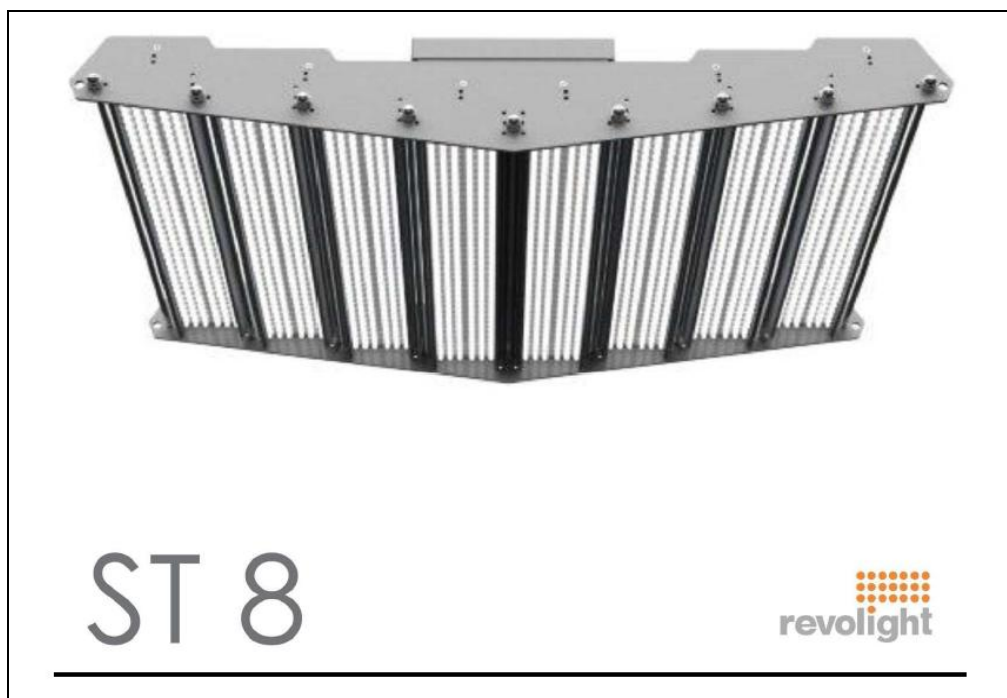


Figura 8 – Lâmpada de LED STEALTH SERIES ST8

Fonte: Revolight, 2011.

Características:

- “- a alimentação elétrica poderá ser de 110/220V AC 50/60Hz ou até 12/24/48V DC;
- expectativa de vida é de até 70.000h;
- não contém partes móveis, eliminando quebras ou trincas por efeito de vibrações;
- cada um dos módulos funciona independente dos outros. Em caso de dano a um ou outro módulo, os outros continuarão a funcionar normalmente;
- é reciclável e não possui mercúrio ou outras substâncias agressivas à natureza;
- sua elevada durabilidade reduz acentuadamente a deposição de materiais na natureza;
- não emite radiações ultravioletas ou infravermelhas. Não aquece, altera ou envelhece os objetos expostos à sua luz;
- por não emitir radiação infravermelha, não atrai a maioria dos insetos”. (REVOLIGHT, 2011)

Tabela 5 - Especificações Técnicas Lâmpada de LED

Potência (Watts)	Fluxo Lum. (Lúmens)	Rendimento lm/W	Temp. de Cor (Kelvin)	IRC (%)	Vida média (horas)
106	7.680	80	6.000	85	70.000

Fonte: Revolight, 2011.

2.5 Sustentabilidade em Iluminação

Sustentabilidade é a característica de um sistema que responde às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de responder às suas necessidades.

De acordo com Mattar (2007)

“... o consumo de 1,7 bilhões de pessoas no mundo - aqueles que podem ser considerados "consumidores" - é muito maior do que as suas reais necessidades e, com isso, chegou-se a um ponto no qual estamos comprometendo nossas próprias vidas. Em 2007, consumimos 25% a mais do que a Terra consegue renovar. E se toda a humanidade vier a consumir como os habitantes mais ricos do mundo, será preciso 4 planetas iguais ao nosso para suprir todo esse consumo”.

Pode-se investir em sustentabilidade de diferentes maneiras e obter benefícios de formas diversas. Mas o que seria mais importante: Economizar o máximo com insumos naturais ou investir em aumento de produtividade sustentavelmente? Segundo Vieira (2008), pesquisas indicam que em relação à custos em geral, 1% de ganho de produtividade é mais representativo do que 100% na redução do consumo de energia. A produtividade pode ser melhorada em 7% apenas pela adequação da iluminação.

“De encontro com a postura de sustentabilidade, a busca por soluções de gestão social, ambiental e econômica deve condizer com a comunidade em que se insere e com o uso racional dos insumos. Por isso, no desenvolvimento de um projeto sustentável, a utilização consciente da luz remete tanto a uso racional da energia, quanto a conforto e qualidade de vida” (VIEIRA, 2008).

2.5.1 Descarte das lâmpadas

Salienta-se, também, a importância correta do descarte das lâmpadas, pois numa época onde se fala muito no impacto do meio ambiente é muito importante que todos se conscientizem de como vamos proceder diante desta situação.

“Nas grandes indústrias, edifícios comerciais de grande porte onde a troca de lâmpada é muito grande, o descarte das mesmas se torna um item preocupante em defesa da natureza. Os tipos de lâmpadas, onde e como descartá-las após sua troca é pertinente quando se pensa em sustentabilidade, visando a redução na geração de resíduos”. (FRACCHETTA, 2010).

2.5.1.1 Descarte das lâmpadas de vapor de sódio

A lâmpada de vapor de sódio, composta por metal de sódio (Na) misturado ao mercúrio (Hg) e encapsulada com gás Xenônio, é uma das que apresenta maior rendimento e é muito utilizada tanto em vias públicas quanto indústrias. O processo de descarte é iniciado pela descontaminação da lâmpada. Empresas especializadas executam este serviço fazendo o corte da lâmpada e recolhendo os gases através de um processo automatizado que deixa o tubo de vidro descontaminado no final do processo, permitindo a reutilização do vidro de forma a ser processado novamente, e os gases ficam retidos podendo ser reutilizados. Por isso, se as lâmpadas se quebram estes gases vazam para o meio ambiente, conforme Fracchetta (2010).

2.5.1.2 Descarte das lâmpadas de LED

O descarte da lâmpada de LED é mais amigável ao meio ambiente, pois esta tecnologia não contém metais pesados (chumbo, manganês, mercúrio, antimônio, bário etc.), nem gases tóxicos em sua composição como as lâmpadas de vapor de sódio.

LED é considerada uma lâmpada ecologicamente correta, pois a “emissão de CO₂ durante o ciclo de manufatura e vida de uma lâmpada LED é muito menor do que de lâmpadas de descarga. Quando uma empresa certifica-se na ISO-14001, ela se compromete a gerir os resíduos gerados, logo, o descarte de lâmpadas tem um ônus que normalmente não é computado em seus gastos fixos. Quando opta por iluminação LED, os custos de descarte são similares aos de circuitos impressos, com uma redução significativa”(FRACCHETTA, 2010).

2.6 Pay-back

Para que seja feita uma análise econômica, é necessário saber o significado de *pay-back*, que pode ser definido como o tempo (mensal ou anual) que será necessário para a recuperação do investimento total inicial (GITMAN, 1997).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Será utilizado uma trena, um luxímetro, prancheta, lápis, papel e calculadora.

3.2 Métodos

Utilizaremos a prancheta, o papel, lápis e a trena, para anotar as dimensões básicas do galpão necessárias para o cálculo luminotécnico, o luxímetro será utilizado para medir o grau iluminação em lúmens na área produtiva.

Para o cálculo luminotécnico, será utilizado o manual da PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), conforme Rodrigues (2002).

Definir:

- Dimensões do ambiente;
- Pé direito;
- Altura do plano de trabalho;
- Altura de suspensão da luminária;
- Refletâncias do teto, parede e piso;
- Tipo de luminária a ser utilizada;
- Iluminância necessária no ambiente segundo NBR5413.

1 - Índice do local (K)

$$K = C \times L / h \times (C + L) \dots \dots \dots (2)$$

Onde:

C – Comprimento do ambiente

L – Largura do ambiente

h – Altura de montagem (pé direito - altura do plano de trabalho - altura de suspensão da luminária), exemplificado na Figura 9.

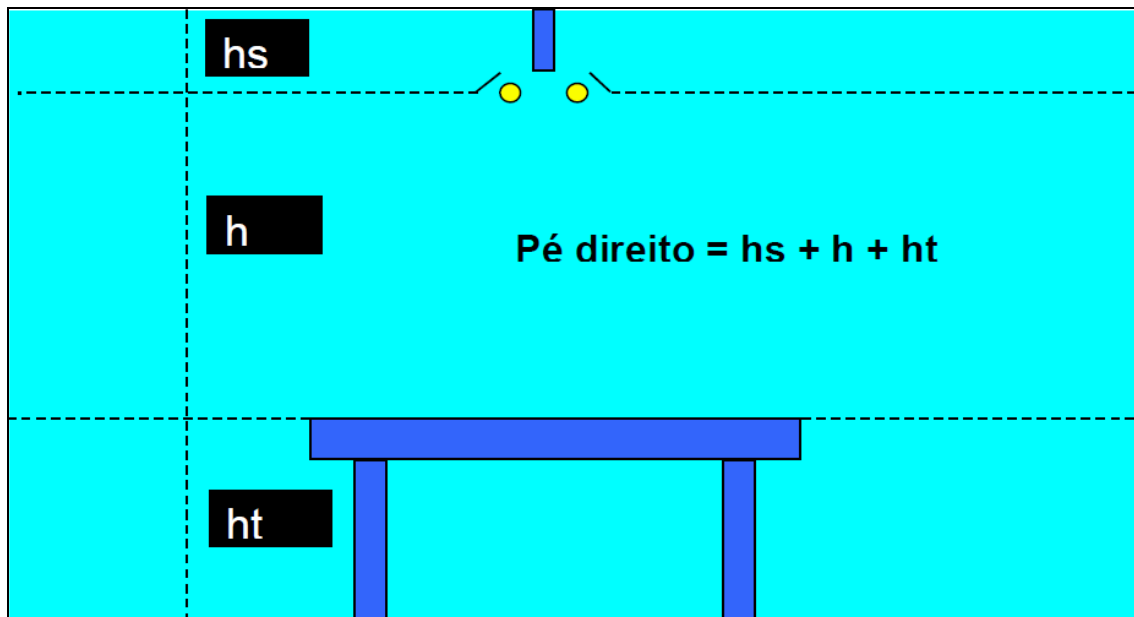


Figura 9 – Fórmula do Pé direito

Fonte: Rodrigues, 2002.

2 - Fator de Utilização (U)

Para escolher o fator de utilização mais adequado, faz-se necessário conhecer as refletâncias do teto, paredes e piso, através das Tabelas 6 e 7; além do índice do local (K), calculado no item 1.

Tabela 6 – Refletâncias

Superfície	Refletância (%)
Muito clara	70
Clara	50
Média	30
Escura	10
Preta	0

Fonte: Rodrigues, 2002.

Tabela 7 – Refletância (%) em relação á Constante de local (K)

Teto (%)	70			50			30		
Parede (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
Piso (%)	10			10			10		
K	Fator de Utilização - (x 0,01)								
0,60	40	35	32	40	35	32	35	32	30
0,80	48	43	39	47	42	39	42	39	37
1,00	53	49	45	52	48	45	48	45	43
1,25	58	54	51	57	53	50	53	50	48
1,50	62	58	55	61	57	54	56	54	52
2,00	67	64	61	66	63	61	62	60	58
2,50	70	68	65	69	66	64	65	64	62
3,00	72	70	68	71	69	67	68	66	64
4,00	75	73	71	73	72	70	70	69	67
5,00	76	74	73	75	73	72	72	71	69

Fonte: Rodrigues, 2002.

3 - Fator de Perdas Luminosas

As perdas luminosas consideram o acúmulo de poeira nas luminárias e a depreciação das lâmpadas.

Limpo = 0,80

Médio = 0,70

Sujo = 0,60

4 - Níveis de Iluminância recomendados pela NBR5413

A Tabela 8 mostra alguns exemplos de iluminâncias recomendadas para diversas atividades.

Tabela 8 - Iluminâncias por atividade

Atividade	E (mínima)	E (média)	E (máxima)
Atividade não contínua como circulação, sanitário, depósito, saguão, sala de espera, etc.	100 lux	150 lux	200 lux
Atividade simplificada com requisitos visuais limitados como: sala de controle, sala de aula, arquivo, etc.	200 lux	300 lux	500lux
Atividade realizada continuamente como requisitos visuais normais, tais como escritórios, bancos e lojas, etc.	300 lux	500 lux	750 lux
Atividade onde se exige visualização de detalhes como exposição em vitrine, etc.	750 lux	1.000 lux	1.500 lux

Fonte: Rodrigues, 2002.

5 - Cálculo da Quantidade de Luminárias

$$N = (E.C.L) / (n.f.U.Fpl) \dots \dots \dots (3)$$

Onde:

E = Iluminância (item 4)

C = Comprimento do ambiente

L = Largura do ambiente

n = Quantidade de lâmpadas por luminária

f = Fluxo luminoso da lâmpada (ver tabela de fabricante)

U = Fator de utilização (item 2)

F_{pl} = Fator de perdas luminosas (item 3)

6 - Cálculo da Iluminância Média

Dependendo da distribuição definida no item anterior, a quantidade de luminárias pode ser alterada, sendo necessário calcular a iluminância média.

$$E = (N.n.f.U.F_{pl}) / C.L.....(4)$$

3.3 Estudo de Caso

O estudo descrito a seguir (é o estado atual, sob o qual será proposta a substituição de tecnologia de lâmpada existente) foi realizado em um galpão industrial, onde são desenvolvidas atividades de montagens estruturais aeronáuticas, o que justifica um Pé direito alto, para permitir a movimentação de grandes conjuntos, com o auxílio de ponte-rolante.

Serão descritos também os indicadores econômicos.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Situação atual

A situação atual se refere aos dados mostrados a seguir.

1 - Dimensões do ambiente para calcular o Índice de Local (K), conforme Figura 10:

Largura = 50m

Comprimento = 100m

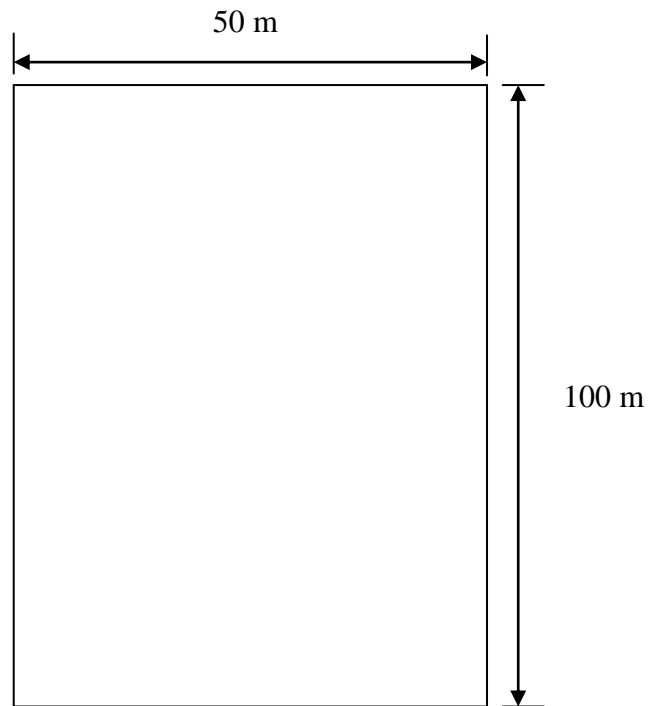


Figura 10 - Dimensões do Galpão

Fonte: Dados da Pesquisa.

- Pé direito (a altura da fonte luminosa até a região onde será desenvolvida a atividade), conforme Figura 11:

$h=11\text{m}$

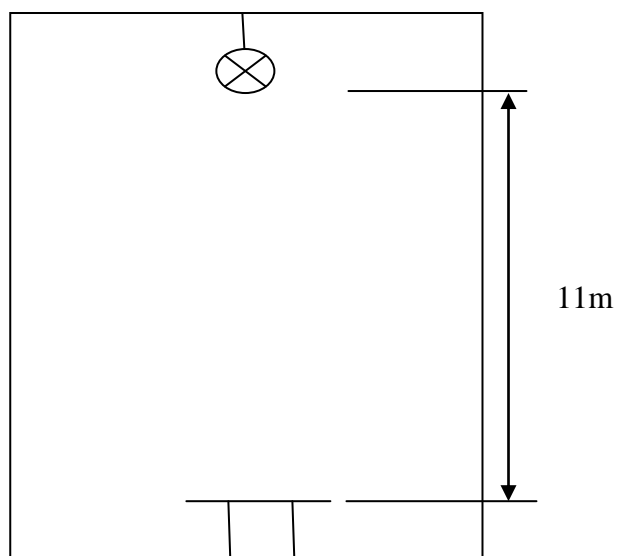


Figura 11 – Pé direito

Fonte: Dados da Pesquisa.

$$K = C \times L / h \times (C + L) \dots \dots \dots (2)$$

$$K = 100 \times 50 / 11 \times (100 + 50)$$

$$K = 5000 / 11 \times 150$$

$$K = 5000 / 1650$$

$$K = 3,03$$

$$K = 3$$

2 - Refletâncias do teto, parede e piso conforme o local analisado, para obter o Fator de Utilização em relação ao índice de local (K), conforme Tabela 7:

Teto com refletância Escura = 0%

Paredes com refletância Escura = 0%

Piso com refletância Escura = 0%

$$K = 3$$

Tabela 7 – Refletância (%) em relação á Constante de local (K)

Teto (%)	70			50			30			
Parede (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0	
Piso (%)	10			10			10			
K	Fator de Utilização - (x 0,01)									
0,60	40	35	32	40	35	32	35	32	30	
0,80	48	43	39	47	42	39	42	39	37	
1,00	53	49	45	52	48	45	48	45	43	
1,25	58	54	51	57	53	50	53	50	48	
1,50	62	58	55	61	57	54	56	54	52	
2,00	67	64	61	66	63	61	62	60	58	
2,50	70	68	65	69	66	64	65	64	62	
3,00	72	70	68	71	69	67	68	66	64	
4,00	75	73	71	73	72	70	70	69	67	
5,00	76	74	73	75	73	72	72	71	69	

Fonte: Rodrigues (2002).

Logo o Fator de Iluminação a ser utilizado, é $U = 0,64$.

3 - Fator da perda luminosa, considera o acúmulo de poeira nas luminárias e a depreciação das lâmpadas:

Logo o Fator de Perda Luminosa (será considerado como um local sujo), é $F_{pl} = 0,60$

4 - Iluminância necessária no ambiente segundo NBR5413, conforme o tipo de atividade:

O tipo de atividade a ser analisada será em uma Indústria de aviões, com as seguintes atividades:

- riscagem de chapas de alumínio,
- fabricação de gabaritos
- ou modelos de braçadeiras,
- parte da fuselagem,
- peças das asas etc. 300 - 500 – 750 lux

5 - Cálculo da Quantidade de Luminárias

$$N = (E.C.L) / (n.f.U.F_{pl}) \dots\dots\dots(3)$$

Como o sistema já existe, e apresenta 200 luminárias, vejamos no próximo item o cálculo para mostrar a quantidade de lux existente.

6 - Cálculo da Iluminância média

$$E = (N.n.f.U.F_{pl}) / C.L \dots\dots\dots(4)$$

Onde:

E = Iluminância

C = Comprimento do ambiente

L = Largura do ambiente

n = Quantidade de lâmpadas por luminária

f = Fluxo luminoso da lâmpada (ver tabela de fabricante)

U = Fator de utilização (item 2)

Fpl = Fator de perdas luminosas (item 3)

N = Quantidade de luminárias

$$E = (N.n.f.U.Fpl) / C.L \dots\dots\dots(4)$$

$$E = (200.49000.0,64.0,60) / (100.50)$$

$$E = 752,64 \text{ lux}$$

4.2 Situação proposta

Será proposto um novo Sistema de iluminação, com a tecnologia LED, para substituir o Sistema de iluminação atual. Conforme garantia do fabricante Revolight (2011), apêndice 1, pode ser substituída uma lâmpada de vapor de sódio de 400W, pelo modelo de lâmpada ST8 que além de manter as condições atuais, trará vários benefícios com a mudança, como redução no consumo, melhor Índice de Reprodução de Cor e custos com manutenção menor.

4.3 Análise econômica

Uma lâmpada da situação atual funciona 20h por dia, e 22 dias por mês, conforme Tabela 9:

Tabela 9 – Funcionamento mensal aproximado de uma Lâmpada

Funcionamento Diário (h)	Funcionamento mensal (h)
20	440

Fonte: Dados da Pesquisa.

Logo é importante analisar o tempo de manutenção de cada tecnologia baseado em sua expectativa de vida útil, conforme dados do fabricante, mostrado na Tabela 10:

Tabela 10 – Comparativo de vida útil entre cada tecnologia

	Lâmpada de LED	Lâmpada de Vapor de Sódio
Vida útil (h)	70.000	48.000

Fonte: Dados da Pesquisa.

Com a vida útil superior, pode-se verificar que, o tempo de manutenção irá diminuir com a nova tecnologia, ou seja, a substituição de uma lâmpada de LED será realizada após 50 meses da troca de uma de Vapor de Sódio, conforme Tabela 11:

Tabela 11 – Troca de cada tecnologia através da vida útil

	Lâmpada de LED	Lâmpada de Vapor de Sódio
Uso mensal (h)		440
Troca (meses)	159	109

Fonte: Dados da Pesquisa.

Para implantar o novo sistema, temos que calcular o custo de implantação da nova tecnologia. Será necessário apenas a aquisição das lâmpadas, conforme Tabela 12:

Tabela 12 – Custo da Lâmpada de LED ST8

Tipo	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
ST 8	200	2.219,00	443.800,00

Fonte: Revolight, 2011.

O consumo passa a ser um fator importante a ser analisado, já que o sistema ficará grande parte do dia ligado, conforme Tabela 13:

Tabela 13 – Comparativo de consumo entre Lâmpada de Vapor de Sódio e a Lâmpada de LED

Tipo de Lâmpada	Lâmpada de Vapor de Sódio	Lâmpada de LED
Quantidade de lâmpadas	200	200
Consumo Unitário (Watts)	480	106
Consumo Diário (20h)	1.920.000	424.000
Consumo semanal (5 d)	9.600.000	2.120.000
Consumo mensal (22 d)	211.200.000	9.328.000

Fonte: Dados da Pesquisa.

Através desta estimativa de consumo a empresa faz um contrato com a concessionária de distribuição de energia, assim pagando um valor diferenciado, conforme Tabela 14:

Tabela 14 – Tarifa kwh Horo-Sazonal Verde A4

Estrutura Horo-Sazonal	Demanda R\$/ kW	Consumo R\$/ MWh		Ultrapassagem R\$/ kW
		Ponta	Fora de Ponta	
VERDE	6,89	920,27	175,44	13,78

Fonte: Cpfl, 2011.

Através destes valores, e analisando os horários em que o sistema é utilizado (ponta e fora de ponta) e sua demanda (o consumo total do sistema por hora), podemos calcular o custo do consumo de cada tecnologia em um mês, conforme Tabela 15:

Para o sistema atual, é necessário realizar um contrato de demanda de 120 kWh, pois seu consumo é de 96.000 Watts/h, somado a uma margem de segurança necessária, para que não seja pago o valor da ultrapassagem que eleva consideravelmente o valor do kW, podemos calcular o custo da demanda:

Custo da demanda (R\$) = consumo (1 h) X tarifa da demanda

Custo da demanda (R\$) = 120 X 6,89

Custo da demanda (R\$) = 826,80

Este sistema funciona 20 h por dia, das quais 3 h são consideradas como consumo de Ponta (horário estabelecido entre as 17 e 22 h, conforme a concessionária), e as 17 h restantes são consideradas como consumo Fora de Ponta, conforme cálculo a seguir:

Custo do consumo de Ponta (R\$) = 3 h X 96 kWh X 22 d X 0,92 (tarifa do consumo de Ponta)

Custo do consumo de Ponta (R\$) = 5.829,12

Custo do consumo Fora de Ponta (R\$) = 17 h X 96 kWh X 22 d X 0,175 (tarifa de consumo Fora de Ponta)

Custo do consumo Fora de Ponta (R\$) = 6.283,20

Logo podemos calcular o custo total do consumo mensal do sistema atual:

Custo total do consumo mensal (R\$) = custo da demanda + custo do consumo de Ponta + custo do consumo Fora de Ponta

Custo total do consumo mensal (R\$) = 12.939,12

Para o sistema futuro, poderemos reduzir o contrato de demanda para 25 kWh, pois o consumo do sistema proposto será de 21.200 kWh, somado também a uma faixa de segurança, logo o custo da demanda passaria a ser:

Custo da demanda (R\$) = consumo (1 h) X tarifa da demanda

$$\text{Custo da demanda (R\$)} = 25 \times 6,89$$

$$\text{Custo da demanda (R\$)} = 172,25$$

Podemos considerar o mesmo funcionamento do sistema atual para calcular o custo do consumo, conforme cálculo a seguir:

Custo do consumo de Ponta (R\$) = 3 h X 21,2 kWh X 22 d X 0,92 (tarifa do consumo de Ponta)

$$\text{Custo do consumo de Ponta (R\$)} = 1.287,26$$

Custo do consumo Fora de Ponta (R\$) = 17 h X 21,2 kWh X 22 d X 0,175 (tarifa de consumo Fora de Ponta)

$$\text{Custo do consumo Fora de Ponta (R\$)} = 1.387,54$$

Logo podemos calcular o custo total do consumo mensal do sistema atual:

Custo total do consumo mensal (R\$) = custo da demanda + custo do consumo de Ponta + custo do consumo Fora de Ponta

$$\text{Custo total do consumo mensal (R\$)} = 2.847,05$$

Logo, temos o custo do consumo de cada tecnologia apresentado na tabela 15.

Tabela 15 – Custo do consumo mensal de cada tecnologia

Custo do consumo da Tecnologia Atual (R\$)	Custo do consumo da Tecnologia LED (R\$)
12.939,12	2.847,05

Fonte: Dados da Pesquisa.

Através desta redução de custo no consumo apresentado na Tabela 15, pode-se calcular a economia mensal com a implantação desta tecnologia, conforme tabela 16.

Tabela 16 – Economia mensal

Economia mensal (R\$)

10.092,07

Fonte: Dados da Pesquisa.

Com o dado apresentado acima, a economia mensal, e do custo da lâmpada de LED sugerida para a substituição, podemos calcular o *Pay-Back*, que é o retorno do valor feito no investimento, apresentado na Tabela 17, sem considerar os custos de manutenção da tecnologia atual, e sem a redução nos custos de instalações, que serão utilizadas nas condições atuais.

Tabela 17 – *Pay-Back*

Economia Mensal (R\$)	Valor da aquisição do LED (R\$)	<i>Pay-Back</i> (meses)
10.092,07	443.800,00	43,97

Fonte: Dados da Pesquisa.

Através do *Pay-Back*, pode-se definir a viabilidade financeira, além de outros benefícios gerados com a implantação da nova tecnologia, que serão apresentados nas conclusões.

5 CONCLUSÕES

A implantação da nova tecnologia é viável, embora apresente um *Pay-Back* de 3 anos e 8 meses que é considerado um período de retorno de médio a longo prazo, apresenta benefícios em sustentabilidade e em ganhos indiretos, representados a seguir:

- o índice de reprodução de cores passará de 20 para 85%, o que aumentará a acuidade e o conforto visual, já que as atividades neste galpão desenvolvidas são de longa duração;
- diminuirá a quantidade de refugos e retrabalhos (lembrando que o valor agregado a estes produtos são altíssimos), melhorando os índices de produtividade;
- ganhos em ergonomia, assim apresentará melhoria no desenvolvimento das atividades dos funcionários;
- reduzirá os custos de manutenção, pois a troca de lâmpadas de LED seria feita em 50 meses após a troca da lâmpada de vapor de sódio;
- diminuirá a geração de resíduos, favorecendo a sustentabilidade Ambiental;
- o consumo mensal de energia elétrica será reduzido em 73,5%, apresentando uma economia mensal de R\$10.092,07;

Para o cálculo do *Pay-Back* foi utilizado apenas à economia mensal, porém se fosse possível quantificar estes outros ganhos aqui representados, o mesmo seria reduzido consideravelmente.

Possivelmente em um futuro próximo, com os melhoramentos e redução nos custos das lâmpadas de LED, o valor do investimento tende a ser reduzido, o que também reduzirá o *Pay-Back*.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5382: Verificação de Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 5413: Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 2002.

BULLOUGH, J. D. **Lighting answers: LED Lighting Systems**. National Lighting Product Information Program, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute. Vol. 7, p. 3, 2003.

CERVI, M. et al. **A semiconductor lighting system controlled through a LIN network to automotive application**. In: Conference Records of Industry Applications Society Annual Meeting, v. 3, p. 1603-1608, 2005.

CPFL, **Taxas e Tarifas: Preços de tarifas de energia elétrica praticadas na CPFL PAULISTA**. Disponível em:

<<http://www.cpfl.com.br/informaccedilotildees/taxasetarifas/tabid/206/default.aspx>>. Acesso em: 25 jun. 2011.

FRACCHETTA, A. **Cuidados no descarte de lâmpadas queimadas: fluorescente x incandescente x led**; IBDA – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. Disponível em <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/ibda.php>>. Acesso em: 24 jun. 2011.

GAMBOA, C. **Manual de Ergonomia: Sistemas de Iluminação**. 2009. 38 p.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 7. ed. São Paulo: Harbra, 1997.

MARCHESAN, T. B. **Integração de conversores estáticos aplicados a sistemas de iluminação pública**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MATTAR, H. **Planeta Sustentável: A escolha nossa de cada dia**. p 06/2007. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/sustentabilidade/conteudo_235908.shtml>. Acesso em: 24 jun. 2011.

OSRAM, 2007. **Iluminação: Conceitos e Projeto**. Disponível em: <<http://www.osram.com.br>>. Acesso em: 12 jun. 2011.

PHILIPS – SPOT- **Serviço Philips de Orientação Técnica**. Maio, 2010. Disponível em: <<http://www.philips.com.br>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

PINTO, R. A. et al. **Power control of HPS lamps in a public lighting system with remote management**. In: 9º Congresso Brasileiro de Eletrônica de Potência, 2007, p. 227-232.

PINTO, R. A. **Projeto e implementação de lâmpadas para iluminação de interiores empregando diodos emissores de luz (LEDS)**. 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

REVOLIGHT, **Iluminando o futuro: STEALTH SERIES ST8**. Disponível em: <www.revolight.com.br>. Acesso em: 20 mai. 2011.

RODRIGUES, P. **Manual de iluminação eficiente**. PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, 1º edição, 2002.

SÁ JUNIOR, E. M. **Design of an electronic driver for LEDs**. In: 9º Congresso Brasileiro de Eletrônica de Potência, 2007, p. 341-345.

SYLVANIA – HID – **Lâmpadas de alta intensidade de descarga**. Março, 2005. Disponível em: <<http://www.sylvania.com.br>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

VIEIRA, E. E. **Iluminação Sustentável, Comunicação Empresarial**: Mídia especializada. Disponível em <<http://abc-estrutura-metalica.blogspot.com>>. Acesso em: 24 jun. 2011.

ANEXO

REVOLIGHT, **Iluminando o futuro:** STEALTH SERIES ST8. Disponível em: <www.revolight.com.br>. Acesso em: 20 mai. 2011.

ANEXO

ANEXO Revolight ST8



Iluminando o futuro
www.revolight.com.br



ST8

O Sistema de Iluminação ST8 tem 106 watts de consumo, alto brilho, alto fluxo luminoso, altíssima durabilidade e baixo consumo de energia. Ideal para galpões, grandes lojas, pátios e estacionamentos. Ideal para substituir luminárias que usam lâmpadas vapor de sódio e mercúrio de 400 watts.

Fácil instalação e alimentação direta,
 dispensando transformadores e reatores.

Versatilidade, economia e muita luz...

O Sistema LED Stealth é ideal para aplicações que necessitam de grande fluxo luminoso. Seus módulos de iluminação são ajustáveis, permitindo a projeção ideal da luminosidade. Possui corpo todo em alumínio com lentes em policarbonato. Led Stealth agrega um baixo consumo de energia a um grande fluxo luminoso e também um tamanho compacto com baixa emissão de calor.



Botucatu, ____ de _____ de 2011.

André Luis dos Santos Camaliente

De Acordo:

Prof. Clayton Alexandre Pereira

Prof. Esp. Adolfo Alexandre Vernini
Coordenador do Curso de Produção Industrial