

# Manual de Iluminação



*Agosto/2011*

**ELETOBRAS**

Av. Presidente Vargas, 409 – 13º andar  
Centro – Rio de Janeiro – 20071-003  
Caixa Postal 1639 – Tel: 21 2514 5151  
[www.eletobras.com](http://www.eletobras.com)

**PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**

Av. Rio Branco, 53 – 14º, 15º, 19º e 20º andares  
Centro – Rio de Janeiro – 20090-004  
[www.eletobras.com/procel](http://www.eletobras.com/procel)  
[procel@eletobras.com](mailto:procel@eletobras.com)

**PROCEL EDIFICA - Eficiência Energética em Edificações**

Av. Rio Branco, 53 – 15º andar  
Centro – Rio de Janeiro – 20090-004  
[www.eletobras.com/procel](http://www.eletobras.com/procel)  
[procel@eletobras.com](mailto:procel@eletobras.com)  
Fax: 21 2514 5767

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS - É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio. A violação dos direitos de autor (Lei no. 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

## **ELETOBRAS**

---

Presidência

**José da Costa Carvalho Neto**

Diretor de Transmissão

**José Antônio Muniz Lopes**

Secretário Executivo do Procel

**Ubirajara Rocha Meira**

Departamento de Projetos de Eficiência Energética

**Fernando Pinto Dias Perrone**

Divisão de Eficiência Energética em Edificações

**Maria Teresa Marques da Silveira**

---

### **Equipe Técnica**

---

ELETOBRAS PROCEL

#### **Divisão de Eficiência Energética em Edificações**

Clovis Jose da Silva

Edison Alves Portela Junior

Elisete Alvarenga da Cunha

Estefânia Neiva de Mello

Frederico Guilherme Cardoso Souto Maior de Castro

Joao Queiroz Krause

Lucas de Albuquerque Pessoa Ferreira

Lucas Mortimer Macedo

Luciana Campos Batista

Mariana dos Santos Oliveira

Vinicius Ribeiro Cardoso

#### **Diagramação / Programação Visual**

Anne Kelly Senhor Costa

Aline Gouvea Soares

Kelli Cristine V. Mondaini

ELETOBRAS CEPEL

#### **Coordenação**

João Carlos Rodrigues Aguiar

#### **Autores**

Ana Cristina Braga Maia

Paulo Ricardo Villar

Tyrone Dias de Oliveira

Viviane Almeida

#### **Revisão**

Rebeca Obadia Pontes



# Sumário

<b>1 CONCEITOS E TERMOS FUNDAMENTAIS DE ILUMINAÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2 TECNOLOGIAS APLICADAS EM ILUMINAÇÃO.....</b>	<b>21</b>
2.1 LÂMPADAS.....	21
2.2 EQUIPAMENTOS AUXILIARES UTILIZADOS EM ILUMINAÇÃO .....	26
2.3 TIPOS DE LUMINÁRIAS .....	28
2.3.1 FECHADAS (LÂMPADAS FLUORESCENTES) .....	29
2.3.2 ABERTAS .....	29
2.3.3 SPOTS.....	30
2.3.4 PROJETORES .....	30
<b>3 PROJETO DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE DE INTERIORES .....</b>	<b>31</b>
3.1 ETAPAS DE PROJETOS DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE DE INTERIORES .....	31
3.1.1 DETERMINAÇÃO DOS OBJETIVOS DA ILUMINAÇÃO E DOS EFEITOS QUE SE PRETENDE ALCANÇAR .....	31
3.1.2 APURAÇÃO DE DADOS PERTINENTES AO AMBIENTE.....	32
3.1.3 ANÁLISE DOS FATORES DE INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO.....	34
3.1.4 CÁLCULO DA ILUMINAÇÃO GERAL .....	37
3.1.5 ADEQUAÇÃO DOS RESULTADOS AO PROJETO .....	39
3.1.6 CÁLCULO DA ILUMINÂNCIA MÉDIA.....	39
3.1.7 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE ILUMINAÇÃO.....	40
3.1.8 AVALIAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO .....	40
3.2 EXEMPLO DE CÁLCULO DE PROJETO DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE DE INTERIORES.....	41

<b>4 SELOS QUE GARANTEM EFICIÊNCIA .....</b>	<b>43</b>
<b>5 PLANILHA PARA PROJETOS DE ILUMINAÇÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>6 CUIDADOS ESPECIAIS.....</b>	<b>47</b>
<b>6.1 DESTINO DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES .....</b>	<b>47</b>
<b>6.1.1 FABRICAÇÃO DE LÂMPADAS COM MERCÚRIO.....</b>	<b>47</b>
<b>6.1.2 TRANSPORTE DE LÂMPADAS COM MERCÚRIO .....</b>	<b>49</b>
<b>6.1.3 ACONDICIONAMENTO DE LÂMPADAS COM MERCÚRIO.....</b>	<b>50</b>
<b>6.1.4 RECOLHIMENTO E ARMAZENAGEM PÓS-COLETA DE LÂMPADAS COM MERCÚRIO</b>	<b>50</b>
<b>6.2 RECICLAGEM .....</b>	<b>50</b>
<b>6.3 DESTINAÇÃO .....</b>	<b>52</b>
<b>7 BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>53</b>
<b>8 SITES .....</b>	<b>54</b>





## MANUAL DE ILUMINAÇÃO

### 1 CONCEITOS E TERMOS FUNDAMENTAIS DE ILUMINAÇÃO

#### ACOMODAÇÃO VISUAL

É o processo pelo qual o órgão visual muda o seu foco quando observa objetos situados em distâncias diferentes.

#### AMBIENTE VISUAL

Tudo que esteja dentro do campo visual que não seja a tarefa visual.

#### CAMPO VISUAL

Cada olho percebe uma imagem que é transmitida ao cérebro, sendo antes captada de modo próprio por cada olho, com suas desigualdades e peculiaridades. Essas imagens, quando superpostas e invertidas<sup>1</sup> dão a sensação de profundidade e tridimensionalidade.

Campo visual é a percepção de todos os espaços capazes de transmitir estímulos à retina quando em situação estática, com fixação em um ponto determinado. O campo visual monocular é de 135 graus na vertical (60 graus superior / 75 graus inferior) e 90 graus na horizontal; sendo, portanto, o campo visual binocular de 135 graus na vertical e 180 graus na horizontal.

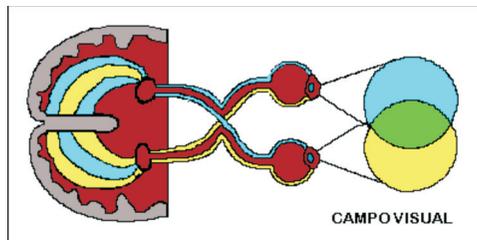


Figura 1 - Campo Visual

Pela distribuição diversa de foto-receptores na camada de cones e bastonetes da retina, nem todos os objetos são percebidos no campo visual com mesmo grau de nitidez e cor.

Os objetos percebidos com máxima nitidez e cores são os que estão focalizados pela fóvea, região de maior concentração de cones, enquanto os de menor nitidez serão os focalizados pelos de maior concentração de bastonetes.

São limites anatômicos do nosso campo visual os ossos da órbita, supercílios, malares e nariz.

#### CONTRASTE

É a relação entre refletâncias de um objeto e o ambiente de fundo sobre o qual ele é visto.

<sup>1</sup> Percebidas invertidas em cada olho

## INTENSIDADE LUMINOSA (I)

A intensidade luminosa é a parcela do fluxo luminoso de uma fonte luminosa, contida num ângulo sólido, numa dada direção. Sua unidade é a candela (cd).

A candela é a intensidade luminosa, em uma dada direção, de uma fonte que emite radiação monocromática de frequência de  $540 \times 10^{12}$  Hz e que tem uma intensidade radiante nesta direção de  $(1/683)$  watt por esterradiano.

Radiação monocromática: radiação caracterizada por uma frequência ou comprimento de onda único.

O ângulo sólido:

- O radiano (rad): Ângulo central que subtende um arco de círculo de comprimento igual ao do respectivo raio (Figura 2A);
- O esterradiano (sr): Ângulo sólido que tendo vértice no centro de uma esfera, subtende na superfície uma área igual ao quadrado do raio da esfera (Figura 2B).

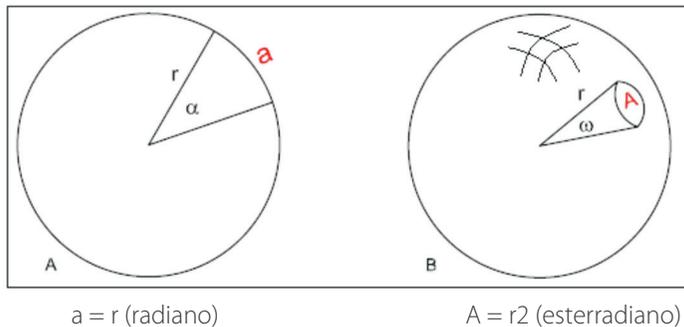


Figura 2A e 2B - O radiano(a) e o esterradiano (b)

Obs.: A área da superfície, no ângulo sólido, pode ter qualquer formato.

## CURVA DE DISTRIBUIÇÃO DE INTENSIDADE LUMINOSA

Curva, geralmente polar, que representa a variação da intensidade luminosa de uma fonte, segundo um plano passando pelo centro em função da direção.

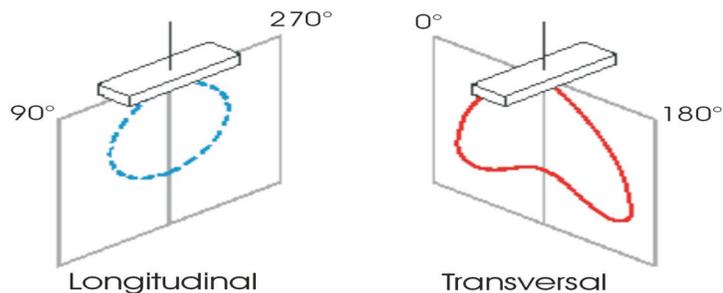


Figura 3 – Esquema de curvas de distribuição de intensidade luminosas em dois planos ortogonais



São apresentadas, geralmente, superpostas como na figura abaixo:

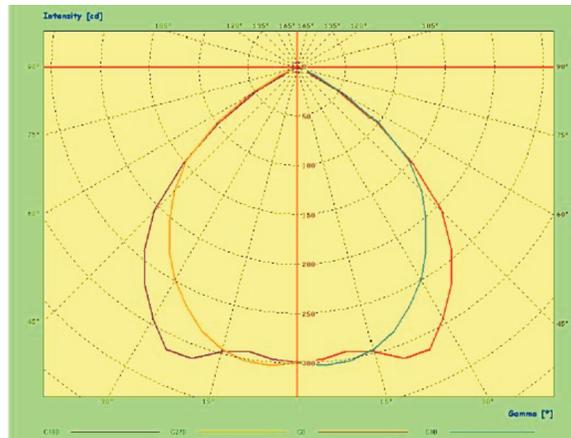


Figura 4 - Curva de distribuição de intensidade luminosa em dois planos ortogonais de uma luminária de duas lâmpadas fluorescentes tubulares (valores em  $\text{cd}/1000 \text{ lm}$ )

## FLUXO LUMINOSO

Representa uma potência luminosa emitida ou observada, ou ainda, representa a energia emitida ou refletida, por segundo, em todas as direções, sob a forma de luz.

Em uma analogia com a hidráulica seria como um chafariz esférico, dotado de inúmeros furos na sua superfície. Os raios luminosos corresponderiam aos esguichos de água dirigidos a todas as direções e decorrentes destes furos.

Unidade: lumen (lm).



Figura 5 - Fluxo luminoso em lâmpada fluorescente compacta

## DEPRECIAÇÃO DO FLUXO LUMINOSO (LUMEN L) DE UMA LÂMPADA

É o percentual de redução do fluxo luminoso (ou emissão de luz) de uma lâmpada, durante um período de operação. Esta redução é inerente a todas as lâmpadas elétricas.

## ILUMINÂNCIA (E)

É o fluxo luminoso incidente numa superfície por unidade de área ( $m^2$ ). É medido por um aparelho chamado luxímetro.

Um lux corresponde à iluminância de uma superfície plana de um metro quadrado de área, sobre a qual incide perpendicularmente um fluxo luminoso de um lúmen.

O melhor conceito sobre iluminância talvez seja o de uma densidade de luz necessária para a realização de uma determinada tarefa visual. Os valores relativos a iluminância foram tabelados por atividade. No Brasil eles se encontram na NBR 5413 - Iluminância de interiores.

Unidade: lux (lx).

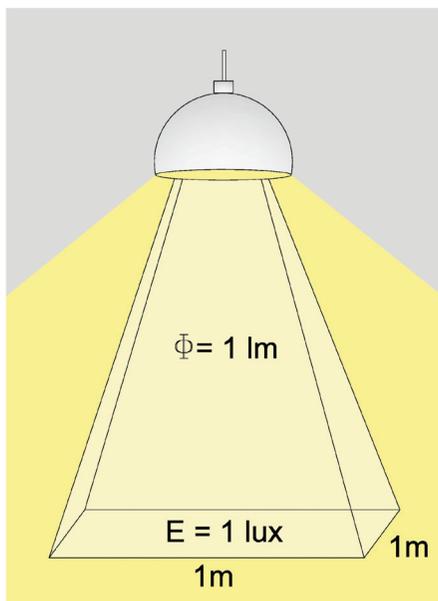


Figura 6 – Iluminância

## LUMINÂNCIA(L)

A luminância se refere a uma intensidade luminosa que atinge o observador e que pode ser proveniente de reflexão de uma superfície ou de uma fonte de luz ou, simplesmente, de um feixe de luz no espaço. Em linguagem coloquial, é o brilho de um objeto que pode ser percebido pelo olho humano. Ela é dada como a relação entre a intensidade na direção considerada e a área aparente da superfície real ou imaginária de onde provém o fluxo luminoso.

Sua unidade é candela por metro quadrado [ $cd/m^2$ ].

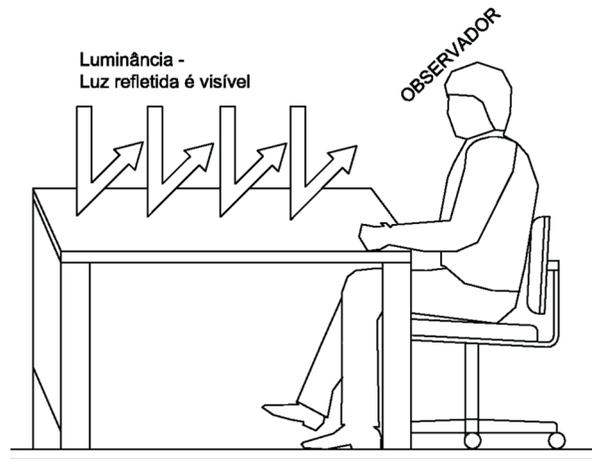


Figura 7 – Luminância

$$L = \frac{I}{A \cdot \cos \alpha}$$

Onde:

L = Luminância, cd/m<sup>2</sup>

I = Intensidade Luminosa, em cd

A = Área projetada, em m<sup>2</sup>

$\alpha$  = ângulo considerado, em graus

### EFICIÊNCIA DA LUMINÁRIA

É a razão entre os lumens emitidos por uma luminária divididos pelos lumens emitidos pela lâmpada, ou lâmpadas, em uso da luminária.

### EFICIÊNCIA LUMINOSA

É a relação entre o fluxo luminoso emitido e a energia elétrica consumida por unidade de tempo (potência) por uma fonte de luz. Quanto maior a eficiência luminosa de uma lâmpada e equipamentos, menor seu consumo de energia.

Unidade: lm/W.

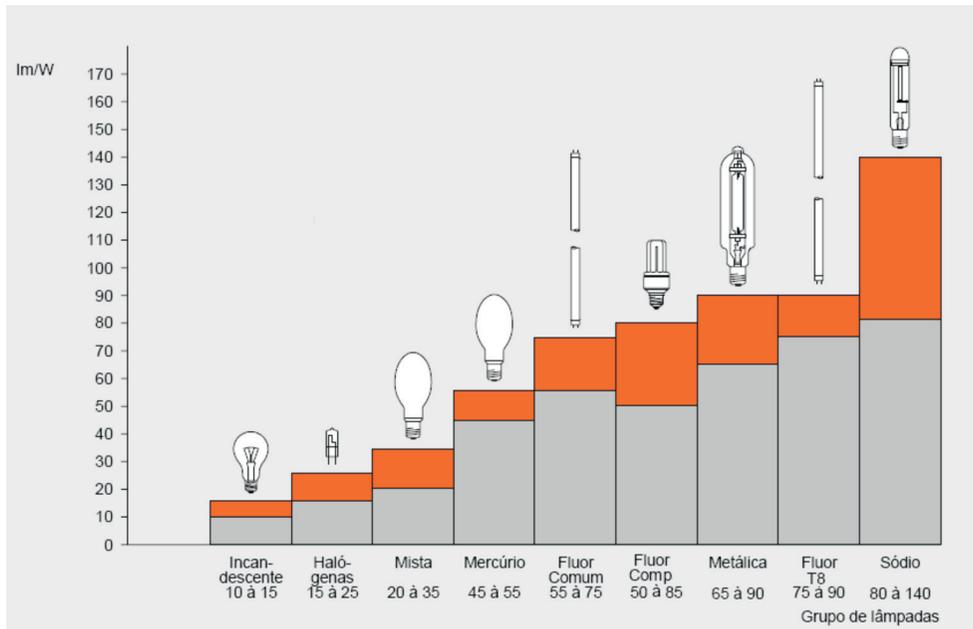


Figura 8 – Eficiência energética de equipamentos para iluminação

### ÍNDICE DO RECINTO OU ÍNDICE DO AMBIENTE

O Índice do Recinto é a relação entre as dimensões do local, dada por:

Símbolo: K

Para iluminação direta

$$K = \frac{C * L}{h * (C + L)}$$

Para iluminação indireta

$$K = \frac{3 * C * L}{2hp * (C + L)}$$



Sendo:

C = comprimento do recinto

L = largura do recinto

H = pé-direito do recinto

h = pé-direito útil

hp = distância do teto ao plano de trabalho

Pé-direito útil: É o valor do pé-direito total do recinto (H), menos a altura do plano de trabalho (ht), menos a altura do pendente da luminária (hs). Isto é, a distância real entre a luminária e o plano de trabalho.

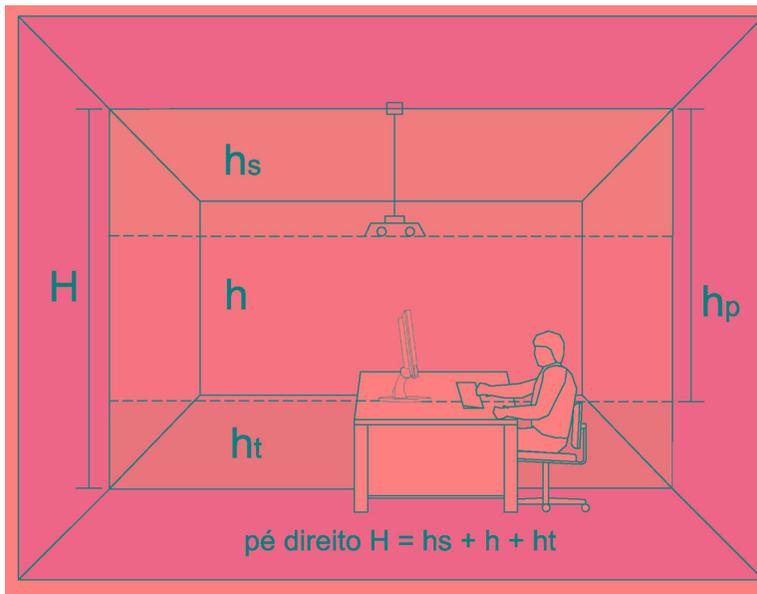


Figura 9 – Representação das variáveis para o cálculo do Índice do Recinto

### EFICIÊNCIA DO RECINTO OU EFICIÊNCIA DO AMBIENTE

O valor da Eficiência do Recinto é dado por tabelas, contidas no catálogo do fabricante onde se relacionam os valores de Coeficiente de Reflexão do teto, paredes e piso, com a Curva de Distribuição Luminosa da luminária utilizada e o Índice do Recinto.

Símbolo:  $\eta_R$  ou  $\eta_A$

### COEFICIENTE OU FATOR DE UTILIZAÇÃO

Nos cálculos de iluminação geral, é a fração do fluxo luminoso inicial da lâmpada que alcança o plano de trabalho. Ele é uma função da distribuição da intensidade da luminária, do coeficiente de reflexão da superfície do lugar e seu formato.

O produto da Eficiência do Recinto ( $\eta_R$ ) pela Eficiência da Luminária ( $\eta_L$ ) nos dá o Fator de Utilização (U).

$$U = \eta_L * \eta_R$$

### ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE COR (IRC)

Representa a capacidade de reprodução da cor de um objeto diante de uma fonte de luz. O IRC faz uma correspondência entre a cor real de um objeto e a que ele está apresentando diante da fonte de luz. Convencionalmente, o IRC varia entre 0 e 100% e de acordo com a fonte luminosa do ambiente a que se destina. Quanto mais alto o IRC, melhor é a fidelidade das cores.

Unidade: porcentagem (%).

As diferenças de IRC entre lâmpadas de maneira geral não são significantes, ou seja, visíveis a olho nu, a menos que a diferença seja maior que três a cinco pontos.

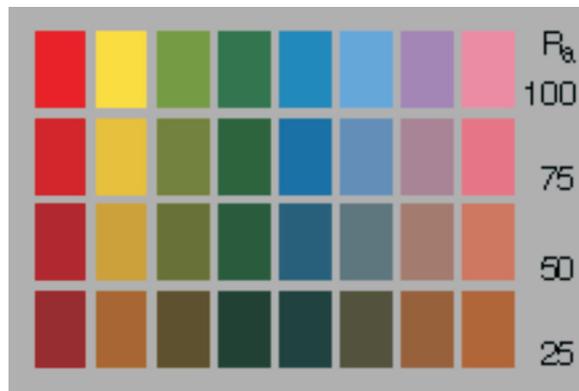


Figura 10 – Reprodução de cores e seus índices

### TEMPERATURA DE COR (CROMATICIDADE)

Expressa a aparência de cor da luz emitida pela fonte de luz. A sua unidade de medida é o Kelvin (K). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz. Quando falamos em luz quente ou fria, não estamos nos referindo ao calor físico da lâmpada, e sim a tonalidade de cor que ela apresenta ao ambiente. Luz com tonalidade de cor mais suave torna-se mais aconchegante e relaxante; luz mais clara, mais estimulante.

Muito embora isto não possa ser considerado fisicamente, uma temperatura de cor mais alta (K) descreve uma fonte de luz azulada, visualmente “fria”. As temperaturas de cores típicas são apresentadas a seguir.



Tabela 1 – Temperatura de cor

Temperatura	Fonte de Luz
1.200 K	Luz do fogo
1.700 K	Candeeiro/Luz de vela
2.000 K	Lâmpada de vapor de sódio (iluminação pública)
2.680 K	Lâmpada incandescente comum de 40W
3.000 K	Lâmpada incandescente comum de 200W
3.000 K	Lâmpada fluorescente “branca quente”
3.200 K	Nascer/Pôr do Sol
3.200 K	Lâmpada de estúdio photoflood tipo B (halógena)
3.400 K	Lâmpada de estúdio photoflood tipo A
4.000 K	Lâmpada de flash (bulbo)
4.100 K	Luz do luar em noite de lua cheia
4.500 K	Arco voltáico (projetores antigos de cinema)
5.000 K	Lâmpadas de xenônio (projetores atuais de cinema)
5.000 a 5.500 K	Luz do sol ao amanhecer ou entardecer
5.500 a 5.600 K	Flash eletrônico
5.500 a 6.000 K	Luz do sol durante a maior parte do dia
5.800 K	Céu aberto ao meio-dia
6.000 K	Lâmpada fluorescente “branca fria”
6.000 K	Lâmpada de mercúrio
6.500 K	Lâmpada fluorescente “luz do dia”
6.500 a 7.500 K	Céu encoberto

Selo Procel	
Morna	< 3.300 K
Neutra	≥ 3300 K e < 5.000 K
Fria	≥ 5.000 K

## FATOR DE FLUXO LUMINOSO OU FATOR DO REATOR

É um fator que determina qual será o fluxo luminoso emitido pela lâmpada e varia dependendo do tipo do reator. Se o fator de reator for de 90% significa que uma lâmpada operando com esse reator irá emitir 90% do seu fluxo luminoso. Quanto maior o fator de reator maior o fluxo luminoso gerado pela lâmpada.

A maioria das lâmpadas de descarga opera em conjunto com reatores. Neste caso, observamos que o fluxo luminoso total obtido neste caso depende do desempenho deste reator. Este desempenho é chamado de fator de fluxo luminoso (Ballast Factor) e pode ser obtido de acordo com a equação:

$$BF = \text{fluxo luminoso obtido} / \text{fluxo luminoso nominal}$$

Símbolo: BF

Unidade: %

## ESPECTRO VISÍVEL

É a porção do espectro eletromagnético cuja radiação pode ser captada pela visão humana. Identifica-se esta radiação como sendo a luz visível, ou simplesmente luz, uma sucessão contínua de irradiação magnética e elétrica que pode ser caracterizada pela frequência ou comprimento da onda. A luz visível abrange uma parte pequena do espectro eletromagnético na região de cerca de 380 nanômetros (violeta) até 770 nanômetros (vermelho) de comprimento da onda. Para cada frequência da luz visível é associada uma cor.

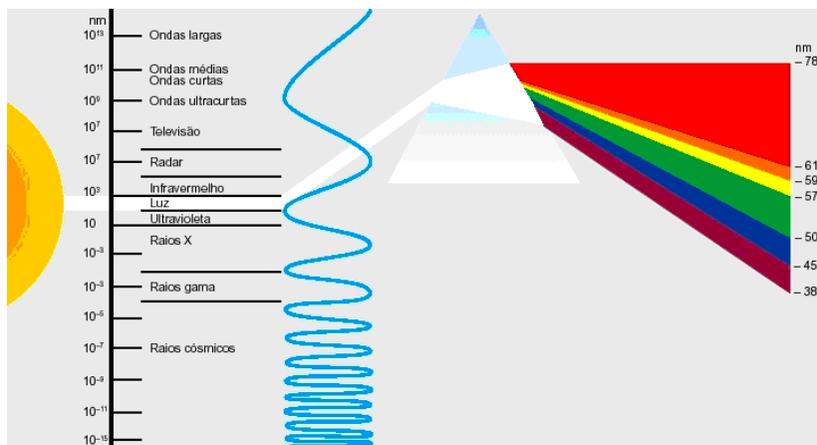


Figura 11 – Espectro Eletromagnético

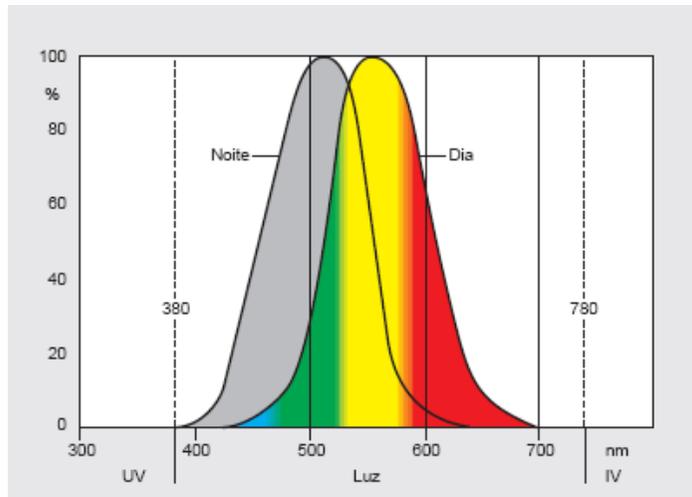


Figura 12 – Curva de sensibilidade do olho a radiações monocromáticas

### IRRADIAÇÃO INFRAVERMELHA

Energia eletromagnética irradiada na faixa do comprimento de onda de cerca de 770 a 1106 nanômetros. A energia nessa faixa não pode ser vista pelo olho humano, porém pode ser sentida como calor pela pele.

### IRRADIAÇÃO ULTRAVIOLETA (UV)

Energia irradiante na faixa de cerca de 100-380 nanômetros (nm). Para aplicações práticas, a banda UV é dividida como: Produzindo Ozônio: 180 – 220 nm; Bactericida (germicida): 220 – 300 nm; Eritema (avermelhamento da pele): 280 – 320 nm; Luz “negra”: 320 – 400 nm. A Comissão Internacional da Iluminação (CIE) define as bandas UV como UV-A (315-400 nm); UV-B (280-315 nm) e UV-C (100-280nm).

### OFUSCAMENTO

O ofuscamento é o prejuízo na função visual causado pela presença de uma fonte de luz localizada no campo visual, pode ser um ofuscamento direto (visualização direta da lâmpada) ou um ofuscamento indireto (refletido através de superfícies refletoras ou brilhantes).

### FATOR DE DEPRECIÇÃO

Todo o sistema de iluminação, após sua instalação, tem uma depreciação no nível de iluminância ao longo do tempo. Esta é decorrente da redução do fluxo luminoso da lâmpada com o tempo e do acúmulo de poeira sobre lâmpadas e luminárias. Para compensar parte desta depreciação, estabelece-se um fator de depreciação que é utilizado no cálculo das quantidades de luminárias.

## VIDA DE UMA LÂMPADA

O conceito de vida de uma lâmpada é dado em horas e é definido por critérios preestabelecidos por normas técnicas, considerando sempre um grande lote testado sob condições controladas e de acordo com as normas pertinentes.

## VIDA MÉDIA

É a média aritmética do tempo de duração de cada lâmpada ensaiada.

## VIDA MEDIANA

É o número de horas resultantes, onde 50% das lâmpadas ensaiadas ainda permanecem acesas.

## VIDA ÚTIL

É o número de horas decorrido quando se atinge 70% da quantidade de luz inicial devido à depreciação do fluxo luminoso de cada lâmpada, somado ao efeito das respectivas queimas ocorridas no período, ou seja, 30% de redução na quantidade de luz inicial.

## REFLEXÃO

O fenômeno da reflexão ocorre quando os raios que incidem sobre uma superfície voltam para o meio no qual ocorreu a incidência (figuras 13 e 14).

Quando você está diante de um espelho, enxerga a sua imagem por reflexão; tudo que você enxerga (uma mesa, uma pessoa, uma paisagem e outros), enxerga por reflexão.

## REFLEXÃO ESPECULAR

Estando diante de um espelho, pode-se observar que, se não ficar em uma determinada posição, não vai conseguir enxergar a sua imagem. Isso acontece porque os raios são refletidos em uma única direção, ou seja, eles são paralelos entre si (figura 13). Esse tipo de reflexão ocorre em superfícies polidas, tais como: espelhos, metais, a água parada de um lago; e é denominada reflexão especular (figura 14).

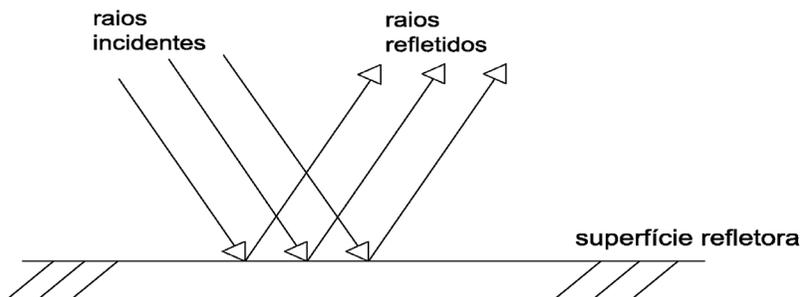


Figura 13 - Esquema para reflexão especular



Figura 14 - Exemplo de reflexão especular

### REFLEXÃO DIFUSA

Quando alguém está enxergando uma mesa, pode ficar em qualquer posição ao redor da mesa, que a continua enxergando. Isso acontece porque os raios estão sendo refletidos em todas as direções. Esse tipo de reflexão ocorre em superfícies irregulares microscopicamente e é denominada reflexão difusa (figura 15).

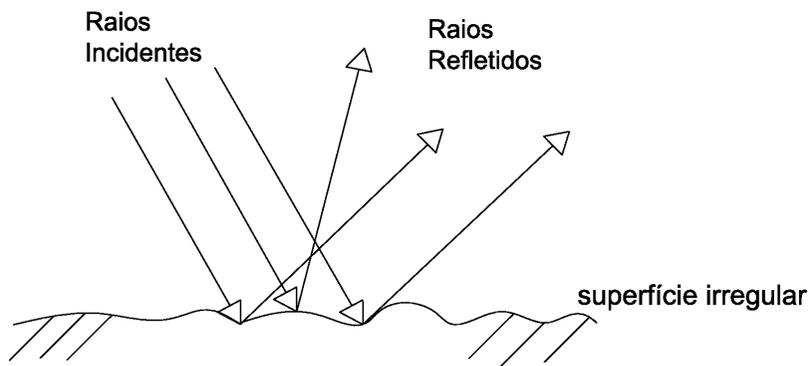


Figura 15 - Esquema para reflexão difusa

### TRANSMISSÃO

Transmissão é a passagem de raios de luz através de um meio, sem qualquer modificação na frequência dos componentes monocromáticos da radiação. Este fenômeno é uma característica de certos tipos de vidro, cristal, água e outros líquidos.

Enquanto passa através do material, um pouco de luz se perde pela absorção. A razão do fluxo transmitido pelo fluxo incidente é chamada de transmitância ou fator de transmissão do material.

## REFRAÇÃO

Saindo de um meio e entrando em outro, um raio de luz poderá ter modificada a sua direção. Esta modificação na direção é causada por uma modificação na velocidade da luz. A velocidade diminui se o novo meio é mais denso do que o primeiro, e aumenta, quando este meio é menos denso. Esta modificação na velocidade sempre é acompanhada por um desvio da luz e é conhecida como refração.

## FATOR DE ABSORÇÃO

É a relação entre o fluxo luminoso absorvido por uma superfície e o fluxo luminoso que incide sobre a mesma.



## 2 TECNOLOGIAS APLICADAS EM ILUMINAÇÃO

### 2.1 LÂMPADAS

#### LÂMPADA INCANDESCENTE

Lâmpada que proporciona luz quando um filamento é aquecido até a incandescência por uma corrente elétrica. As lâmpadas incandescentes são a forma mais antiga de tecnologia de iluminação elétrica.

#### LÂMPADA HALÓGENA

Nome de forma abreviada para uma lâmpada de tungstênio-halógeno.

As lâmpadas halógenas são lâmpadas incandescentes, de pressão alta e que contêm gases halógenos, como o iodo ou o bromo, os quais permitem que os filamentos operem em temperaturas mais altas e que tenham eficiências luminosas maiores, resultando em uma lâmpada com vantagens adicionais quando comparada às incandescentes comuns:

- Luz mais branca e uniforme durante toda vida;
- Vida útil mais longa, variando entre 2000 e 4000 horas;
- Dimensões menores.

#### LÂMPADA HALÓGENA - IR (HIR)

Designação GE<sup>2</sup> para uma forma nova da lâmpada tungstênio-halógeno de alta eficiência.

As lâmpadas HIR utilizam tubos com formato especial, onde é colocado o filamento em seu interior, revestidos com numerosas camadas de materiais que, seletivamente, refletem a energia infravermelha e transmitem a luz. Refletindo o infravermelho de volta para os filamentos, reduzem a energia necessária para manter o filamento aquecido.

#### LÂMPADA PAR

PAR é um acrônimo para um Refletor Aluminizado Parabólico.

A lâmpada PAR pode utilizar um filamento incandescente, um tubo de filamento halógeno ou tubo de arco HID<sup>3</sup>. É uma lâmpada refletora com preciso fecho de luz e maior pressão interna dos gases. É fabricada com vidro resistente ao calor (hard glass) e controla o seu fecho de luz por meio do seu refletor interno e de uma lente com prismas e difusores.

São lâmpadas que produzem uma descarga elétrica de alta intensidade em seu interior, gerando uma grande quantidade de luz.

<sup>2</sup> GE – General Electric

<sup>3</sup> HID – High Intensity Discharge

## LÂMPADA REFLETORA

Pode ser uma lâmpada incandescente, fluorescente compacta ou HID com bulbo com superfície refletora.

## LÂMPADA REFLETORA ELÍPTICA

Lâmpada incandescente com um refletor de formato elíptico. Este formato produz um ponto focal à frente da parte frontal da lâmpada, o que reduz a absorção da luz em alguns tipos de luminárias. Isto é particularmente positivo quando a lâmpada é utilizada em luminárias embutidas, pois reduz a perda de luz no interior da luminária.

## LÂMPADA MISTA

Como o próprio nome diz, são lâmpadas compostas de um filamento e um tubo de descarga. Funcionam em tensão de rede 220V, sem uso de reator.

## LÂMPADA FLUORESCENTE

As lâmpadas fluorescentes contêm em seu interior vapor de mercúrio e gases inertes. Com a passagem da corrente elétrica, os elétrons chocam-se com os átomos de mercúrio e, devido ao choque, a energia é transferida para os elétrons do mercúrio, que irão passar para uma órbita superior em torno do átomo.

Quando estes elétrons regressam à sua órbita original, eles emitem energia na forma de radiação ultravioleta, que será convertida em luz pelo pó fluorescente que reveste a superfície interna do bulbo. É da composição deste pó fluorescente que resultam as mais diferentes alternativas de cor de luz adequadas a cada tipo de aplicação. É ele que determina a qualidade e a quantidade de luz, além da eficiência na produção de cor.

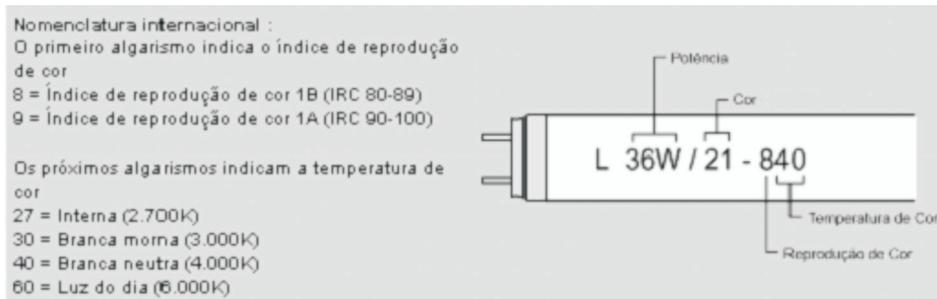


Figura 16 - Nomenclatura Internacional das características da lâmpada fluorescente tubular



## LÂMPADA FLUORESCENTE TUBULAR

Estas lâmpadas são a forma clássica para uma iluminação econômica. A alta eficiência e a longa durabilidade garantem suas aplicações nas mais diversas áreas comerciais e industriais.

Alguns fabricantes possuem duas versões deste tipo de lâmpada:

- Fluorescente Comum - apresenta eficiência energética de até 70 lm/W, temperatura de cor variando entre 4100 K e 6100 K e índice de reprodução de cor de 48 a 78 %;
- Fluorescente Trifósforo - apresenta eficiência energética de até 100 lm/w, temperatura de cor variando entre 3000 K e 6000 K e índice de reprodução de cor até 90%.

A grande evolução da lâmpada fluorescente ao longo dos anos refere-se à redução do seu diâmetro. Quanto menor, maior é a possibilidade do desenvolvimento ótico dos refletores, permitindo melhor eficiência das luminárias.

As versões tradicionais destas lâmpadas são produzidas em T12 (38mm) ou T10 (33mm). As versões mais modernas, em T8 (26mm) e T5 (16mm).

O passo mais recente para otimização global dos sistemas fluorescentes é a miniaturização obtida com a versão T5, que além do diâmetro de 16mm, teve uma redução de 50mm no comprimento total. Além da compactação, houve aumento na eficiência energética (104 lm/W), somado ao fato de terem sido desenhadas para operações diretas em reatores eletrônicos.

O desempenho desta família de lâmpadas é otimizado através das instalações e modernos reatores eletrônicos - de alta frequência, proporcionando grande economia, maior conforto e vida útil mais longa.

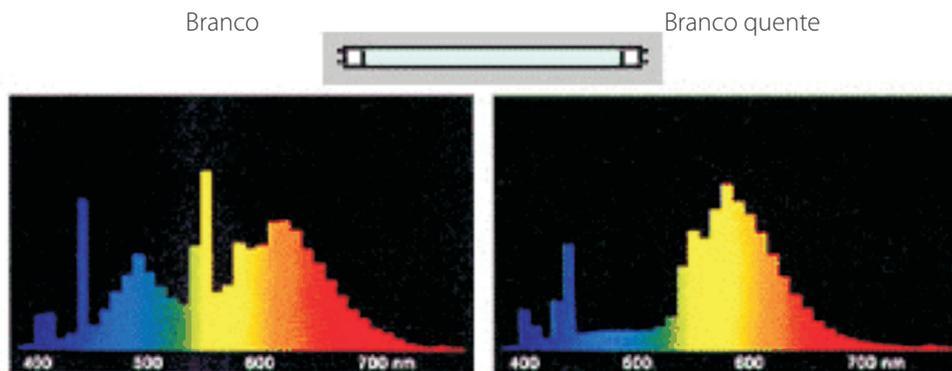


Figura 17 - Exemplos de distribuição espectral de lâmpada fluorescente tubular

## LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA

São lâmpadas fluorescentes, às quais foram incorporadas todas as características e tecnologias das lâmpadas fluorescentes tubulares, consideradas de nova geração, porém, em proporções reduzidas.

Podem ser classificadas em dois grupos:

- Lâmpadas fluorescentes compactas integradas: o reator é integrado ao corpo da lâmpada, ambos fazendo parte de uma mesma unidade. São as convencionais lâmpadas compactas com base/soquete E27, similar à da lâmpada incandescente, proporcionando instalação imediata, em substituição às lâmpadas incandescentes.
- Lâmpadas fluorescentes compactas não integradas: o reator e lâmpada não são integrados, fazendo-se necessária a instalação de reator à parte na luminária. São as convencionais lâmpadas compactas com base/soquete de 2 ou 4 pinos.

Quando comparadas às incandescentes comuns, apresentam as seguintes vantagens:

- Consumo de energia até 80% menor;
- Durabilidade até dez vezes maior, implicando em uma enorme redução nos custos de manutenção e reposição de lâmpadas;
- Design moderno, leve e compacto;
- Aquecem menos o ambiente, representando uma forte redução na carga térmica das grandes instalações, proporcionando conforto e sobrecarregando menos os sistemas de ar condicionado;
- Excelente reprodução de cores, com índice de 85%;
- Tonalidade de cor adequada para cada ambiente, obtida através da tecnologia do pó trifósforo, com as seguintes opções: 2700 K, com aparência de cor semelhante às incandescentes e, portanto, indicadas para ambientes onde se deseja atmosfera aconchegante e tranquila, como residências, hotéis, etc.; 4000 K a 6000 K, com aparência de cor mais branca, indicada para ambientes ativos, onde se pretende estimular a produtividade ou o consumo, como restaurantes do tipo "fast food", lojas, shopping centers, escritórios, clubes, academia de ginástica, escolas, hospitais, etc.

Integrada



Não Integrada



Figura 18 - Exemplos de lâmpadas fluorescentes compacta

### LÂMPADA DE DESCARGA EM ALTA PRESSÃO

As modernas lâmpadas de descarga em alta pressão têm um princípio de funcionamento completamente diferente das incandescentes.

Uma descarga elétrica entre os eletrodos leva os componentes internos do tubo de descarga a produzirem luz.



Esta família de lâmpadas funciona através do uso de reatores e, em alguns casos, só partem com o auxílio de ignitores.

Os reatores são equipamentos auxiliares necessários para manter a estabilização da descarga elétrica.

Os ignitores proporcionam picos de tensão da ordem de 5000V, necessários para o acendimento das lâmpadas de descarga.

Dependendo do tipo, necessitam de 2 a 15 minutos para a estabilização total do fluxo luminoso após a partida.

Consiste de uma grande família, diversificada no que diz respeito às características de luz, economia, potência e durabilidade, o que permite o uso em locais internos, externos ou situações especiais.

### **LÂMPADA DE VAPOR DE MERCÚRIO EM ALTA PRESSÃO**

Lâmpadas de descargas com aparência branco-azulada, eficiência de até 55 lm/W, apresentadas em potências de 80 a 1000 W.

São utilizadas, normalmente, na iluminação de vias públicas e áreas industriais.

### **LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO EM ALTA PRESSÃO**

São lâmpadas com altíssima eficiência energética, até 130 lm/W, longa durabilidade e, conseqüentemente, longos intervalos para reposição.

Estão gradualmente substituindo as lâmpadas ineficientes em iluminação pública, como as de vapor de mercúrio.

Apresentam-se em versões tubulares e elipsoidais. Estas últimas se diferem pela emissão dourada, indicada para iluminação de locais onde a reprodução de cor não é um fator importante.

Amplamente utilizadas na iluminação externa, avenidas, auto-estradas, viadutos, complexos viários, etc., têm seu uso ampliado para áreas industriais, siderúrgicas e ainda para locais específicos como aeroportos, estaleiros, portos, ferrovias, pátios e estacionamentos.

### **LÂMPADA DE MULTIVAPORES METÁLICOS**

São lâmpadas que combinam iodetos metálicos, apresentando alta eficiência energética e excelente reprodução de cor. Sua luz, extremamente branca e brilhante, realça e valoriza espaços e ilumina com intensidade, além de apresentar longa durabilidade e baixa carga térmica.

**Alta Potência:** Para a iluminação de grandes áreas, com níveis de iluminância elevados e, principalmente, em locais onde alta qualidade de luz é primordial, as lâmpadas de multivapores metálicos de 250 a 3500W são ideais. As lâmpadas multivapores metálicos apresentam durabilidade variada, com índice de reprodução de cor de até 90%, eficiência energética de até 100 lm/W, temperatura de cor de 3000 a 6000K, em versões elipsoidais, tubulares e compactas.

São indicadas para iluminação de estádios de futebol, ginásios poliesportivos, piscinas cobertas, indústrias, supermercados, salas de exposição, salões, saguões de teatros e hotéis, fachadas, praças, monumentos, aeroportos, locais onde ocorrem filmagens e televisionamentos externos, a exemplo dos “sambódromos”.

**Baixa Potência:** Baseando-se nas características das lâmpadas de multivapores metálicos de alta potência, foram desenvolvidas as de baixa potência de 20 a 70W, em versões compactas. Todas, sem exceção, apresentam pequenas dimensões, alta eficiência, ótima reprodução de cor, vida útil longa e baixa carga térmica.

Cada uma, dentro de sua característica, é recomendada tanto para uso interno como externo, na iluminação geral ou localizada. Ideais para shopping centers, lojas, vitrines, hotéis, stands, museus, galerias, jardins, fachadas e monumentos.

### **LÂMPADA DE LED’S (DIODO EMISSOR DE LUZ)**

O LED (diodo emissor de luz) é constituído por uma série de camadas de material semicondutor.

Diferentemente do que ocorre com as lâmpadas incandescentes, o LED emite luz em uma determinada cor. A cor da luz depende do material utilizado em sua composição e varia entre as cores vermelho, amarelo, verde e azul. A cor branca pode ser produzida através da mistura das cores azul, vermelha e verde ou através do LED azul com fósforo amarelo. O LED azul proporciona uma excitação do fósforo, fazendo com que ele emita luz amarela, resultando na luz branca.

Com o avanço tecnológico, a eficiência dos LED’s aumentou, consideravelmente, nos últimos anos. Dependendo do tipo de cor, obtemos em torno de 50 a 60 lm/W, incrementando ainda mais a cada ano. A tensão de operação do LED também varia em função da cor, variando de 2V a 4V para uma corrente de condução de até 70mA. A eficiência máxima é obtida pelo uso de uma fonte de corrente contínua (DC). A utilização intensiva de fontes eletrônicas em grandes instalações deve merecer atenção especial para aspectos como distorção harmônica e fator de potência.

Os LED’s estão sendo utilizados em semáforos de trânsito, na iluminação interna de automóveis e em outros equipamentos de sinalização. Já existem iniciativas de utilização em iluminação pública.

## **2.2 EQUIPAMENTOS AUXILIARES UTILIZADOS EM ILUMINAÇÃO**

### **SOQUETE/BASE**

Tem como função garantir fixação mecânica e a conexão elétrica da lâmpada.

### **TRANSFORMADOR**

Equipamento auxiliar cuja função é converter a tensão de rede (tensão primária) para outro valor de tensão (tensão secundária). Um único transformador poderá alimentar mais de uma lâmpada, desde que o somatório das potências de todas as lâmpadas a ele conectadas não ultrapasse a potência máxima do mesmo.



## REATORES

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

### REATORES ELETROMAGNÉTICOS

São os mais comuns nas instalações antigas. Geralmente compostos de núcleo de ferro, bobinas de cobre e capacitores para correção do fator de potência. Devido às suas perdas elétricas, emissão de ruído audível, efeito flicker e carga térmica elevada, não contribuem para o uso eficiente da energia elétrica.

### REATORES ELETRÔNICOS

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

Os aspectos básicos a serem considerados são o fator de potência (FP) e a distorção harmônica (THD).

### STARTER

Elemento bimetálico com função de pré-aquecer os eletrodos das lâmpadas fluorescentes e fornecer, em conjunto com reator eletromagnético convencional, um pulso de tensão necessário para o acendimento da lâmpada. Os reatores eletrônicos e partida rápida não utilizam starter.

### IGNITOR

Dispositivo eletrônico com função de fornecer à lâmpada um pulso de tensão necessário para o seu acendimento.

### CAPACITOR

Acessório com função de corrigir o fator de potência de um sistema que utiliza reator eletromagnético. Da mesma forma que para cada lâmpada de descarga existe seu reator específico, existe também um capacitor específico para cada reator.

### DIMMER

Tem como função variar continuamente a intensidade da luz de acordo com a necessidade.

## SENSOR DE PRESENÇA

A utilização destes equipamentos pode gerar economias significativas. Estes dispositivos asseguram que as luzes permaneçam apagadas quando as salas estão desocupadas, sendo suas aplicações mais apropriadas em locais com perfil de ocupação intermitente ou imprevisível.

O sistema é composto por um detector de movimento (que utiliza ondas ultra-sônicas ou radiação infravermelha), uma unidade de controle eletrônica e um interruptor controlável (relé). O detector de presença sente o movimento e envia o sinal apropriado pra a unidade de controle. A unidade de controle, então, processa o sinal de entrada para fechar ou abrir o relé que controla a potência da luz.

## SISTEMA DE CONTROLE FOTOELÉTRICO

Este sistema possui sensores que identificam a presença de luz natural, fazendo a devida diminuição ou até mesmo bloqueio da luz artificial através de dimmers controlados automaticamente. Quando maior a quantidade de luz natural disponível no ambiente, menor será a potência elétrica fornecida às lâmpadas e vice-versa.

## MINUTERIAS

Dispositivo que aciona a iluminação por período de tempo preestabelecido, suficiente para o usuário chegar ao seu local de destino. Após o tempo programado, o temporizador desativa as lâmpadas, evitando o desperdício de energia.

## LUMINÁRIA

Abriga e fixa a lâmpada e direciona a luz.

São equipamentos que acoplam a fonte de luz (lâmpada) e modificam a distribuição espacial do fluxo luminoso produzido pela luminária. Suas partes principais são: receptáculo para a fonte luminosa, refletores, difusores e carcaça.

### 2.3 TIPOS DE LUMINÁRIAS

A seguir, relacionamos os tipos de luminárias, características e aplicações:



### 2.3.1 FECHADAS (LÂMPADAS FLUORESCENTES)

São luminárias que possuem difusores, que podem ser de vidro temperado ou acrílico. Podem ser herméticas ou também podem ser encontradas com vários tipos de elemento de controle de luz (refletores espelhados com proteção visual, difusor prismático, colmeias, etc.); sua manutenção é difícil. Podem ser fixadas sobre a superfície do teto e, em alguns casos, podem ser embutidas.

Têm rendimentos moderados, dependendo do tipo de elemento de controle da luz. Os tipos que dispõem de refletores sem elementos de controle de luz apresentam melhor rendimento.



Figura 19 - Luminárias fechadas de embutir e sobrepor

### 2.3.2 ABERTAS

Podem ser encontradas com ou sem elementos de controle de luz; apresentam rendimento superior ao das luminárias fechadas; fácil manutenção; podem ser suspensas, embutidas ou fixadas sobre a superfície do teto. Utilizadas para iluminação geral de ambientes de escritórios, comerciais, depósitos e iluminação localizada (balcões).



Figura 20 - Luminárias abertas de embutir e sobrepor, com e sem controle de ofuscamento

### 2.3.3 SPOTS

São utilizados com vários tipos de lâmpadas incandescentes refletoras, halógenas, lâmpadas coloridas e outros dispositivos, como filtros e refletores; são utilizados para iluminação direcional, apresentando grande flexibilidade no direcionamento do fluxo luminoso; possuem fácil manutenção; a fixação pode ser feita sobre superfícies ou embutida.

Também se aplicam à iluminação geral com controle de ofuscamento.



Figura 21 - Luminárias abertas de sobrepor tipo spot

### 2.3.4 PROJETORES

São encontrados em vários tamanhos; possuem bom rendimento luminoso; são fixados sobre as superfícies ou suspensos; podem ser usados com diversos tipos de lâmpadas, desde as incandescentes comuns, halógenas, até as lâmpadas de vapor de sódio; são de fácil manutenção, dependendo das condições do local.

Podem ser aplicados a fachadas, depósitos, estacionamentos.



Figura 22 - Luminárias fechadas de sobrepor tipo projetor



## 3 PROJETO DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE DE INTERIORES

Nos projetos luminotécnicos eficientes, devemos sempre buscar:

- Boas condições de visibilidade;
- Boa reprodução de cores;
- Economia de energia elétrica;
- Facilidade e menores custos de manutenção;
- Preço inicial compatível;
- Utilizar iluminação local de reforço;
- Combinar iluminação natural com artificial.

### 3.1 ETAPAS DE PROJETOS DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE DE INTERIORES

- 1) Determinação dos objetivos da iluminação e dos efeitos que se pretende alcançar;
- 2) Apuração de dados pertinentes ao ambiente ;
- 3) Análise dos Fatores de Influência na Qualidade da Iluminação;
- 4) Cálculo da iluminação geral;
- 5) Adequação dos resultados ao projeto;
- 6) Cálculo da iluminância média;
- 7) Definição dos pontos de iluminação;
- 8) Avaliação do consumo energético.

#### 3.1.1 DETERMINAÇÃO DOS OBJETIVOS DA ILUMINAÇÃO E DOS EFEITOS QUE SE PRETENDE ALCANÇAR

Definir o nível de iluminância no local, de acordo com a utilização do ambiente. Para isso existem normas técnicas brasileiras e internacionais que orientarão o projetista. O nível recomendado varia, também, com a duração do trabalho sob iluminação artificial, devendo ser mais elevado para as longas jornadas.

Obter uma distribuição razoavelmente uniforme das iluminâncias nos planos iluminados.

Evitar o deslumbramento das pessoas que utilizam o local. O deslumbramento é a impressão de mal-estar que o olho humano experimenta quando recebe fluxo luminoso de uma fonte de grande intensidade luminosa. Sua consequência imediata é a perturbação da capacidade visual do indivíduo, sendo capaz de dificultar e mesmo impedir a função visual perfeita.

Obter uma correta reprodução das cores dos objetos e ambientes iluminados. A impressão da cor de um objeto depende da composição espectral da luz que o ilumina, de suas refletâncias espectrais e do sentido da visão humana. Portanto a cor não é exatamente uma propriedade

fixa e permanente em um objeto, mas o que se enxerga como cor é o fluxo luminoso refletido pelo mesmo.

Escolher com critério os aparelhos de iluminação e o tipo de lâmpada a ser empregada para que se verifiquem as condições anteriores de uma forma econômica, e que essas condições não se degradem sensivelmente com o tempo.

Lembrar que a iluminação é parte de um projeto global, devendo se harmonizar com o mesmo. Ela define, em muitos casos, as características de um ambiente. Em resumo, ao se projetar a iluminação de um ambiente, não se deve levar em conta unicamente os aspectos quantitativos, mas também os qualitativos, de modo a criar uma iluminação que responda a todos os requisitos que o usuário exige do espaço iluminado.

### **3.1.2 APURAÇÃO DE DADOS PETINENTES AO AMBIENTE**

A iluminação é um fator determinante para a boa produtividade no ambiente de trabalho e para as vendas dos produtos expostos nos estabelecimentos comerciais. Em um local bem iluminado há menos fadiga, menor incidência de erros, redução de problemas com a visão, conforto visual, melhor desempenho visual das atividades e realce das texturas e cores através da reprodução com fidelidade.

Um projeto de iluminação eficiente deve começar com uma análise criteriosa do ambiente em projeto, abordando os seguintes itens:

- Características do ambiente
- Componentes do sistema e da instalação elétrica
- Forma e horário de funcionamento
- Nível de iluminância nos planos de trabalho
- Faixa etária das pessoas que trabalham no local
- Tarifa de energia

#### **CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE**

Refletâncias: Deve-se estimar a refletância das paredes, teto e piso, para subsidiar cálculos futuros. É importante a adoção de cores claras, que aumentam o rendimento do sistema, diminuindo a variância entre iluminâncias mínimas, médias e máximas;



Tabela 2 - Índice de reflexão

Material ou cor	Valor	Material ou cor	Valor
Azul claro	30 - 55	Madeira clara	30 - 50
Azul escuro	Oct-25	Madeira escura	Oct-25
Azulejo branco	60 - 75	Mármore claro	60 - 70
Amarelo	65 - 75	Marrom	Oct-25
Branco	70 - 85	Ocre	30 - 50
Cimento claro	35 - 50	Preto	5
Concreto claro	30 - 40	Rocha	60
Concreto escuro	15 - 25	Rosa	45 - 60
Cinza claro	45 - 65	Tijolo claro	20 - 30
Cinza escuro	Oct-20	Tijolo escuro	Oct-15
Cinza médio	25 - 40	Verde claro	30 - 55
Esmalte branco	65 - 75	Verde escuro	Oct-25
Gesso	70 - 80	Vermelho claro	25 - 35
Granito	15 - 25	Vermelho escuro	Oct-20
Laranja	25 - 35	Vidro transparente	5-Oct

ou simplificadamente:

Tabela 3 - Refletâncias

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

Contribuição da luz natural: Deve ser avaliada através de sua contribuição no plano de trabalho. Com a iluminação desligada, pode-se medir o nível de iluminância no plano de trabalho devido à luz natural e assim avaliar sua contribuição.

#### COMPONENTES DO SISTEMA E DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

**Luminária:** Principal item para aplicação da revitalização, podendo ser substituída ou reformada. É importante verificar seu estado de conservação, possibilidades de reforma e forma de fixação. Recomenda-se a retirada de uma luminária, de cada modelo, para subsidiar os estudos junto ao fabricante que irá fornecer as luminárias eficientes para a revitalização;

**Lâmpada:** Deve ter seu tipo e fabricante anotados para a avaliação do rendimento no sistema atual. Grandezas tais como, temperatura de cor, índice de reprodução de cor, fluxo luminoso,

potência e eficiência energética devem ser levantadas através de consultas a catálogos de fabricantes;

**Reator:** Elemento responsável pela quase totalidade das perdas no sistema atual. Deverão ser verificados seus modelos, fabricante, tensão nominal, fator de potência e perdas nominais.

#### **FORMA E HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO**

Reduz-se o consumo de energia com o sistema funcionando apenas no horário de ocupação e também através de acionamentos automatizados (tais como sensores de presença).

#### **NÍVEL DE ILUMINÂNCIA NOS PLANOS DE TRABALHO**

O nível de iluminância atual deverá ser mapeado de forma simples, com o objetivo de se ter uma noção do nível médio. Este valor será o ponto de partida para os estudos de alternativas de revitalização. Recomenda-se medir o nível de iluminância sobre as mesas de trabalho, abrangendo todo o ambiente por amostragem.

#### **FAIXA ETÁRIA DAS PESSOAS QUE TRABALHAM NO LOCAL**

A norma NBR 5413 – Iluminância de Interiores, em sua “Tabela 2 – Fatores determinantes da Iluminância Adequada”, estabelece a “Faixa Etária dos Usuários” como um desses fatores e atribui-lhe um “peso”. A soma dos “pesos” desses diferentes fatores determina qual dos três níveis apresentado na norma é o mais adequado.

#### **TARIFA DE ENERGIA**

Deve-se verificar, junto ao usuário, qual a classe tarifária a que está submetida a instalação, para que os possíveis ganhos com a redução do consumo possam ser avaliados. É recomendável obter uma cópia das contas de energia do local nos últimos 12 meses e, se possível, avaliar a participação do sistema de iluminação no total.

### **3.1.3 ANÁLISE DOS FATORES DE INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO**

#### **QUANTIDADE DE LUZ, NÍVEIS DE ILUMINAMENTO**

As tarefas visuais desempenhadas pelos nossos olhos são tão diversas como as atividades do homem. Podem estar relacionadas com a produtividade, a segurança, o lazer, a exposição e venda, a aquisição de informação, ou para a criação de uma atmosfera apropriada. Nestas e em outras circunstâncias, a quantidade de luz (medida em lux), deve ser orientada especificamente para a superfície que pretendemos ver. Quanto menor for o detalhe, ou mais baixo o contraste, maior quantidade de luz necessitam os nossos olhos para o seu difícil trabalho. A iluminação deficiente tem um efeito negativo no bem estar humano, além de conduzir a uma execução ineficiente ou perigosa das tarefas humanas, incluindo circulação nos edifícios e estradas, aumentando o risco de acidentes. Décadas de investigação científica internacional conduziram ao estudo dos níveis luminosos necessários a várias tarefas específicas. Em locais onde estas recomendações não forem seguidas, a iluminação pode prejudicar o conforto humano, a segurança e produtividade. A Norma Brasileira NBR5413, por exemplo, indica os níveis adequados de iluminâncias de interiores para a execução de tarefas em diversos tipos de ambientes.



Atividade	E (mínima)	E (média)	E (máxima)
Orientação simples para permanência curta	50	75	100
Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos, saguão, sala de espera	100	150	200
Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios	200	300	500
Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios	500	750	1000
Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção	1000	1500	2000

Tabela 4 - Iluminâncias por classe de tarefas visuais (em lux)

#### OFUSCAMENTO

O ofuscamento (seja direto da fonte de luz ou refletido) resulta, normalmente, em desconforto ou, em casos extremos, pode conduzir à incapacidade de visão (ofuscamento provocado por faróis de automóvel). O ofuscamento desconfortável é geralmente experimentado por pessoas expostas a um pequeno ofuscamento durante períodos de tempo prolongados. É frequentemente acompanhado por sensações de fadiga ou dor de cabeça, sem que a pessoa identifique a causa.

#### UNIFORMIDADE DA ILUMINAÇÃO

A distribuição adequada da iluminação é muito importante para evitar sombras acentuadas e assegurar o conforto e a segurança para a prática da atividade exercida na área. O contraste demasiado produzirá um efeito de agitação que, por vezes, pode ter resultados desastrosos no que diz respeito ao desempenho visual. Por outro lado, sombras em demasia não proporcionam boa impressão tri-dimensional relativamente a pessoas e objetos, tornando mais difícil a sua identificação. A uniformidade de uma iluminação é medida pela relação entre a iluminância mínima e a média obtida na área iluminada.

## REPRODUÇÃO DE CORES

Existem normas que regulamentam o uso de fontes de luz com determinados índices, dependendo da atividade a ser desempenhada no local, assim como para Iluminância média.

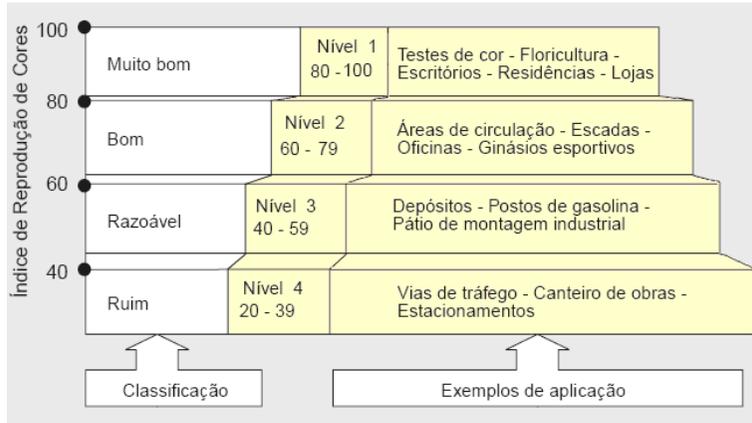


Figura 23 - Índices de reprodução de cor e ambientes

## EFEITOS LUZ E SOMBRA

Deve-se tomar cuidado no direcionamento do foco de uma luminária, para se evitar que essa crie sombras perturbadoras, lembrando, porém, que a total ausência de sombras leva à perda da identificação da textura e do formato dos objetos. Uma boa iluminação não significa luz distribuída por igual.

## TONALIDADE DE COR DA LUZ OU TEMPERATURA DE COR

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 : 3000 K ou menos. A “luz fria”, ao contrário, tem aparência azul-violeta, com temperatura de cor elevada : 6000 K ou mais. A “luz branca natural” é aquela emitida pelo sol em céu aberto ao meio-dia, cuja temperatura de cor é 5800 K.

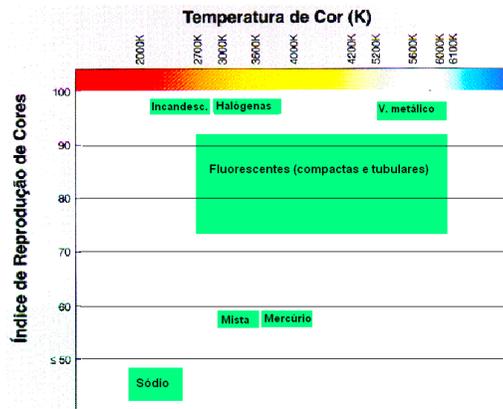


Figura 24 – Temperatura de Cor



### 3.1.4 CÁLCULO DA ILUMINAÇÃO GERAL

Sequência de cálculo:

Escolha da lâmpada adequada;

Escolha da luminária adequada;

Cálculo da quantidade de luminárias.

Supondo que os dois primeiros itens já sejam de domínio do leitor, analisaremos neste item a etapa subsequente.

OBS.: Determinados catálogos indicam tabelas de Fator de Utilização para suas luminárias, os valores nelas encontrados não precisam ser multiplicados pela Eficiência da Luminária, uma vez que cada tabela é específica para uma luminária e já considera a sua perda na emissão do Fluxo Luminoso.

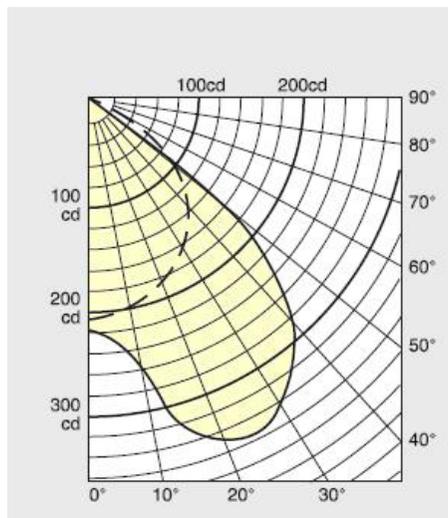


Figura 25 - Diagrama de distribuição de intensidades luminosas

Tabela 5 - Fator de Utilização de Luminária

**Exemplo de tabela de Fator de Utilização de Luminária**Coeficiente de reflexão: **Teto** / **Parede** / **Piso**

(7= 70%; 5=50%; 3= 30%; 1=10%)

K	7 5 1	7 3 1	7 1 1	5 5 1	5 3 1	5 1 1	3 3 1	3 1 1
0,6	0,32	0,28	0,26	0,31	0,28	0,26	0,28	0,25
0,8	0,39	0,36	0,33	0,39	0,35	0,33	0,35	0,35
1,0	0,44	0,41	0,39	0,43	0,40	0,38	0,40	0,38
1,25	0,48	0,45	0,43	0,47	0,45	0,42	0,44	0,42
1,5	0,51	0,48	0,45	0,49	0,47	0,45	0,46	0,45
2,0	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,49	0,50	0,49
2,5	0,55	0,54	0,52	0,55	0,53	0,52	0,52	0,51
3,0	0,57	0,55	0,54	0,56	0,54	0,53	0,54	0,52
4,0	0,58	0,57	0,56	0,57	0,56	0,55	0,53	0,54
5,0	0,60	0,58	0,57	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55

K = Índice do local

Fator de Utilização

**CÁLCULO DA QUANTIDADE DE LUMINÁRIAS**

ETAPAS DE CÁLCULO:

1- Índice do local (K)

$$K = C * L / [h * (C + L)]$$

Onde:

C – Comprimento do ambiente

L – Largura do Ambiente

h – Altura do pé direito (pé direito do ambiente – altura do plano de trabalho – altura de suspensão da luminária)



Figura 26 – Características do ambiente



## 2- Fator de Utilização (U)

Este fator é apresentado na forma de tabela (Tabela 5) para cada tipo de luminária existente. Daí a necessidade de se escolher a luminária para aplicação no projeto, antes do início dos cálculos.

Para escolher o fator de utilização mais adequado, faz-se necessário conhecer as refletâncias (Tabelas 2 e 3) do teto, parede e piso, além do índice do local (K), calculado no item 1.

## 3- Fator de Perdas Luminosas (Fpl)

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

O nível de Iluminância projetado para o ambiente deve estar de acordo com os recomendados pela NBR 5413 (Tabela 4).

## 5- Cálculo da Quantidade de Luminárias

$$N = (E * C * L) / (n * f * U * Fpl)$$

Onde:

N = Quantidade de luminárias

E = Iluminância (lux) - item 4

C = Comprimento do ambiente (m)

L = Largura do ambiente (m)

n = Quantidade de lâmpadas por luminária

f = Fluxo luminoso da lâmpada (lm) - ver tabela no catálogo do fabricante

U = Fator de utilização - item 2

Fpl = Fator de perdas luminosas - item 3

### 3.1.5 ADEQUAÇÃO DOS RESULTADOS AO PROJETO

O valor calculado para N pode não ser um número inteiro, recomenda-se, quando isto acontecer, arredondá-lo de forma a obter uma distribuição de luminárias o mais uniforme possível.

### 3.1.6 CÁLCULO DA ILUMINÂNCIA MÉDIA

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

$$E = (N * n * f * U * Fpl) / C * L$$

### 3.1.7 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE ILUMINAÇÃO

Recomenda-se que o espaçamento entre as luminárias seja o dobro do espaçamento entre elas e as paredes laterais.

### 3.1.8 AVALIAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO

É muito usual a utilização de índices de Eficiência Energética para avaliar o grau de eficiência energética de uma determinada instalação ou projeto. O valor da “Potência por m<sup>2</sup>” ou da “Densidade de Potência Relativa” são índices amplamente divulgados; para tanto, calcula-se, inicialmente, a potência total instalada.

#### POTÊNCIA TOTAL INSTALADA

Símbolo: Pt

Unidade: kW

É o somatório das potências de todos os aparelhos instalados na iluminação.

Ou seja, é a soma do número de lâmpadas de mesma potência multiplicada pelo valor da potência de cada unidade e da potência consumida de todos os reatores, transformadores e/ou ignitores, quando for o caso. Os valores da potência consumida pelos reatores, relacionados aos diversos tipos de lâmpadas, podem ser encontrados nos catálogos dos fabricantes.

A Potência Total Instalada (Pt) é geralmente expressa em quilowatts (kW),

Sendo: w = potência consumida pelo conjunto lâmpada e equipamentos auxiliares, em watts.

Temos:

$$Pt = \frac{n \cdot w \text{ (kW)}}{100}$$

#### DENSIDADE DE POTÊNCIA

Símbolo: D

Unidade: W/m<sup>2</sup>

É a Potência Total Instalada em watt para cada metro quadrado de área.

Sendo:

Pt = Potência Total Instalada (kW)

A = Área do ambiente Iluminado (m<sup>2</sup>)

Temos:

$$D = \frac{P_t * 1000 \text{ W/m}^2}{A}$$

A eficiência energética de um determinado sistema de iluminação já instalado ou de projeto luminotécnico só pode ser avaliada quando comparada com outro que apresente mesmo nível médio de iluminância; ou seja, um sistema de iluminação já instalado ou de projeto luminotécnico é mais eficiente que outro se apresentar mesmo nível médio de iluminância e menor Densidade de Potência.



Essa grandeza é muito útil para os cálculos de dimensionamento e revitalização de sistemas de ar-condicionado ou mesmo dos projetos elétricos de uma instalação.

#### DENSIDADE DE POTÊNCIA RELATIVA

Símbolo: Dr

Unidade: W/m<sup>2</sup> p/ 100 lux

É a Densidade de Potência Total Instalada para cada 100 lux de Iluminância.

Sendo:

D = Potência total Instalada em watt para cada metro quadrado de área

E = Iluminância média obtida no ambiente iluminado

A = Área do ambiente Iluminado

$$Dr = \frac{D}{E/100} \quad \text{ou} \quad Dr = \frac{D}{E/100} * 100$$

### 3.2 EXEMPLO DE CÁLCULO DE PROJETO DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE DE INTERIORES

Suponha que o ambiente em estudo tenha as seguintes características:

Comprimento = 8m

Largura = 4,8m

Pé direito = 2,8m

Altura de suspensão da luminária = 0

Plano de trabalho = 0,8m

A cor do teto e das paredes é branca.

Trata-se de um escritório e pretende-se utilizar no local luminárias com duas lâmpadas de 32W e reator eletrônico. Com base nestes dados, calcule a quantidade de luminárias necessárias para atender os níveis de iluminância recomendados pela norma.

1- Índice do local (K)

$$k = 8 * 4,8 / [2 * (8 + 4,8)] = 1,5$$

2- Fator de Utilização (U)

Refletância do teto = 70%  
 Refletância da parede = 50%  
 Refletância do piso = 10%

Com os coeficientes de refletâncias Teto/Parede/Piso devemos localizar na Tabela 5 - Fator de utilização de luminária, página 51, sua coluna correspondente. Neste caso, escolhemos a coluna 751. A interseção desta com a linha que corresponde ao índice local calculado (1,5) nos dá o fator de utilização,  $U = 0,51$ .

3- Fator de perdas luminosas (Fpl)

Ambiente limpo :  $Fpl = 0,80$

4- Iluminância recomendada:

Conforme NBR 5413, na Tabela 4, página 47, temos:  $E = 500 \text{ lux}$

5- Quantidade de luminárias (N)

Pela tabela do fabricante o fluxo luminoso da lâmpada fluorescente de 32W é 3050 lm.

$$N = (500 * 8 * 4,8) / (2 * 3050 * 0,51 * 0,8) = 7,7 \text{ luminárias}$$

Após arredondamento define-se que serão utilizadas 8 luminárias.

6- Iluminância média

$$E = (8 * 2 * 3050 * 0,51 * 0,80) / (8 * 4,8) = 519 \text{ lux}$$

7- Definição dos pontos de iluminação

Como temos que distribuir oito luminárias em um ambiente retangular, com medidas de 8m de comprimento e 4,8m de largura, e as distâncias das luminárias às paredes devem ser metade das distâncias entre luminárias, a melhor opção é distribuí-las em duas fileiras, com 4 luminárias cada e paralelas às paredes de 8m. Toma-se a luminária em seu comprimento como base para o paralelismo.

8- Avaliação do Consumo Energético

Potência Total Instalada

Considerando-se luminárias com duas lâmpadas, mais reator eletrônico, para uma tensão de 127 V, do manual do fabricante, temos uma potência por luminária de 70 W.

Como temos 8 luminárias:

$$Pt = 8 * 70 / 1000 \text{ kW} = 0,56 \text{ kW}$$

Densidade de Potência

Como a área é dada por  $C \times L$ , temos:  $A = 8 * 4,8 = 38,4 \text{ m}^2$

$$D = (0,56 * 1000) / 38,4 \text{ W/m}^2 = 14,6 \text{ W/m}^2$$

Densidade de Potência Relativa

Para uma iluminância média de 519 lux

$$Dr = (14,6 / 519) * 100 = 2,81 \text{ W/m}^2 \text{ p/ } 100 \text{ lux}$$



## 4 SELOS QUE GARANTEM EFICIÊNCIA

O objetivo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL é promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais.

O SELO PROCEL DE ECONOMIA DE ENERGIA ou simplesmente Selo Procel, foi instituído por Decreto Presidencial em 8 de dezembro de 1993. É um produto desenvolvido e concedido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - Procel, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia – MME, com sua Secretaria-Executiva mantida pela Eletrobras.

O Selo Procel tem por objetivo orientar o consumidor no ato da compra, indicando os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria, proporcionando assim economia na sua conta de energia elétrica. Também estimula a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a preservação do meio ambiente.



Figura 27 – Selo Procel de eficiência



O PROCEL concede o selo para os seguintes itens:

- Condicionadores de ar de janela
- Condicionadores de ar tipo split-system hi-wall
- Condicionadores de ar tipo split-system piso-teto
- Coletores solares
- Congeladores
- Lâmpadas a vapor de sódio
- Lâmpadas fluorescentes compactas
- Lavadoras de roupa automáticas
- Lavadoras de roupa semi-automáticas
- Lavadoras automáticas lava-e-seca
- Motor de alto rendimento
- Motor padrão
- Reatores eletromagnéticos para lâmpadas a vapor de sódio
- Reatores eletrônicos para lâmpadas tubulares
- Refrigeradores e combinados
- Reservatórios térmicos
- Televisores LCD
- Televisores LED
- Televisores tradicionais
- Televisores plasma
- Ventiladores de teto



## ENCE – ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

No processo de concessão do Selo Procel, a Eletrobrás conta com a parceria do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Inmetro, executor do Programa Brasileiro de Etiquetagem-PBE, cujo principal produto é a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia –ENCE, sendo também a Eletrobrás, parceira do Inmetro no desenvolvimento do PBE. Normalmente, os produtos contemplados com o Selo Procel são caracterizados pela faixa “A” da ENCE.

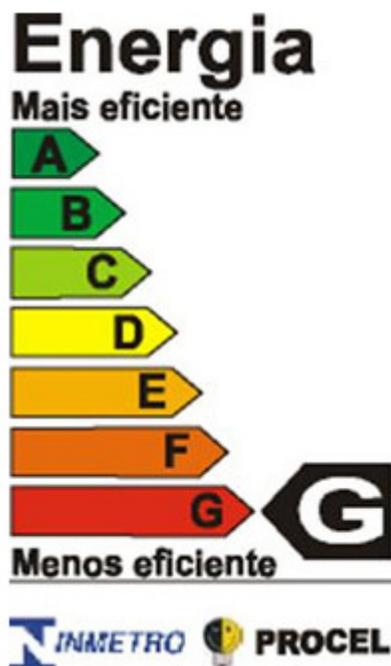


Figura 28 – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - Modelo de Etiqueta para Lâmpadas

## 5 PLANILHA PARA PROJETOS DE ILUMINAÇÃO

Sugestão de planilha para cálculo de custos e rentabilidade a ser utilizada em projetos de iluminação interna:

Tabela 6 - Cálculo de Rentabilidade em Projetos de Iluminação

### Cálculo de rentabilidade

Compare, com seus próprios cálculos, dois sistemas de iluminação distintos. Verifique qual é o mais eficiente e em quanto tempo se dá o retorno de investimento.	Sistema A	Sistema B
---	--------------	--------------

### Características do sistema de iluminação e ambiente

1 Modelo de lâmpada	-		
2 Fluxo luminoso nominal da lâmpada	lumens		
3 Modelo do reator	-		
4 Tecnologia do reator	-		
5 Fator de fluxo luminoso do reator	-		
6 Fluxo luminoso obtido por lâmpada = 2 x 5			
7 Modelo da luminária	-		
8 Nível de iluminação obtido (Iluminância)	lux		
9 Área do ambiente	m <sup>2</sup>		
10 Vida útil da lâmpada	horas		
11 Quantidade total de lâmpadas	unidades		
12 Quantidade total de luminárias	unidades		
13 Potência instalada em cada luminária (lâmpadas + acessórios)	watts		
14 Potência total instalada = (12 x 13) : 1000	kW		

### Características de uso

15 Tempo de uso mensal	horas/mês		
16 Consumo mensal de kWh = 14 x 15	kWh/mês		
17 Durabilidade média das lâmpadas nesta aplicação = 10 : 15	meses		

### Custos dos equipamentos envolvidos

18 Preço de cada lâmpada	R\$		
19 Preço de cada luminária	R\$		
20 Preço de cada acessório por luminária	R\$		
21 Custo do projeto + instalação	R\$		
22 Custo médio da energia elétrica (preço do kWh)	R\$		

### Custos dos investimentos

23 Custos de equipamento para instalação = 11x18 +12x (19+20+21)	R\$		
24 Diferença entre os custos de investimentos = 23 B – 23 A	R\$		

### Custos operacionais

25 Custo do consumo mensal de energia = 16 x 22	R\$		
26 Custo médio mensal de reposição das lâmpadas = (11x15x18) : 10	R\$		
27 Redução no consumo de energia do sistema de ar condicionado	R\$		
28 Somatório dos custos operacionais = 25 + 26 – 27	R\$		
29 Diferença mensal entre custos operacionais = 28 A - 28 B	R\$		

### Avaliação de rentabilidade

30 Retorno do investimento = 24 : 29	meses		
--------------------------------------	-------	--	--

### Dados comparativos de consumo da instalação

31 Densidade de potência Relativa = 1000* 14 : 100* 9 : 8			
---	--	--	--



## 6 CUIDADOS ESPECIAIS

### 6.1 DESTINO DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES

As lâmpadas que contêm mercúrio são as do tipo fluorescentes, fluorescentes compactas, lâmpadas mistas contendo Hg, lâmpadas halógenas, lâmpadas de vapor de mercúrio e mercúrio/sódio. Largamente utilizadas, estas lâmpadas podem causar impactos ambientais importantes pela contaminação do ar, água e solo pelo mercúrio desprendido das mesmas e os consequentes malefícios para saúde humana.

A fabricação, o transporte, a armazenagem, separação, acondicionamento, reciclagem e reutilização devem ser feitos de forma tecnicamente segura e adequada e a disposição final dos produtos em aterros deve ser evitada até ser totalmente eliminada, com vistas a prevenir os riscos à saúde humana, dos animais e do meio ambiente terrestre, aéreo e aquático.

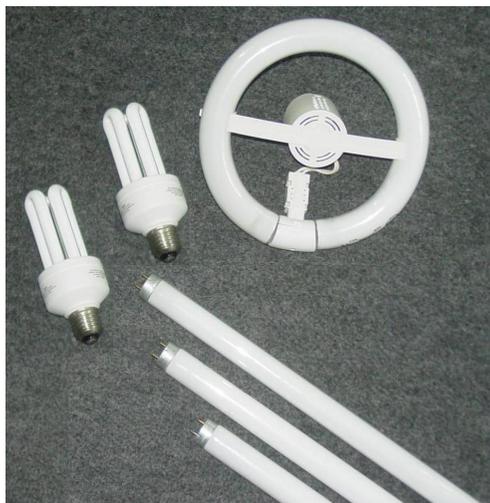


Figura 29 - Lâmpadas Fluorescentes Tubular e Compacta

No Brasil, é incipiente a legislação específica que abarca os diversos aspectos, de modo a prevenir os riscos advindos do uso de mercúrio em lâmpadas. Entretanto, existem fundamentos legais que dão embasamento para se estabelecer padronizações de procedimentos e exigências. Também não existe determinação legal da quantidade de mercúrio que deve ser utilizada, por tipo de lâmpada, de modo a reduzir os riscos para a vida.

#### 6.1.1 FABRICAÇÃO DE LÂMPADAS COM MERCÚRIO

Os procedimentos a seguir estão destinados às empresas que fabricam, armazenam, importam, exportam ou comercializam lâmpadas com mercúrio, conforme atividades desenvolvidas em seus estabelecimentos.

1. Substituir a tecnologia de utilização de introdução (injeção) de mercúrio líquido no tubo, por outras tecnologias, como, por exemplo, a de cápsula de mercúrio e a de mercúrio amalgamado, que permitem melhor controle de exposição na produção;
2. Substituir o processo de diluição do pó fluorescente que utiliza solventes à base de xilol, acetato de butila e etila, ou outros similares por processo que utilize água como solvente;
3. Padronizar a quantidade de mercúrio utilizado por lâmpada, de acordo com tipo, tamanho e modelo podendo variar de 3 mg de Hg (ou menos) até no máximo 10 mg por lâmpada. A quantidade de mercúrio nas lâmpadas fluorescentes compactas não deve exceder a 5 mg por lâmpada; nas lâmpadas fluorescentes simples de halofosfato a 10 mg por lâmpada; nas lâmpadas trifosfato de vida média normal a 5 mg e nas lâmpadas trifosfato de vida média longa a 8 mg;

4. Produzir lâmpadas fluorescentes tubulares que não excedam 1,50 m de comprimento, em função dos riscos no manuseio, fabricação, transporte e reciclagem;
5. Imprimir de forma visível no corpo da lâmpada o nome do fabricante, o valor quantitativo de mercúrio contido na mesma e a advertência: “não quebre: contém elemento tóxico”, visando à orientação ao consumidor;
6. Embalar as lâmpadas por unidade e colocá-las em caixas, inclusive as transportadas, importadas, exportadas e comercializadas. Manter as caixas dispostas em pallets, com empilhamento em quantidade e altura que não ofereçam risco de acidente, queda ou rompimento, armazenando-as em local específico para esta finalidade;
7. Providenciar para que as embalagens contenham informações em destaque e facilmente legíveis, relativas ao risco do mercúrio, os cuidados a serem adotados em caso de quebra, a orientação ao consumidor para não quebrar as lâmpadas após o uso e devolvê-las embaladas adequadamente, de preferência, dentro da embalagem original, bem como, os cuidados a serem adotados em caso de quebra acidental;
8. Acondicionar as lâmpadas defeituosas (refugo) em embalagens resistentes, em bom estado de conservação, que não possibilite a evaporação do mercúrio, corretamente empilhadas e em local específico, dotado de ventilação eficiente;
9. Adotar os mesmos procedimentos e as mesmas medidas de proteção previstas para as empresas de reciclagem, no tratamento dado às lâmpadas reprovadas no processo de produção ou quebra acidental, em local específico para esta finalidade, sendo vedada quebra de lâmpada na linha de produção;
10. Realizar processo de purificação/destilação/recuperação do mercúrio em local adequado, específico para o desenvolvimento seguro dessa atividade e isolado dos demais setores de produção. Este processo deve ser enclausurado, com a utilização de uma cabine fechada ou equivalente e dotada de sistema de ventilação local exaustora. O ar capturado através da exaustão deve receber tratamento prévio, empregando-se a melhor tecnologia disponível no mercado, para retenção do mercúrio, antes de ser lançado no ambiente externo. Devem ser eliminados quaisquer processos manuais de limpeza do mercúrio, tais como, lavagem com produtos químicos ou similares, separação através de funil ou outros. Nenhum equipamento, máquina, recipiente ou produto desnecessário ao processo purificação/destilação/recuperação do mercúrio deve permanecer no local;
11. Impermeabilizar os pisos, paredes e teto dos locais de trabalho, onde exista mercúrio, com produtos que impeçam a impregnação e a penetração de mercúrio;
12. Tomar todas as medidas necessárias para impedir que cápsulas e amálgamas fiquem espalhados pelas bancadas ou pelo chão durante o processo produtivo;
13. Monitorar a temperatura ambiente dos setores de produção de lâmpadas a fim de assegurar conforto térmico aos trabalhadores. Dotar os ambientes de trabalho de sistema de ventilação, com constante renovação de ar ambiente, que contenha um sistema de filtros com retenção de mercúrio e com monitoração permanente do ar lançado para o meio ambiente;



14. Dotar as máquinas e equipamentos que utilizem mercúrio, de um sistema de ventilação local exaustora eficiente, com recuperação de mercúrio e com filtros de retenção devendo os efluentes gasosos do sistema referido serem monitorados permanentemente, antes do lançamento no meio ambiente;

15. Realizar monitoramento constante de mercúrio do ar ambiente e das possíveis emissões através de fontes e de pontos de escape, nos locais de trabalho e em todos os ambientes sujeitos à contaminação. Em caso de verificação de escapamento ou de ultrapassagem dos valores previstos no presente documento, devem ser adotadas pela empresa medidas imediatas de eliminação do risco;

16. Monitorar também o mercúrio do entorno da empresa abrangendo inclusive o período de inverno, para fins de avaliação de qualidade do ar da região. O solo da área da empresa, bem como as águas utilizadas, devem ser monitoradas, sendo que a amostragem, coleta e procedimentos deverão obedecer às normas estabelecidas pelos órgãos competentes;

17. Fornecer informações, por escrito, e treinar os trabalhadores sobre os procedimentos corretos a serem adotados com relação ao risco existente em todas as atividades nas quais ocorre a manipulação de mercúrio ou de produtos contendo mercúrio;

18. Submeter os efluentes líquidos e os resíduos sólidos a processo de descontaminação do mercúrio seguindo a orientação dos órgãos competentes;

19. Encaminhar todo e qualquer produto contaminado, tais como dispositivos de retenção de mercúrio, resíduos das impurezas do mercúrio e outros para a devida descontaminação em empresas especializadas e licenciadas pelos órgãos ambientais competentes;

20. As empresas importadoras de lâmpadas devem:

a) Fazer constar nas lâmpadas importadas as mesmas informações e advertências previstas para aquelas fabricadas no país, impressas em língua portuguesa;

b) Possuir e disponibilizar documentos contendo a razão social e endereço completo do produtor, e as informações pertinentes na embalagem;

c) Possuir cadastro no qual conste a razão social, CNPJ, endereço completo e quantidades médias importadas por ano, que deverá estar disponível aos órgãos públicos interessados;

d) Adotar todos os procedimentos previstos para as empresas fabricantes e as de reciclagem com relação às lâmpadas com mercúrio.

### **6.1.2 TRANSPORTE DE LÂMPADAS COM MERCÚRIO**

Os cuidados e procedimentos para o transporte e o acondicionamento das lâmpadas usadas são de responsabilidade solidária da empresa fabricante, importadora, remetente e daquela que realiza o deslocamento.

O transporte de lâmpadas com mercúrio ou produtos contaminados com mercúrio deve ser feito somente se estiverem adequadamente classificados, embalados, rotulados, sinalizados e com declaração emitida pelo expedidor, constante em documentação de transporte e nas condições regulamentares exigidas.



O transporte de lâmpadas inservíveis deve ser feito em separado de quaisquer outros resíduos ou lixo e em veículos destinados para esta finalidade. Lâmpadas quebradas não poderão ser transportadas sem o devido acondicionamento, em embalagens especiais herméticas, a fim de evitar a contaminação do condutor da carga, do veículo de transporte e dos locais de passagem.

As lâmpadas novas devem ser comercializadas como produto que contém elemento tóxico e devem ser tomados os mesmos cuidados definidos para o transporte das lâmpadas usadas.

### **6.1.3 ACONDICIONAMENTO DE LÂMPADAS COM MERCÚRIO**

1. Embalar individualmente as lâmpadas inservíveis (usadas), sem danos aparentes e colocá-las preferencialmente em suas embalagens originais, mantendo-as intactas e protegidas contra eventuais choques que possam provocar a sua ruptura, e armazená-las em local seco. Caso não seja possível reaproveitar as embalagens originais, deverá ser utilizado papelão, papel ou jornal e fitas colantes resistentes para envolver as lâmpadas, protegendo-as contra choques;

2. Acondicionar as lâmpadas embaladas individualmente, em recipiente portátil ou caixa resistente apropriados para o transporte, de forma a evitar a quebra das mesmas;

3. Efetuar o acondicionamento de lâmpadas quebradas ou danificadas, separadamente das demais, em recipientes hermeticamente fechados resistentes à pressão, revestido internamente com saco plástico especial para evitar sua contaminação, e com a informação de que se trata de lâmpada quebrada com mercúrio;

4. Realizar o manuseio de lâmpadas quebradas (casquilhos), somente com uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) adequados, tais como, máscara para mercúrio, luvas, avental impermeável e calçado de segurança, em todas as fases de movimentação dos produtos, recolhimento, armazenamento e transporte.

### **6.1.4 RECOLHIMENTO E ARMAZENAGEM PÓS-COLETA DE LÂMPADAS COM MERCÚRIO**

A política adotada pelo Ministério do Meio Ambiente é a de responsabilidade pós-consumo, onde se define a cadeia de responsabilidades, cabendo atribuições aos fabricantes/importadores, distribuidores/revendedores e consumidores.

Os consumidores têm a responsabilidade devolver as lâmpadas após uso ou entregar as lâmpadas inservíveis, nos estabelecimentos que as comercializam ou nos postos de coleta, de preferência nas próprias embalagens, seguindo as orientações e tomando a precaução de não quebrá-las.

## **6.2 RECICLAGEM**

Considera-se reciclagem de lâmpadas com mercúrio o conjunto de procedimentos que abrange a decomposição da lâmpada, a separação dos materiais, a recuperação do mercúrio, a descontaminação e a destinação dos materiais sem mercúrio para reaproveitamento em processo produtivo.

Considera-se descontaminado o material que não possua mercúrio ou contenha níveis mínimos detectáveis do metal.



As recomendações relativas à reciclagem são as seguintes:

1. Todo e qualquer procedimento de reciclagem de lâmpadas deve ser feito por empresa legalmente constituída, licenciada por órgão competente, e inscrita no Cadastro Técnico Federal do Ibama, além de consolidada em imóvel edificado em endereço fixo;
2. Prover as áreas de armazenamento e reciclagem de lâmpadas de pisos, paredes e teto impermeabilizados, com produtos que impeçam a impregnação e a penetração de mercúrio;
3. Fica proibida a realização de quebra ou tratamento de lâmpadas contendo mercúrio em unidades móveis, seja em veículo ou similares ou quaisquer meios passíveis de deslocamento para a realização deste tipo de atividade;
4. Manter as lâmpadas recebidas para reciclagem em local específico para tal finalidade, coberto e dotado de sistema de ventilação;
5. Enclausurar todos os procedimentos realizados na reciclagem, de modo a impedir emissões fugitivas de mercúrio, dotados de sistema de ventilação local exaustora eficiente, com dispositivo de captura e coleta do mercúrio e tratamento do ar emitido na atmosfera;
6. Descontaminar as poeiras fosforadas e demais particulados retirados do interior das lâmpadas, bem como as partes metálicas retiradas das lâmpadas submetendo a processo fechado de descontaminação, por meio de aquecimento suficiente para a total evaporação do mercúrio ali contido, com recuperação e engarrafamento do mesmo em recipiente apropriado, antes da destinação adequada;
7. Acondicionar todo o mercúrio recuperado em recipientes de metal que não se amalgama com mercúrio, nem deteriorem e ter fechamento hermético;
8. Armazenar adequadamente os resíduos gerados, até a destinação adequada;
9. Submeter as águas utilizadas no processo a tratamento de descontaminação, antes do lançamento no meio ambiente mantendo monitoramento permanentemente nas mesmas;
10. Os efluentes lançados em qualquer curso d'água e no meio ambiente não devem conter teores detectáveis de mercúrio;
11. Previamente ao tratamento de descontaminação, todos os produtos contaminados devem ser acondicionados separadamente em recipientes hermeticamente fechados, e armazenados temporariamente em local específico para este fim, inclusive os lotes com lâmpadas quebradas;
12. Manter os comprovantes de destinação do material gerado na reciclagem, contendo tipo, peso, volume e endereços do receptor, à disposição dos órgãos de fiscalização e controle;
13. Os materiais provenientes da reciclagem, para serem reaproveitados, devem ser processados até remoção do mercúrio e monitorados através de testes de controle de qualidade, com metodologia que evite perdas na manipulação da amostra, sendo necessária a amostragem de todos os lotes a serem encaminhados para terceiros;



14. A empresa recicladora deve emitir e encaminhar laudo da análise quantitativa do mercúrio dos lotes encaminhados aos receptores destes resíduos, comprovando a descontaminação dos materiais;

15. As empresas recicladoras de lâmpadas com mercúrio devem realizar avaliação semestral para monitoramento de mercúrio no ar dos locais de trabalho e do entorno da empresa abrangendo o período de inverno para fins de avaliação de qualidade do ar da região. O solo da área da empresa, bem como as águas utilizadas devem ser monitorados sendo que a amostragem, coleta e procedimentos deverão obedecer às normas estabelecidas pelos órgãos competentes.

### **6.3 DESTINAÇÃO**

Fica vedada a disposição final das lâmpadas de mercúrio em aterros sanitários, lançamento in natura, aterramento ou processo de queima ou incineração, devendo as mesmas ser destinadas para reciclagem.



## 7 BIBLIOGRAFIA

Manual de Iluminação Eficiente - julho/2002 – Engº. Pierre Rodrigues

Manual Luminotécnico Prático – OSRAM

Manual de Iluminação – PHILIPS

Manual GE – INCANDESCENTES

Manual GE – HALÓGENAS

Curso de Fotometria on-line: aula 1 a aula 10 – Autor: Pinto, Rinaldo Caldeira.

Documento de recomendações a serem implementadas pelos órgãos competentes em todo o território nacional relativas às lâmpadas com mercúrio – novembro/2007 – Grupo GT/Lâmpadas.

## 8 SITES

<http://www.mspc.eng.br/tecdiv/ilum1A.asp>

[http://www.pucrs.br/labelo/ens\\_procel.php](http://www.pucrs.br/labelo/ens_procel.php)

<http://educar.sc.usp.br/otica/luz.htm#natureza>

[http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia2000/turmaA/grupo6/temperatura\\_cor.htm](http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia2000/turmaA/grupo6/temperatura_cor.htm)

<http://www.itesp.sp.gov.br/gespessoas/cipa/fontes/campo.htm>

<http://www.gelampadas.com.br/solucoes/glossario.asp>

<http://www.edlumiere.com.br/?strArea=busca&area=iluminacao>

[http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2004/Artigos%20de%20Periodicos/rinaldo\\_aula4.pdf#search=%22revista%20lumiere%22](http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2004/Artigos%20de%20Periodicos/rinaldo_aula4.pdf#search=%22revista%20lumiere%22)

<http://www.celesc.com.br/acessibilidade/CELESC.php?p=html/dicaluminarias.htm>

<http://www.osram.com.br/servicos/leds/index.html>

[http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2004/Artigos%20de%20Periodicos/rinaldo\\_aula2.pdf](http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2004/Artigos%20de%20Periodicos/rinaldo_aula2.pdf)