

Lâmpadas e luminotécnica

Conceitos gerais e projeto de luminotécnica

Giovanni Manassero Junior

Depto. de Engenharia de Energia e Automação Elétricas
Escola Politécnica da USP

15 de março de 2013

Lâmpadas elétricas

Conceitos gerais

- Lâmpadas elétricas são dispositivos capazes de converter energia elétrica em energia luminosa;
- Existem três tipos de lâmpadas elétricas:
 - Lâmpadas incandescentes: produzem luz por meio de um filamento aquecido;
 - Lâmpadas de descarga: produzem luz por meio de um arco elétrico através de um gás;
 - Light-emitting diode (LED): produzem luz por um fenômeno conhecido como eletroluminescência, que consiste na emissão de luz em um sólido em decorrência de uma corrente elétrica que o atravessa.

Lâmpadas elétricas

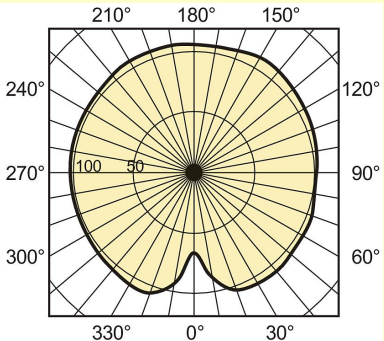
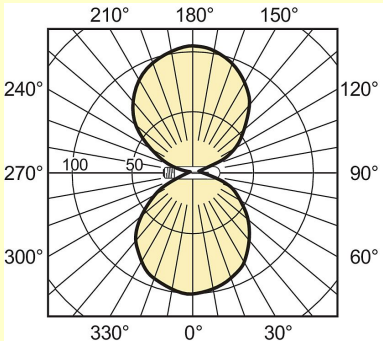
Parâmetros importantes

- Lâmpadas elétricas podem ser classificadas de acordo com os seguintes parâmetros:
 - Eficiência luminosa: razão entre o fluxo luminoso e a potência elétrica consumida [lm/W];
 - Vida útil: tempo de vida médio (MTTF – Mean Time To Failure);
 - Temperatura da cor: temperatura de um corpo negro ideal, que irradia luz de tonalidade comparável à da fonte de luz (para efeitos de projetos de luminotécnica, a temperatura está relacionada ao conforto visual);
 - Cor: corresponde ao espectro de cor da luz emitida;
 - Índice de reprodução de cores (IRC): medida quantitativa da capacidade para reproduzir as cores de vários objetos, em comparação com uma fonte de luz ideal.

Lâmpadas elétricas

Parâmetros importantes

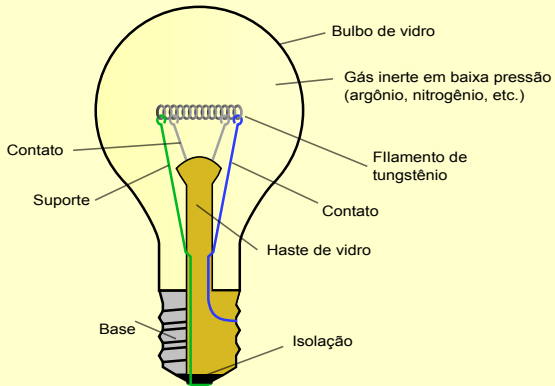
- Além dos parâmetros já descritos, os fabricantes fornecem também a curva de intensidade luminosa da lâmpada, conforme o exemplo a seguir.



Lâmpadas incandescentes convencionais

Lâmpadas incandescentes convencionais

Estrutura interna



Lâmpadas incandescentes convencionais

Detalhes

- A emissão de luz ocorre por um filamento de tungstênio aquecido ao ponto de incandescência;
- O bulbo protege o filamento de tungstênio da oxidação de modo a aumentar sua vida útil;
- O filamento de tungstênio é construído na forma de dupla espiral, para aumentar a área radiante;
- Variação de tensão: influência no fluxo luminoso e na vida útil.

Lâmpadas incandescentes convencionais

Lâmpadas incandescentes convencionais

Informações sobre lâmpada incandescente de bulbo convencional

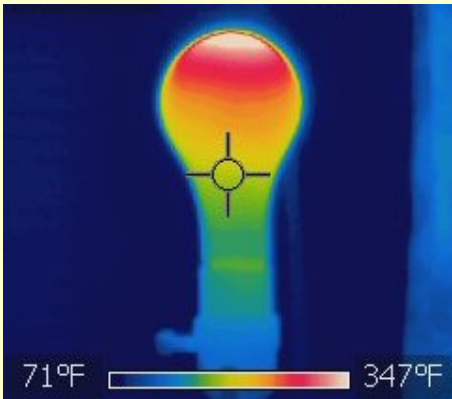
Características Técnicas da Lâmpada

Código do produto	Código Local	Nome do Produto	Fluxo Luminoso da Lâmpada	Índice de Reprodução de Cor	Código do produto	Código Local	Nome do Produto	Fluxo Luminoso da Lâmpada	Índice de Reprodução de Cor
920052835892	STD-127V25-I	STD 25W E27 127V A55 CL 1CT	-	100 Ra8	920056535892	STD-127V100-I	STD 100W E27 127V A55 CL 1CT	-	100 Ra8
920052842992	STD-220V25-I	STD 25W E27 220V A55 CL 1CT	260 Lm	100 Ra8	920056542992	STD-220V100-I	STD 100W E27 220V A55 CL 1CT	1340 Lm	100 Ra8
920053835892	STD-127V40-I	STD 40W E27 127V A55 CL 1CT	-	100 Ra8					
920053842992	STD-220V40-I	STD 40W E27 220V A55 CL 1CT	415 Lm	100 Ra8					
920054635892	STD-127V60-I	STD 60W E27 127V A55 CL 1CT	-	100 Ra8					
920054642992	STD-220V60-I	STD 60W E27 220V A55 Clear 1CT	-	100 Ra8					

Lâmpadas incandescentes convencionais

Lampadas incandescentes convencionais

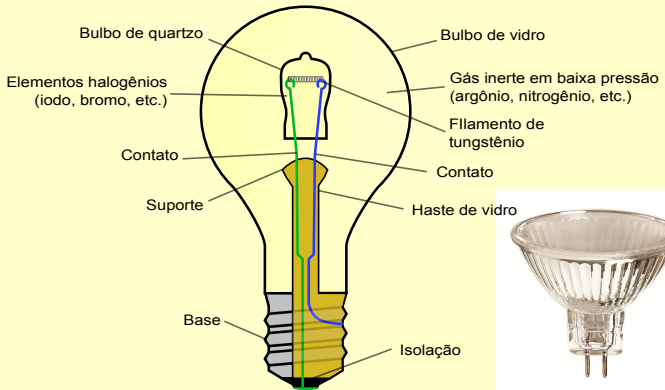
Imagem térmica



Lâmpadas incandescentes halógenas

Lâmpadas halógenas

Estrutura interna



Lâmpadas halógenas

Detalhes

- A emissão de luz ocorre por um filamento de tungstênio aquecido ao ponto de incandescência, porém a uma temperatura superior à temperatura da lâmpada incandescente convencional;
- O bulbo de quartzo, com os elementos halogênios, protege o filamento de tungstênio da oxidação de modo a aumentar sua vida útil;
- O bulbo de quartzo não deve ser tocado com a mão, para evitar depósito de gordura no vidro e a formação de microfissuras;
- A lâmpada halógena emite mais radiação ultravioleta e infravermelha do que as lâmpadas comuns;
- Normalmente o revestimento dicróico “absorve” parte do calor produzido pela radiação infravermelha, por meio de um fenômeno denominado interferência destrutiva, e o vidro possui filtro para radiação ultravioleta.

Lâmpadas incandescentes halógenas

Lâmpadas incandescentes halógenas

Informações sobre lâmpada incandescente halógena - Par 20

Características Gerais

Código do produto	Código Local	Nome do Produto	Bulbo	Base	Posição de Funcionamento	Vida útil a 50% de falhas	Vida útil nominal (horas)	Vida útil nominal (anos)
924713344283	PAR20-50W230-25	HalogenA PAR20 50W E27 230V 25D 1CT	PAR20	E27	qualquer uma	2000 hr	2000 hr	2 an

Características Técnicas da Lâmpada

Código do produto	Código Local	Nome do Produto	Ângulo do fecho	Índice de Reprodução de Cor	Intensidade Lumínosa	Temperatura de cor
924713344283	PAR20-50W230-25	HalogenA PAR20 50W E27 230V 25D 1CT	25 D	100 Ra8	850 (max) cd	2800 K

Lâmpadas incandescentes halógenas

Lâmpadas halógenas

Funcionamento do elemento halogênio



<http://www.lamptech.co.uk/Movies/Halogen Cycle.WMV>

Lâmpadas à descarga

Detalhes

- Lâmpadas à descarga são uma família de lâmpadas elétricas que produzem luz por meio da descarga elétrica entre eletrodos, através de um gás ionizado (plasma);
- A característica da descarga depende da pressão do gás (alta pressão ou baixa pressão, quando em operação), bem como a frequência do sinal de corrente;
- Tipicamente, essas lâmpadas utilizam algum gás nobre (argônio, neônio, criptônio e xenônio) ou uma mistura destes gases, que são responsáveis pela partida da lâmpada;
- Além de gases nobres, são preenchidas com materiais metálicos (p. ex. sódio, mercúrio e haletos), que são responsáveis pela emissão de radiação luminosa.

Lâmpadas à descarga

Princípio de operação

- Em funcionamento, o gás está ionizado e elétrons livres, acelerados pelo campo elétrico dentro da lâmpada, colidem com os átomos do gás e do metal;
- Alguns elétrons nos orbitais atômicos desses átomos são excitados pelas colisões e mudam para um estado de energia mais elevado;
- Quando o elétron retorna ao seu estado de menor energia há a emissão de um fóton, o que resulta em radiação luminosa (infravermelha, visível ou ultravioleta);
- Algumas lâmpadas convertem a radiação ultravioleta em luz visível com um revestimento fluorescente no interior da sua superfície de vidro;

Lâmpadas à descarga

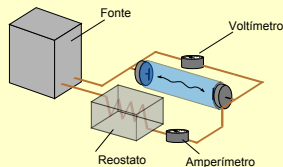
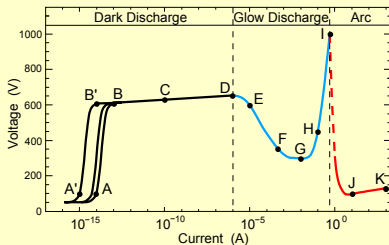
Classificação

- Lâmpadas à descarga podem ser classificadas quanto à pressão do gás no seu interior, bem como à operação dos seus eletrodos;
- Quando a pressão dentro do tubo de descarga é bem inferior à pressão atmosférica, diz-se que a lâmpada é do tipo baixa pressão, caso contrário, diz-se que a lâmpada é do tipo alta-pressão;
- Com relação aos eletrodos, há dois tipos:
 - Cátodo quente: consiste em um filamento de tungstênio que opera em altas temperaturas, emitindo elétrons por meio de um efeito termiônico, o que ajuda a manter o arco;
 - Cátodo frio: consiste em uma placa metálica que opera à temperatura da lâmpada. O início do processo de formação do arco elétrico ocorre quando os eletrodos são submetidos a uma tensão elevada, que deve ser aplicada para ionizar o gás.

Característica da descarga em gases

Relação da tensão e corrente

- A figura ilustra a curva característica (corrente *versus* tensão) de uma descarga luminosa de gás neônio a uma pressão de 1 [torr], entre dois eletrodos planos separados por 50 [cm].



C. F. Gallo, Coronas and Gas Discharges in Electrophotography: A Review, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.IA-13, No. 6, p.739 (1975)

Lâmpadas à descarga

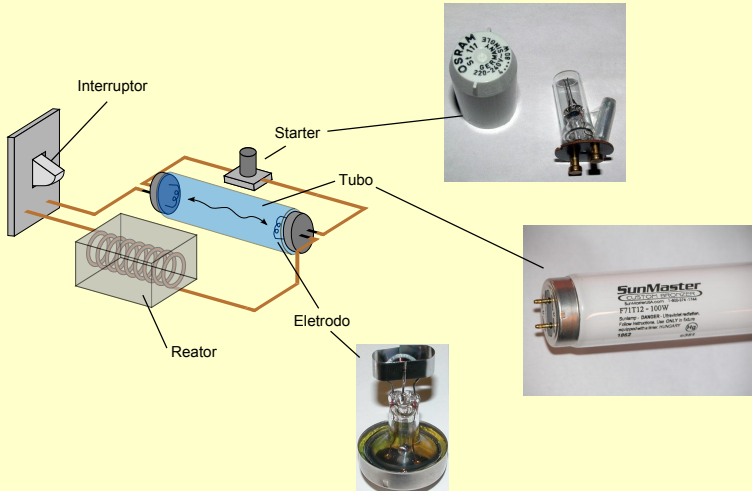
Lâmpadas de baixa pressão

- Trabalham com pressões internas bem inferiores à pressão atmosférica (p. ex. lâmpadas fluorescentes operam a uma pressão de cerca de 0,3% da pressão atmosférica);
- A potência do arco elétrico é de cerca de 0,5 a 2 [W/cm];
- Lâmpadas fluorescentes: comum na iluminação de escritórios e outras aplicações (possui eficiência luminosa elevada);
- Lâmpadas de neon: comum na iluminação de publicidade em placas, e consistem em longos tubos cheios de vários gases a baixa pressão;
- Lâmpadas de sódio de baixa pressão: são as lâmpadas de descarga mais eficientes. No entanto, a luz praticamente monocromática amarela só é aceitável para iluminação de rua e aplicações similares.

Lâmpadas à descarga de baixa pressão

Lâmpadas fluorescentes com *starter*

Estrutura interna



Lâmpadas à descarga de baixa pressão

Lâmpadas fluorescente com *starter*

Funcionamento

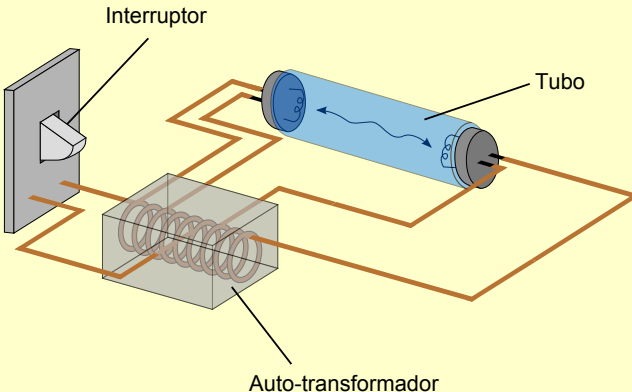


<http://www.youtube.com/watch?v=z55566ep0Hg>

Lâmpadas à descarga de baixa pressão

Lâmpadas fluorescente de partida rápida

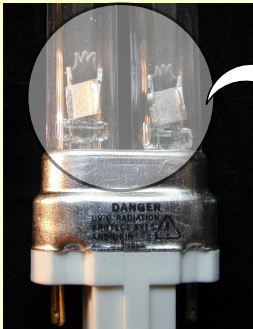
Estrutura interna



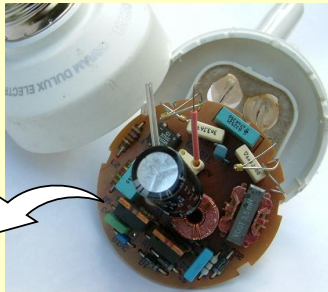
Lâmpadas à descarga de baixa pressão

Lâmpadas fluorescentes compactas

Estrutura interna



Eletrodos

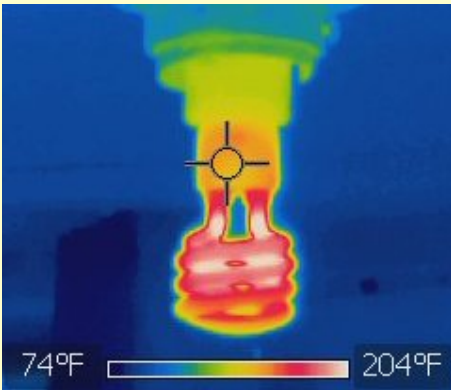


Reator Eletrônico

Lâmpadas à descarga de baixa pressão

Lâmpadas fluorescentes compactas

Imagem térmica



Lâmpadas fluorescentes compactas

Reatores Eletrônicos

- O reator eletrônico é constituído por uma placa de circuito, que possui um retificador, um filtro e um inversor, normalmente composto por dois transistores de comutação;
- A corrente de entrada é primeiro retificada, e depois invertida, pelos transistores, para uma corrente alternada de alta frequência;
- Como resultado, há os seguintes benefícios:
 - Redução do consumo de energia e aumento do fator de potência;
 - Aumento da eficiência luminosa;
 - Aumento da vida útil do conjunto;
 - Redução nas dimensões físicas e no peso do reator;
 - Partida rápida da lâmpada;

Lâmpadas à descarga de baixa pressão

Lâmpadas fluorescentes

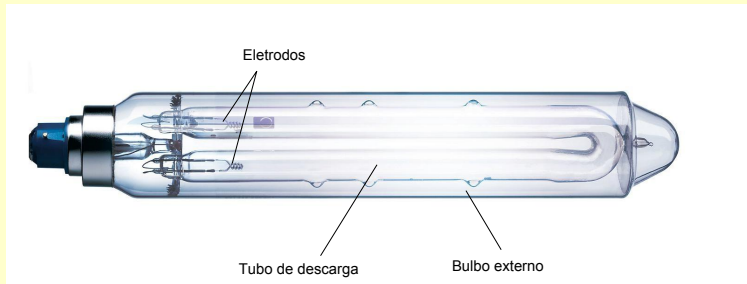
Características

- Eficiência: $\approx 50 - 60$ [lm/W];
- Vida útil: ≈ 9000 [horas];
- Variação de tensão: variações de tensão podem produzir o desligamento do arco.

Lâmpadas à descarga de baixa pressão

Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão

Estrutura interna



Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão

Características

- Eficiência: ≈ 200 [lm/W];
- Vida útil: ≈ 18000 [horas];
- Variação de tensão: variações de tensão podem produzir o desligamento do arco.

Lâmpadas à descarga

Lâmpadas de alta pressão

- Trabalham com pressões internas levemente inferiores ou superiores à pressão atmosférica (p. ex. a lâmpada de vapor de sódio de alta pressão possui pressão de cerca de 14% to 28% da pressão atmosférica, no entanto algumas lâmpadas para uso automotivo podem possuir pressões de até 50 atmosferas);
- Lâmpadas de vapores metálicos: produzem luz com grande IRC e podem atingir eficiências elevadas. Usualmente são utilizadas em estacionamentos, lojas, quadras esportivas;
- Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão: estas lâmpadas possuem um IRC inferior às lâmpadas de vapores metálicos, porém possuem uma eficiência superior. Podem ser utilizadas para iluminação pública;

Lâmpadas à descarga de alta pressão

Lâmpadas à descarga

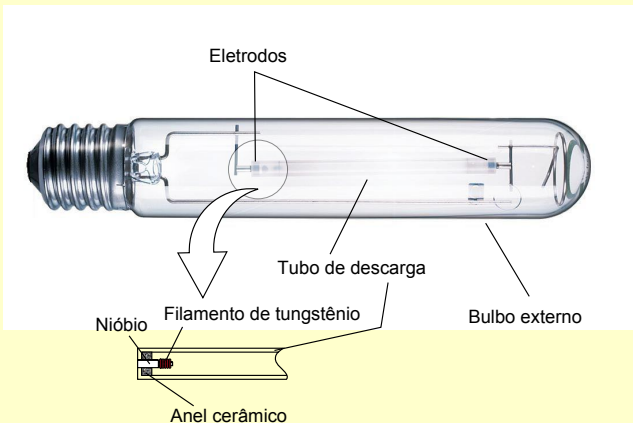
Lâmpadas de alta pressão

- Lâmpadas de vapor de mercúrio: são as mais antigas lâmpadas do tipo de alta pressão. Atualmente têm sido substituídas na maioria das aplicações pelas lâmpadas de vapores metálicos e pela lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.

Lâmpadas à descarga de alta pressão

Lâmpadas de vapores de sódio de alta pressão

Estrutura interna



Lâmpadas à descarga de alta pressão

Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão

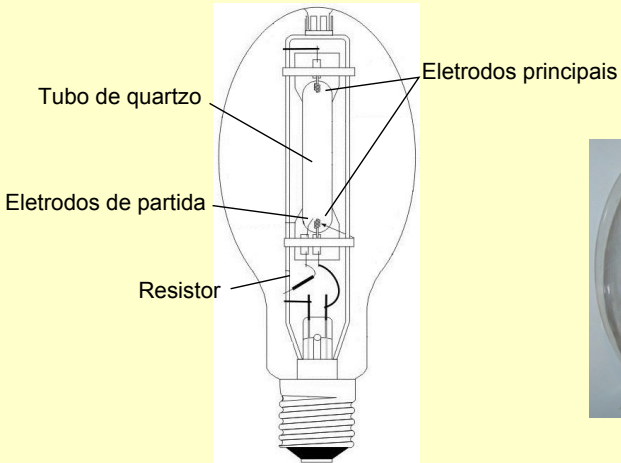
Características

- Eficiência: $\approx 100 - 150$ [lm/W];
- Vida útil: ≈ 20000 [horas];
- Variação de tensão: variações de tensão podem produzir o desligamento do arco.

Lâmpadas à descarga de alta pressão

Lâmpadas de vapor de mercúrio

Estrutura interna



Lâmpadas à descarga de alta pressão

Lâmpadas de vapor de mercúrio

Características

- Eficiência: $\approx 35 - 65$ [lm/W];
- Vida útil: ≈ 24000 [horas];
- Variação de tensão: variações de tensão podem produzir o desligamento do arco.

Lâmpadas de vapores metálicos

Características

- As lâmpadas de vapores metálicos estão substituindo as lâmpadas de vapor de mercúrio dada a sua eficiência superior e a qualidade do espectro da luz emitida;
- São bastante semelhantes às lâmpadas de vapor de mercúrio, porém no tubo de descarga há o acréscimo de haletos (iodo, bromo, etc.);
- Suas características são:
 - Eficiência: $\approx 75 - 100$ [lm/W];
 - Vida útil: $\approx 6000 - 15000$ [horas];
 - Variação de tensão: variações de tensão podem produzir o desligamento do arco.

Diodos emissores de luz

Características básicas

- É uma fonte luminosa bastante utilizada como lâmpada indicadora em muitos dispositivos eletrônicos;
- Produzem luz por um fenômeno conhecido como eletroluminescência, que consiste na emissão de luz em um sólido em decorrência de uma corrente elétrica que o atravessa;
- Cada vez mais utilizados para a iluminação de outra natureza (residencial, iluminação pública, veicular, etc.);
- Os primeiros emitiam luz de baixa intensidade no espectro vermelho, mas versões modernas estão disponíveis em outros comprimentos de onda visíveis (vermelho, verde e azul), bem como o ultravioleta e o infravermelho, com intensidades bastante elevadas;
- O led branco pode ser composto pela combinação de três leds (RGB) ou a partir do led azul, com a lente recoberta por fósforo.

Diodos emissores de luz

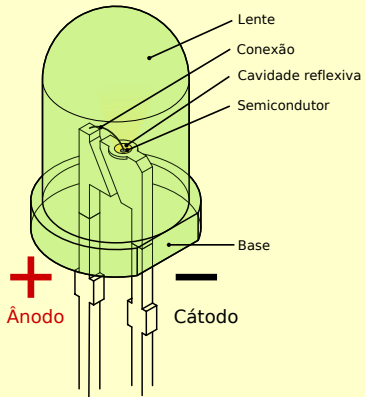
Vantagens e desvantagens

- Consumo de energia mais baixo (melhor eficiência);
- Vida útil maior;
- Robustez física;
- Custo elevado, quando comparados com outras alternativas;
- Necessidade de mecanismos de dissipação de calor mais eficientes, pois a área de emissão de radiação luminosa é pequena e, portanto, o dispositivo produz bastante calor por unidade de área.

Características básicas

Diodos emissores de luz

Estrutura interna

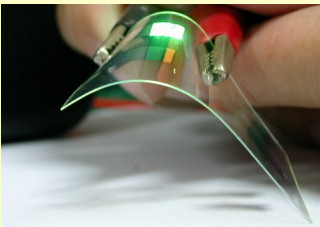


Diodos orgânicos emissores de luz

Diodos orgânicos emissores de luz

Características básicas

- É um diodo emissor de luz, cuja camada eletroluminescente é uma película de composto orgânico (carbono) que emite luz em resposta a uma corrente eléctrica;



Luminárias

Conceitos gerais

- São os aparelhos de fixação das lâmpadas. Devem apresentar as seguintes características básicas:
 - Agradáveis ao observador;
 - Modificar o fluxo luminoso da fonte de luz;
 - Possibilitar a fácil instalação e manutenção.
- Classificação das luminárias:
 - Direta: o fluxo luminoso é dirigido diretamente ao plano de trabalho;
 - Indireta: o fluxo luminoso é dirigido diretamente em oposição ao plano de trabalho;

Luminárias

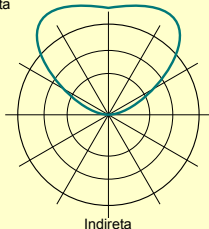
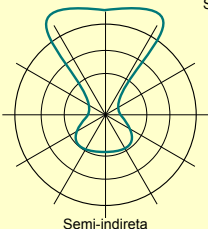
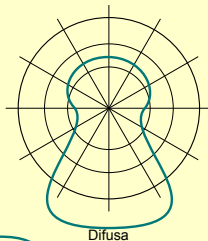
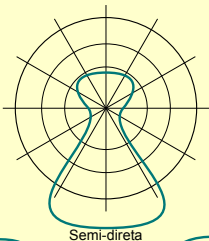
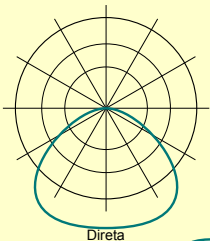
Conceitos gerais

- Classificação das luminárias (cont.):
 - Semi-direta: quando a maior parte do fluxo luminoso atinge o plano de trabalho diretamente e o restante, por reflexão;
 - Semi-indireta: quando a maior parte do fluxo luminoso atinge o plano de trabalho por reflexão e o restante, diretamente;
 - Geral-difusa: quando o fluxo luminoso apresenta praticamente a mesma intensidade em todas as direções (consultar literatura específica com os fabricantes).

Detalhes da classificação

Luminárias

Classificação das luminárias



Projeto de luminotécnica

Método dos lúmens e Método ponto a ponto

- O projeto de luminotécnica consiste em:
 - Definição do aparelho de iluminação a ser empregado (lâmpada e luminária);
 - Determinação da quantidade de aparelhos de iluminação para atingir o fluxo luminoso desejado;
 - Definição dos pontos de instalação dos aparelhos de iluminação.
- Existem dois métodos que podem ser utilizados para o projeto de luminotécnica:
 - Método ponto a ponto: utilizado normalmente em espaços abertos;
 - Método dos lúmens: utilizado normalmente em espaços fechados.

Método dos lúmens

Detalhamento do método

- O método consiste nas seguintes etapas:
 - Determinação do nível de iluminamento (E) requerido, para a atividade a ser desenvolvida no local (NBR5413);
 - Escolha do aparelho de iluminação (eficiência, cor, índice de reprodução de cores, etc.);
 - Determinação do fator de utilização (F_u), em função do fator do local (K);
 - Determinação do fator de depreciação (F_d), em função do período de manutenção pretendido e das condições do local;
 - Cálculo dos aparelhos de iluminação necessários e fixação do espaçamento entre aparelhos.

Método dos lúmens

Determinação do nível de iluminamento

- O nível de iluminamento é dado pela norma NBR5413 - Iluminância de Interiores, de abril de 1992.

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

Segundo a NBR5413:

O procedimento é o seguinte:

- Analisar cada característica para determinar o seu peso (-1, 0 ou +1);

- Somar os três valores encontrados, algebricamente, considerando o sinal;

Usar a iluminância inferior do grupo, quando o valor total for igual a -2 ou -3; a iluminância superior, quando a soma for +2 ou +3; e a iluminância média, nos outros casos.

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas intermitentemente 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
B Iluminação geral para área de trabalho	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
C	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
		Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica

Método dos lúmens

Determinação do nível de iluminamento

- O nível de iluminamento é dado pela norma NBR5413 - Iluminância de Interiores, de abril de 1992.

Segundo a NBR5413:

1) Para cada tipo de local ou atividade, três iluminâncias são indicadas,

sendo a seleção do valor recomendado feita da seguinte maneira:

1.1) Das três iluminâncias, considerar o valor do meio, devendo este ser utilizado em todos os casos.

1.2) O valor mais alto, das três iluminâncias, deve ser utilizado quando: a) a tarefa se apresenta com refletâncias e contrastes bastante baixos; b) erros são de difícil correção; c) o trabalho visual é crítico; d) alta produtividade ou precisão são de grande importância; e) a capacidade visual do observador está abaixo da média.

2) O valor mais baixo, das três iluminâncias, pode ser usado quando:

2.1) Refletâncias ou contrastes são relativamente altos;

2.2) A velocidade e/ou precisão não são importantes;

2.3) A tarefa é executada ocasionalmente.

- tribuna	300 - 500 - 750	baterias acumuladoras, tubulações alimentadoras de caldeiras, compressores e jogos de instrumentos afins	100 - 150 - 200
- platéia	100 - 150 - 200	- plataformas de caldeiras	100 - 150 - 200
- sala de espera	100 - 150 - 200	- alimentação de combustível	100 - 150 - 200
- bilheterias	300 - 150 - 750	- transportadores de carvão, trituradores e instalação para pó de carvão	100 - 150 - 200
5.3.3 Bancos		- embasamento da turbina	100 - 150 - 200
- atendimento ao público	300 - 500 - 750	- sala da turbina	100 - 150 - 200
- máquinas de contabilidade	300 - 500 - 750	- instalações de hidrogênio e CO	100 - 150 - 200
- estatística e contabilidade	300 - 500 - 750	- salas para amolecimento de água	100 - 150 - 200
		- laboratório químico	300 - 500 - 750
		- salas de controle (quadro distribuidor) e salas grandes de	

Método dos lúmens

Determinação do fator de utilização - Índice do local

- O fator de utilização descreve: a influência do tipo de aparelho de iluminação escolhido; do tipo de execução de paredes, teto e piso; bem como das dimensões do local;
- As dimensões do local podem ser obtidas a partir da equação:

$$\underbrace{K}_{\text{fator do local}} = \frac{C \times L}{h_{\text{útil}} \times (C + L)}$$

- Onde:

K Fator do local;

C Comprimento do local [m];

L Largura do local [m];

$h_{\text{útil}}$ Altura do plano de trabalho até a luminária. (**ATENÇÃO**)

Método dos lúmens

Determinação do fator de utilização - Fatores de reflexão

- O fator de reflexão quantiza a influência da execução das paredes, teto e piso na determinação do fator de utilização;
- Normalmente, os valores utilizados são:

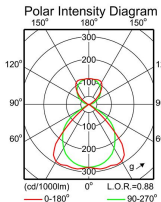
Cor	Teto	Parede	Plano de trabalho
Branca	0,7 (70%)	0,5 (50%)	0,1 (10%)
Clara	0,5 (50%)	0,3 (30%)	0,1 (10%)
Média	0,3 (30%)	0,1 (10%)	0,1 (10%)

Método dos lúmens

Determinação do fator de utilização

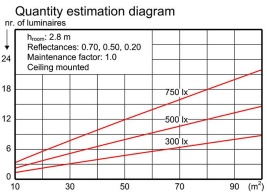
EFix TCS260 TCS260 1x54W D 1xTL5-54W HFP C6

1 x 4450 lm



Light output ratio 0.88
 Service upward 0.30
 Service downward 0.58
 CIE flux code 71 99 100 66 88
 16
 EN12464-1 65 deg, 1000 cd/m²
 CIBSE: LG3 65 deg, 500 cd/m²

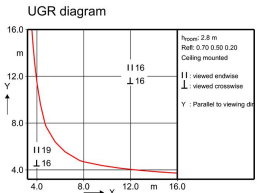
LVW1486600



Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	0.00
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00
0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00
0.60	0.47	0.44	0.45	0.44	0.43	0.38	0.36	0.33	0.33	0.31	0.27	0.27
0.80	0.56	0.53	0.53	0.52	0.51	0.46	0.43	0.40	0.40	0.37	0.33	0.33
1.00	0.63	0.59	0.60	0.58	0.56	0.52	0.48	0.45	0.45	0.42	0.37	0.37
1.25	0.70	0.64	0.67	0.64	0.62	0.57	0.53	0.50	0.49	0.47	0.41	0.41
1.50	0.75	0.68	0.71	0.68	0.65	0.61	0.57	0.54	0.52	0.50	0.44	0.44
2.00	0.82	0.73	0.78	0.74	0.70	0.67	0.62	0.60	0.57	0.55	0.48	0.48
2.50	0.87	0.77	0.82	0.77	0.73	0.71	0.65	0.63	0.59	0.58	0.50	0.50
3.00	0.90	0.79	0.85	0.80	0.75	0.73	0.67	0.65	0.61	0.60	0.52	0.52
4.00	0.94	0.81	0.88	0.82	0.78	0.76	0.69	0.68	0.63	0.62	0.53	0.53
5.00	0.96	0.83	0.90	0.84	0.79	0.77	0.71	0.69	0.64	0.63	0.54	0.54

Ceiling mounted



Luminance Table

Plane Cone	0.0	45.0	90.0
45.0	9899	13015	10558
50.0	3360	9423	9496
55.0	516	4666	7531
60.0	235	1986	1986
65.0	111	411	233
70.0	124	137	220
75.0	109	127	218
80.0	108	135	243
85.0	162	162	269
90.0	-	-	-

(cd/m²)

2010-03-06

Método dos lúmens

Detalhes da tabela fator de utilização

Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.47	0.44	0.45	0.44	0.43	0.38	0.36	0.33	0.33	0.31	0.27
0.80	0.56	0.53	0.53	0.52	0.51	0.46	0.43	0.40	0.40	0.37	0.33
1.00	0.63	0.59	0.60	0.58	0.56	0.52	0.48	0.45	0.45	0.42	0.37
1.25	0.70	0.64	0.67	0.64	0.62	0.57	0.53	0.50	0.49	0.47	0.41
1.50	0.75	0.68	0.71	0.68	0.65	0.61	0.57	0.54	0.52	0.50	0.44
2.00	0.82	0.73	0.78	0.74	0.70	0.67	0.62	0.60	0.57	0.55	0.48
2.50	0.87	0.77	0.82	0.77	0.73	0.71	0.65	0.63	0.59	0.58	0.50
3.00	0.90	0.79	0.85	0.80	0.75	0.73	0.67	0.65	0.61	0.60	0.52
4.00	0.94	0.81	0.88	0.82	0.78	0.76	0.69	0.68	0.63	0.62	0.53
5.00	0.96	0.83	0.90	0.84	0.79	0.77	0.71	0.69	0.64	0.63	0.54

Ceiling mounted

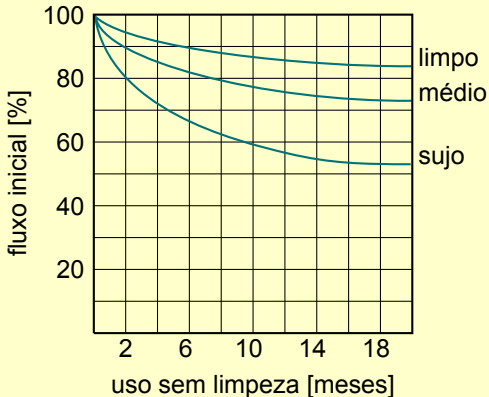
Método dos lúmens

Determinação do fator de depreciação

- O fator de depreciação é a relação entre o fluxo luminoso no fim do período de manutenção e o fluxo luminoso no inicial;
- O fluxo luminoso reduz com o uso devido a:
 - Diminuição do fluxo luminoso decorrente do envelhecimento das lâmpadas;
 - Sujeira que se deposita sobre os aparelhos de iluminação;
 - Diminuição da reflexão nas paredes e no teto, em consequência de seu envelhecimento.
- O fator de depreciação é fornecido pelo fabricante da luminária e depende do seu modelo.

Método dos lúmens

Determinação do fator de depreciação



Método dos lúmens

Determinação do fluxo luminoso total

- O cálculo do fluxo luminoso total é feito por meio da equação a seguir:

$$\underbrace{\Phi_{\text{Total}}}_{\text{fluxo luminoso total}} = \frac{E \times C \times L}{F_u \times F_d}$$

- A partir do fluxo individual de cada aparelho de iluminação (Φ_{Aparelho}) é possível determinar o seu número (N);

$$N = \frac{\Phi_{\text{Total}}}{\Phi_{\text{Aparelho}}}$$

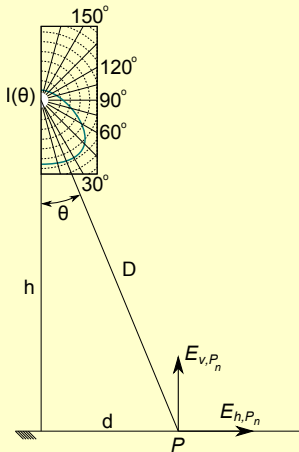
Método ponto a ponto

Determinação do nível de iluminamento total

- O cálculo do nível de iluminamento total utiliza as parcelas de contribuição individual de cada aparelho de iluminação;
- Para tanto, é necessário utilizar a curva de intensidade luminosa de cada aparelho e selecionar um ponto de interesse (P);
- Deve-se então determinar a contribuição de cada aparelho de iluminação para o nível de iluminamento do ponto de interesse.

Método ponto a ponto

Determinação do nível de iluminamento total



- O nível de iluminamento é dado por:

$$E_{h,P_n} = \frac{I(\theta)}{D^2} \cdot \cos(\theta) \quad \text{e} \quad E_{v,P_n} = \frac{I(\theta)}{D^2} \cdot \sin(\theta)$$

- Além disso:

$$h = D \cdot \cos(\theta) \quad \text{e} \quad d = D \cdot \sin(\theta)$$

- Sendo assim, o nível de iluminamento de uma fonte arbitrária (n) é dado por:

$$E_{h,P_n} = \frac{I(\theta)}{h^2} \cdot \cos^3(\theta) \quad \text{e} \quad E_{v,P_n} = \frac{I(\theta)}{d^2} \cdot \sin^3(\theta)$$

Método ponto a ponto

Determinação do nível de iluminamento total

- Para o cálculo do nível de iluminamento total, deve-se considerar todas as fontes de luz:

$$E_{h,P} = \sum_{n=1}^N E_{h,P_n} \quad \text{e} \quad E_{v,P} = \sum_{n=1}^N E_{v,P_n}$$