

Escola Superior de Desenho Industrial - ESDI

Desenho Industrial
Tese de formatura
1971

Claudio Teixeira de Mesquita

Tese Teórica - "Iluminação de interiores"

T 33
1971
parte 1



N.º de registro

~~4038/90~~ - baixa 2020

Indice

1. Luz e visão

1.1 o espectro

1.2 sensibilidade do olho

1.3 campo visual

2. Lâmpadas

2.1 incandescentes

1. princípio de funcionamento
2. classificação
3. nomenclatura de seus componentes
4. bases
5. montagem de filamentos
6. formas de bulbos
7. acabamento de bulbos
8. análise
9. cor da luz

2.2 fluorescentes

1. funcionamento
2. tipos de circuito
3. nomenclatura de seus componentes
4. vida e depreciação
5. análise
6. cor da luz

2.3 vapor de mercúrio

1. funcionamento
2. nomenclatura de seus componentes
3. tipos de lâmpadas
4. análise
5. cor da luz

2.4 eletroluminescentes

3. Requisitos para iluminação de interiores

3.1 visibilidade



3.2 conforto visual

3.3 métodos e sistemas de iluminação

1. métodos
2. sistemas

4. Cálculo de um projeto de iluminação

4.1 sistema de luminária

4.2 rendimento da luminária

4.3 coeficientes de reflexão

4.4 índice do espaço

4.5 fator de depreciação

5. Bibliografia

Luz e visão

1. O espectro

O espectro eletromagnético possui um grande número de diferentes tipos de radiações, que são fenômenos vibratórios com uma velocidade de propagação, que é igual ao produto da frequência pelo comprimento da onda.

Todas as radiações se propagam com a mesma e constante velocidade de 300.000 km/s. O número de vibrações por segundo é inversamente proporcional ao comprimento da onda: quanto mais alta a frequência, mais curto é o comprimento da onda.

Só são perceptíveis ao olho humano, vibrações de um comprimento de onda de 380 a 760 nm. A estas vibrações, acrescidas dos raios infravermelho e ultravioleta, é que denominamos luz.

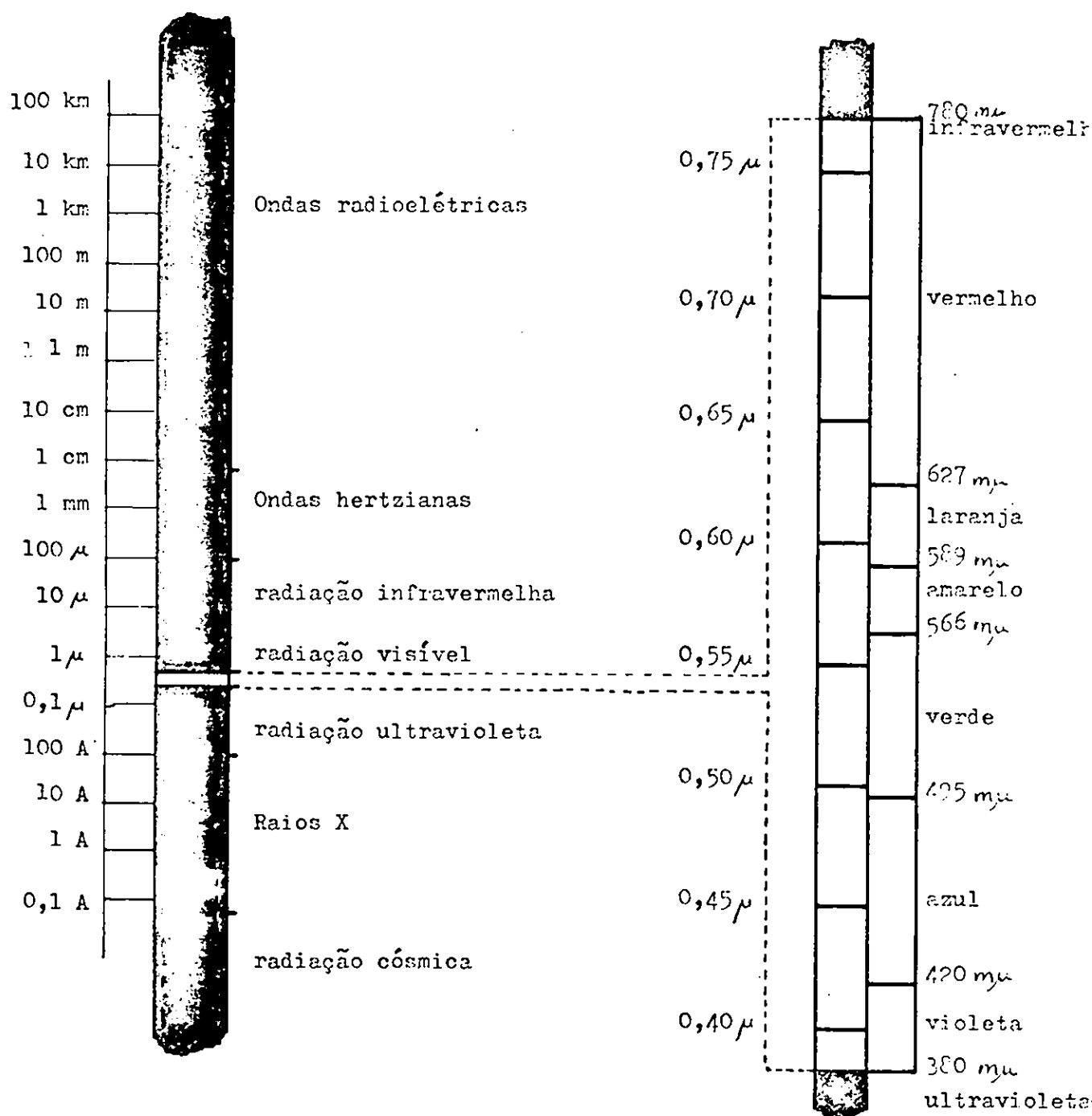
O espectro visível nos produz a sensação de cor ao mesmo tempo com a chamada impressão luminosa. Se fizermos passar por um prisma um raio de luz, verificamos que em cada faixa de comprimento de onda existe a impressão de uma determinada cor correspondente. São de um número infinito as matizes que existem neste espectro visível que variam do vermelho escuro ao violeta, sendo as matizes principais o vermelho, alaranjado, amarelo, verde e azul.

2. Sensibilidade do olho

O olho humano não é igualmente sensível aos diferentes comprimentos de onda e suas frequências de luz correspondentes. Mesmo emitindo-se a mesma energia em todos os comprimentos de onda, a sensibilidade do olho varia para cada cor correspondente. A "Curva Internacional de Sensibilidade Espectral Relativa ao Olho Humano" baseia-se no fato de que a luminosidade de cada comprimento de onda possui uma eficiência luminosa espectral diferente. A través da tab. 1.1 e da fig. 1.2 pode-se ver que a sensação de maior luminosidade está na faixa da radiação amarela-verde (555 nm) e diminui conforme tenda para as faixas do azul ou do vermelho.

Quando os iluminamentos são baixos, essa curva desloca-se para a faixa azul-verde causado pelo fato de que o olho contém dois tipos de receptores de luz que são os cones, que só respondem sob um estímulo intenso e com os quais podemos distinguir as cores, e os bastonetes que são capazes de serem estimulados com luminâncias muito baixas. Quando estes bastonetes estão operando, a visão torna-se acromática e só são percebidas claridade e forma, o que explica

Fig. 1 - 1
Espectro eletro-magnético e a radiação visível



Tab. 1 - 1

Valores de eficiencia luminosa espectral

comprimento de onda	fotópica	escotópica
380	0.00004	0.000589
390	.00012	.002209
400	.0004	.00929
410	.0012	.03484
420	.0040	.0966
430	.0116	.1998
440	.023	.3281
450	.038	.455
460	.060	.567
470	.091	.676
480	.139	.793
490	.208	.904
500	.323	.982
510	.503	.997
520	.710	.935
530	.862	.811
540	.954	.650
550	.995	.481
560	.995	.3288
570	.952	.2076
580	.870	.1212
590	.757	.0655
600	.631	.03315
610	.503	.01593
620	.381	.00737
630	.265	.003335
640	.175	.001497
650	.107	.000677
660	.061	.0003129
670	.032	.0001480
680	.017	.0000715
690	.0082	.00003533
700	.0041	.00001780
710	.0021	.00000914
720	.00105	.00000478
730	.00052	.000002546
740	.00025	.000001379
750	.00012	.000000760
760	.00006	.000000425
770	.00003	.0000002413
780	.000015	.0000001390

Fig. 1 - 2

"Curva Internacional de Sensibilidade Espectral Relativa ao Olho Humano".

----- visão escotópica
 ————— visão fotópica

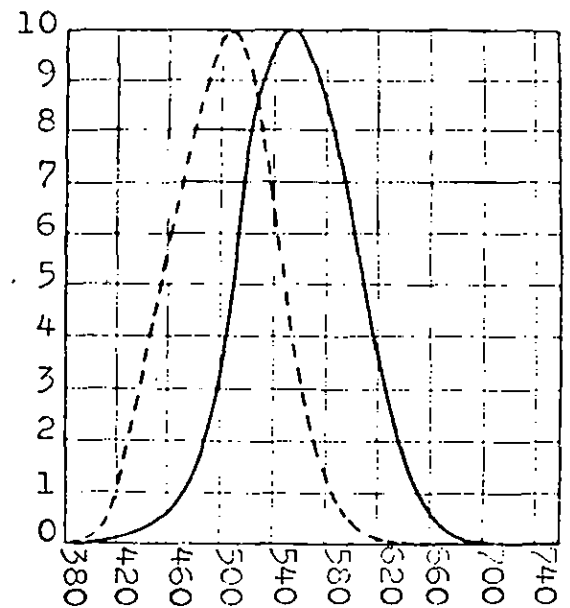
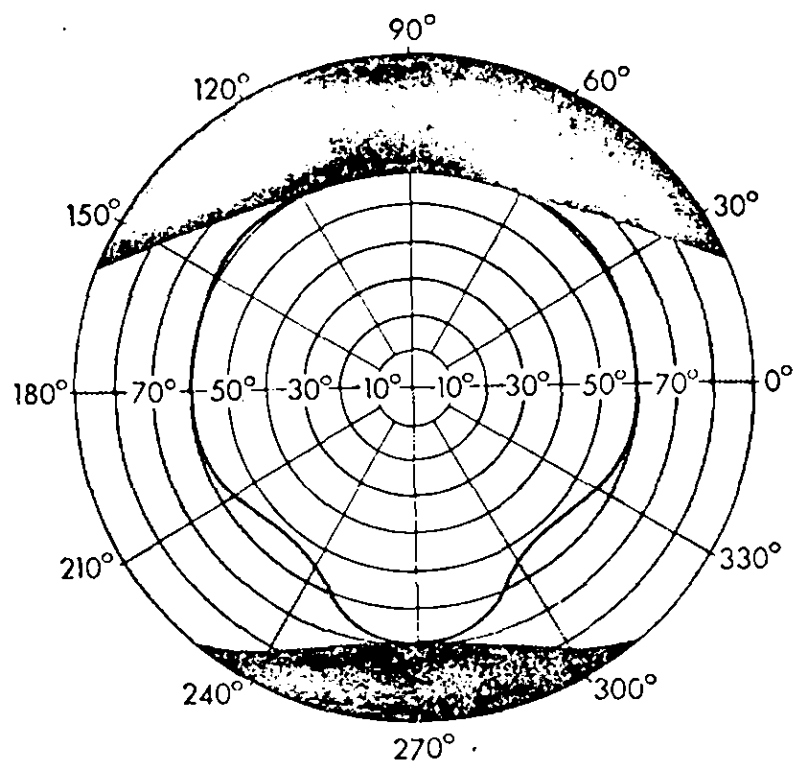


Fig. 1 - 3

O campo de visão normal de um par de olhos humanos



X

uma visão acinzentada. A visão sob este aspecto é chamada de visão escotópica e quando os cones estão operando, chama-se visão fotópica.

3. Campo visual

O campo visual é determinado pela colocação dos olhos no rosto, a estrutura da retina e a forma propriamente dita. Quando uma pessoa olha um objeto com os dois olhos ao mesmo tempo, distintas áreas podem ser notadas como na fig. 1.3. A parte central branca representa a região vista com os dois olhos; a região cinza, à esquerda e à direita, representa o limite das regiões vistas pelos respectivos olhos separadamente. As áreas pretas são as porções não vistas pelos olhos bloqueados pelo nariz, sombrancelhas e o queixo.

Os raios dentro de cada um desses ângulos atingem regiões distintas na retina. A parte central com um ângulo muito pequeno de $0,5^\circ$ radiais atinge a parte central do olho e por isso a nitidez é máxima. A medida que os ângulos vão aumentando, eles atingem a parte curvada da retina e perdem a nitidez.

Fig. 1 - 4

Ângulos de visão com cabeça erguida e cabeça baixa

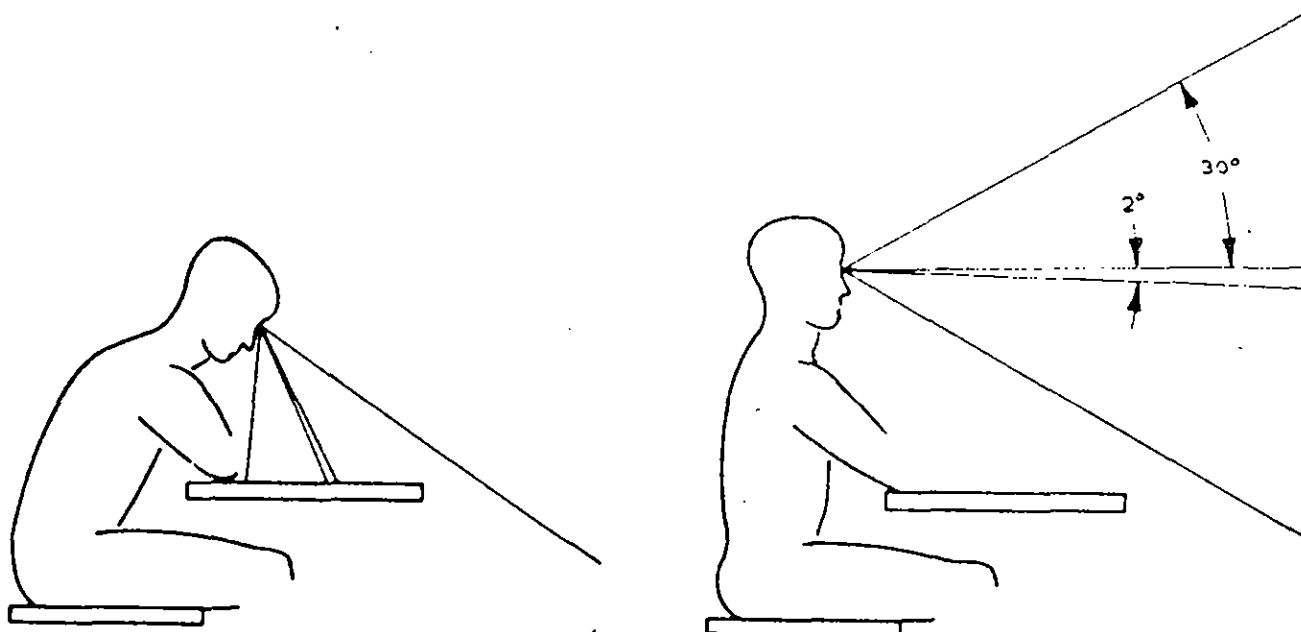
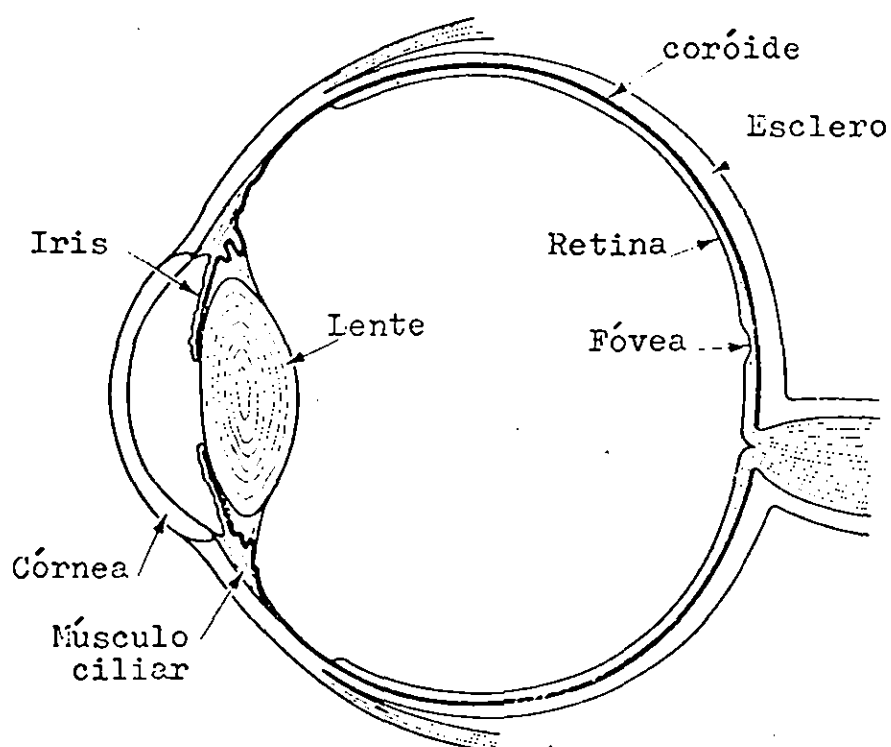


Fig. 1 - 5

Secção transversal do olho humano



Lâmpadas incandescentes

1. Princípio de funcionamento

O funcionamento da lâmpada incandescente é semelhante ao princípio da peça de ferro quando aquecida. Quanto mais se aumenta a temperatura da peça, mais branca ela se torna e mais irradia luz.

Este fenômeno é proveniente da transformação da vibração das moléculas e dos átomos da peça de ferro pelo aquecimento, desprendendo energia irradiante de um certo comprimento de onda. Quanto mais aquecida, mais esse comprimento de onda se situa na região visível.

No caso da lâmpada incandescente, a peça de ferro é o filamento de tungstênio que possibilita dar mais quantidade de luz com mínimo de energia possível.

2. Classificação

2.1 lâmpadas incandescentes grandes

- 2.1.1 lâmpadas para iluminação geral, uso doméstico, de 15 a 150 W, de 6 a 240 V;
- 2.1.2 lâmpadas para iluminação geral, uso doméstico, "De Luxe", tipo solar, de 40 a 150 W, nas tensões de 110/120 e 240 V;
- 2.1.3 lâmpada para iluminação geral, uso decorativo, em vários formatos e cores, de 15 a 60 W, de 110/120 e 240 V;
- 2.1.4 lâmpadas para iluminação em aparelhos domésticos (geladeira), de 40 W, de 110/120 e 240 V;
- 2.1.5 lâmpadas para iluminação, uso comercial-industrial, de 200 a 1.500 W, nas tensões de 120 a 240 V;
- 2.1.6 lâmpadas para uso industrial (vibrações, sinalização, refletoras para iluminação e de raios infravermelhos - secagem e medicinal);
- 2.1.7 lâmpadas para iluminação pública (circuito série e múltiplo);
- 2.1.8 lâmpadas para viação (automóveis, trem, navio, avião, etc.);
- 2.1.9 lâmpadas para fotografia ("fotoflood").

2.2 lâmpadas incandescentes miniatura

3. Nomenclatura de seus componentes

3.1 bulbo

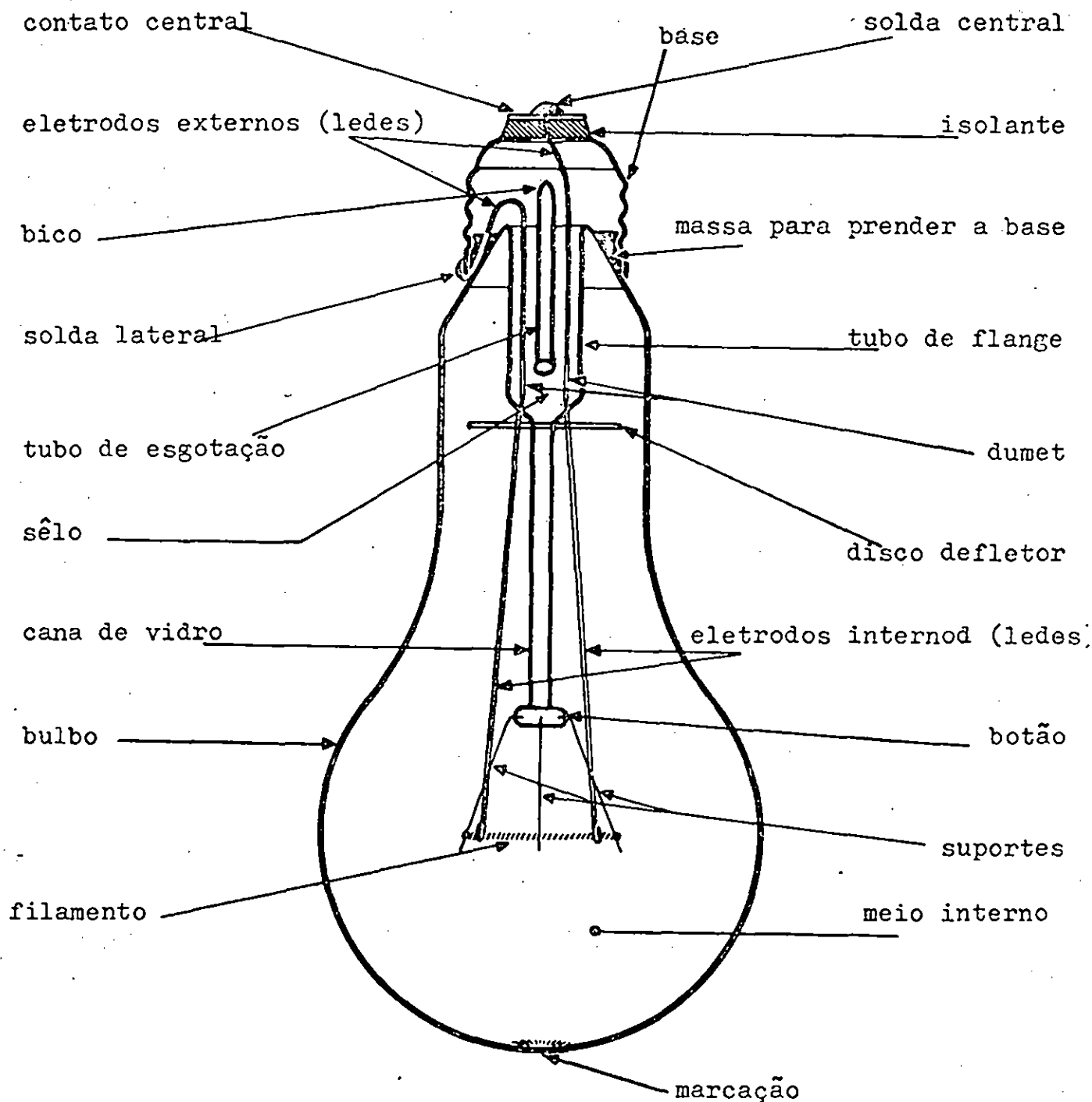
é o invólucro de vidro da lâmpada, cuja principal finalidade é

limitar o ambiente com características especiais, em que opera o filamento, além de poder influir na composição espectral e distribuição luminosa.

- 3.2 base
é o elemento de ligação da lâmpada com o circuito elétrico, através do soquete, servindo também para sustentá-la. Constituído de tres partes: corpo (alumínio ou latão), isolante (vidro) e contato central (latão).
- 3.3 solda
liga especial ou de chumbo e estanho (no caso de bases de latão) que assegura um contato adequado entre as extremidades dos dois eletrodos e a base, no lado e no contato central. No caso das lâmpadas com base de alumínio, a solda lateral é elétrica por fusão do eletrodo à base ou com utilização de liga especial.
- 3.4 massa para base
é um cimento especial, colocado internamente na borda da base e cuja finalidade é promover a fixação da base ao bulbo, depois de ser esta convenientemente aquecida.
- 3.5 haste central
é o conjunto de peças internas de vidro, associadas à partes metálicas cuja finalidade é suportar o filamento. Na fabricação da lâmpada, este conjunto é soldado ao pescoço do bulbo por fusão do flange. É composta de seis partes fundamentais: tubo de flange, tubo de esgotação, cana, suportes, eletrodos e o próprio filamento.
- 3.6 tubo de flange
é a parte de vidro que faz a ligação da haste central ao bulbo, por fusão.
- 3.7 tubo de esgotação
é um tubo de vidro, soldado ao tubo de flange, através do qual, durante a fabricação, se faz a exaustão da lâmpada. No caso da lâmpada a gás, é utilizado para introdução da mistura de gases inertes. A sua extremidade livre é depois fechada e na lâmpada pronta fica escondida dentro da base, constituindo o que se denomina bico.
- 3.8 cana
é o bastão soldado ao tubo de flange, em continuação ao tubo de esgotação, com a finalidade de sustentar o filamento através dos suportes, os quais ficam inseridos no botão, que é constituído por um achatamento de sua extremidade livre, pela fusão do vidro. Nas lâmpadas acima de 200 W, a cana é fundida e prensada ao tampo do tubo de esgotação, constituindo o selo da haste central. Nas lâmpadas até 200 W, a cana é substituída pelo prolongamento do tubo de esgotação.
- 3.9 suportes
são fios, geralmente de milibdênio, inseridos no botão, com a finalidade de sustentar o filamento. Suas extremidades livres

Fig. 2 - 1

Componentes de uma lâmpada incandescente



são dotadas de ganchos que asseguram o correto posicionamento. A redução do seu número é vantajosa a fim de reduzir perdas, devido à condução de calor

3.10 eletrodos (ledes)

são condutores elétricos que ligam a base ao filamento. A parte interna desses condutores separa-se da externa através do selo da haste central. Tais ledes são geralmente de cobre, cobre niquelado ou níquel.

3.11 fusível

é a parte do eletrodo externo de algumas lâmpadas que tem sua capacidade de condução limitada à corrente de funcionamento normal da lâmpada. Se, ao se queimar a lâmpada, ou por outras razões, formar-se uma descarga elétrica entre seus eletrodos (arco), o eletrodo fusível interromperá o circuito, impedindo a destruição da lâmpada e a queima do fusível de instalação.

3.12 selo da haste central

é a zona em que são fundidos e prensados em conjunto: a cana, o tubo de flange e o tubo de esgotação, por onde, também, passam os eletrodos para o interior da lâmpada. Neste trecho os eletrodos são constituídos de uma liga especial de mesmo coeficiente de dilatação que o vidro, denominada "Dumet".

3.13 disco defletor

é uma lâmina de formato circular, colocada sobre o selo da haste central, funcionando como defletor de calor. Geralmente de alumínio ou mica, usado em lâmpadas acima de 300 W.

3.14 filamento

é um fio de tungstênio, estirado ou espiralado, capaz de emitir luz quando aquecido a certa temperatura pela corrente elétrica. A espiralagem do filamento concorre para aumentar a eficiência da lâmpada, e, portanto, seu fluxo luminoso. Daí a utilização de filamentos com hélice única (single-coil) e dupla (coiled-coil).

3.15 meio interno

a maioria das lâmpadas possui um enchimento gasoso, inerte, geralmente constituído por uma mistura de nitrogênio e argônio, cujas principais finalidades são: as partículas metálicas saindo do filamento pela alta temperatura são redepositadas em grande parte, no próprio filamento pela colisão com as moléculas do gás e, portanto, atingindo com mais facilidade o bulbo. O escurecimento do bulbo pelo depósito dessas partes metálicas é, assim, mais lento e a depreciação da lâmpada menor. O segundo resultado benéfico deste gás é um resfriamento melhor do filamento, permitindo uma construção diferente, com temperatura maior do mesmo e, portanto, fornecendo mais luz. Acima de 40 W e para as tensões normais de distribuição, todas as lâmpadas são de atmosfera gasosa (designadas por letra de código C). Abaixo dessa potência e para as mesmas tensões, as lâmpadas são em vácuo (designadas por letra de código B). Em 40 W, as lâmpadas de 120 e 130 V são a gás e as de 220 V e acima a vácuo.

3.16 marcação

no topo da calota superior da lâmpada, geralmente é carimbada a marca do fabricante (registrada), tensão, potência e indicação de serviço.

4. Bases

Compõe-se, normalmente, de corpo, isolante e contato central. Corpo é a parte metálica, comumente de alumínio ou latão, que serve para fixar a lâmpada ao soquete, através de rêsca ou pinos. O corpo pode ser rosqueado ou liso, neste último caso, com pinos nele cravados.

No caso do corpo rosqueado, as bases são designadas como Edison (abreviadamente, pela letra E, seguida de um número, que indica seu diâmetro nominal, em mm). Assim, uma base E-27 indica rêsca Edison, com 27 mm de diâmetro nominal. Às vezes se indica um segundo número, que representa o comprimento da base, do contato central à sua parte inferior. Ex.: E-27/27.

No caso do corpo liso, as bases são designadas como baioneta (indicada abreviadamente pela letra B, seguida de um número com idêntica significação já citada para as bases Edison).

Em alguns casos, o corpo apresenta um alargamento ou saia (abreviadamente SKT, do inglês "skirt") que possibilita a colocação de bases em bulbos cujo diâmetro de pescoço não aceitaria as bases normais. Ao corpo se liga uma massa de vidro, com função de separar (isolar) os contatos da lâmpada.

Mais comumente as lâmpadas apresentam dois contatos: um lateral (solda de eletrodo ao corpo) e outro central (solda do outro eletrodo ao ilhós colocado sobre a massa de vidro isolante). Em alguns casos (bases baionetas), os dois contatos podem estar na posição central, sobre a massa isolante (duplo contato, abreviatura DC). As bases podem, também, apresentar dois ou três contatos, um lateral e um ou dois centrais, este último caso para lâmpadas de dois filamentos (em algumas lâmpadas para auto).

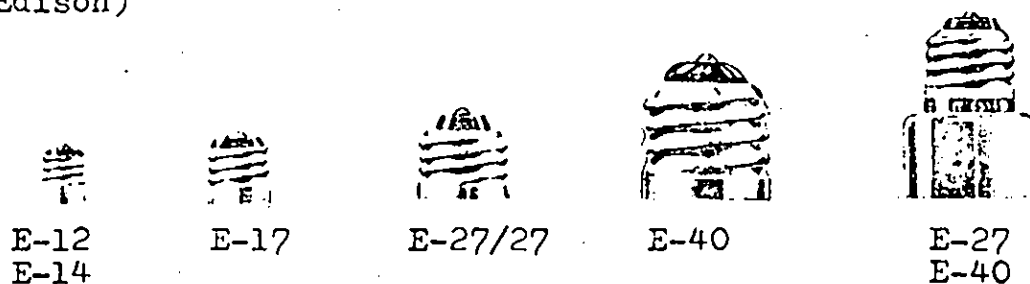
Dá uma indicação suplementar na indicação de bases baionetas: B-15.1 ou B-15.2 ou B-15 DC indicando se a base baioneta (B), de 15 mm de diâmetro nominal, possui um ou dois contatos centrais. Em certos tipos de base baioneta de duplo contato central, a situação dos pinos de fixação não é simétrica, para que a lâmpada só possa ser colocada em uma posição única e definida, o que é necessário nos casos em que a lâmpada só deva ser acesa em posição pré-determinada. Tais bases, além da especificação já mencionada, devem possuir as letras IX (abreviação de "indexing").

5. Montagem de filamentos

Fig. 2 - 2

Tipos de bases

tipo rôsca (Edison)



tipo baioneta

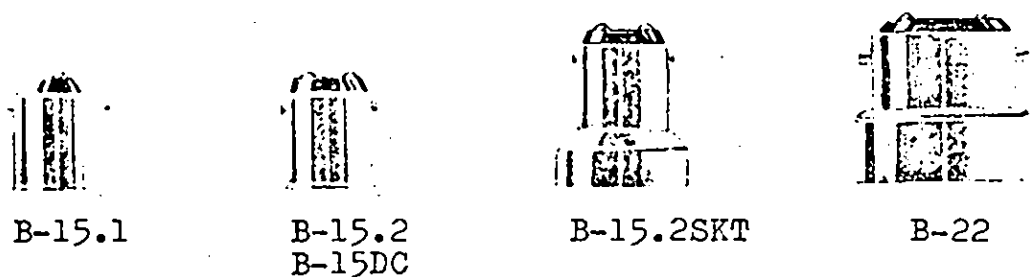
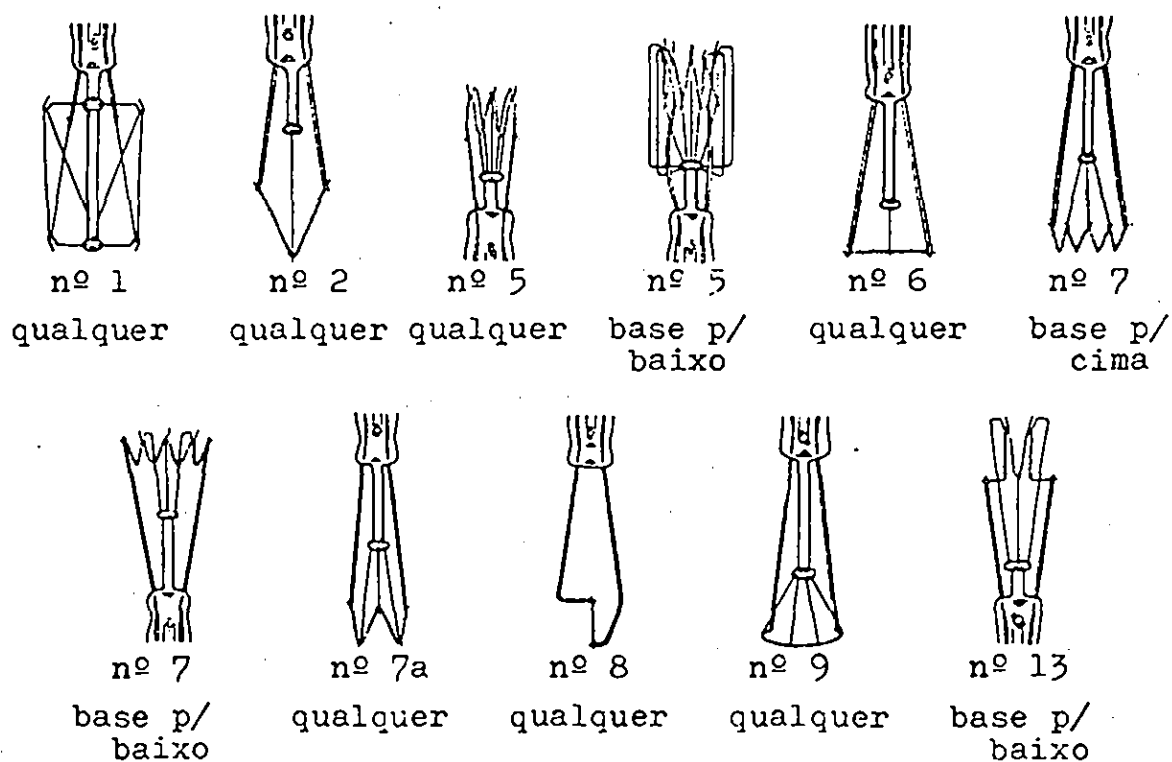


Fig. 2 - 3

Montagem de filamentos



O filamento pode ser considerado o coração da lâmpada incandescente. O tungstênio é o metal universalmente usado na sua fabricação. Nas lâmpadas incandescentes pode ser constituído simplesmente de um fio estirado, enrolado em hélice única ou em hélice dupla. São geralmente representados pelas iniciais das palavras inglesas como segue:

S - estirado
C - hélice única
CC - hélice dupla

A grande vantagem resultante da montagem em hélice é que, pela redução de seu comprimento final, as perdas totais de calor são menores, com o conseqüente aumento de eficiência.

A fig. 2.3 apresenta algumas formas em que são montados os filamentos na lâmpada, indicando qual a posição em que devem operar, quando acesos (qualquer, base para baixo, base para cima). Assim, CC6 indica filamento com montagem tipo 6, com hélice dupla.

6. Formas de bulbo

Sua designação é feita por uma letra ou combinação de letras, geralmente iniciais da palavra de origem, que indica o seu formato, seguida de um número determinante do seu diâmetro nominal (diâmetro máximo transversal), em oitavos de polegada:

A - designação arbitrária para formato natural do vidro soprado
(no qual grande número de lâmpadas são fabricadas)
B - designação arbitrária
P - em forma de pêra
BB - designação arbitrária
PS - em forma de pêra, pescoço reto
C - cônico
R - refletor (contendo um refletor)
G - globular
S - linhas laterais retas

Os bulbos podem ser fabricados em vidro alcalino (vidro cal), vidro duro (boro-silicato) e quartzo, levando-se em conta as condições a que estão submetidos. Normalmente, o vidro cal é o mais utilizado.

7. Acabamento de bulbos

Os bulbos para lâmpadas incandescentes são fabricados com diferentes tipos de acabamento, visando, de algum modo, modificar as características ou distribuição da luz emitida pelo filamento. Assim é que, pela escolha adequada do acabamento para o bulbo, podemos modificar as características da luz emitida pelo filamento de modo a conseguir luz em diversas cores. Os seguintes tipos de acabamento são os mais

Fig. 2 - 5

Formas de bulbos

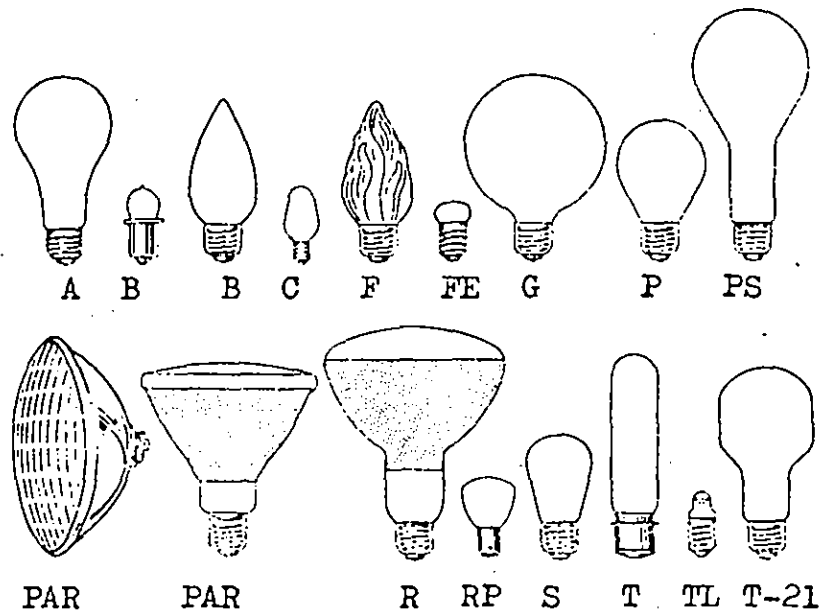
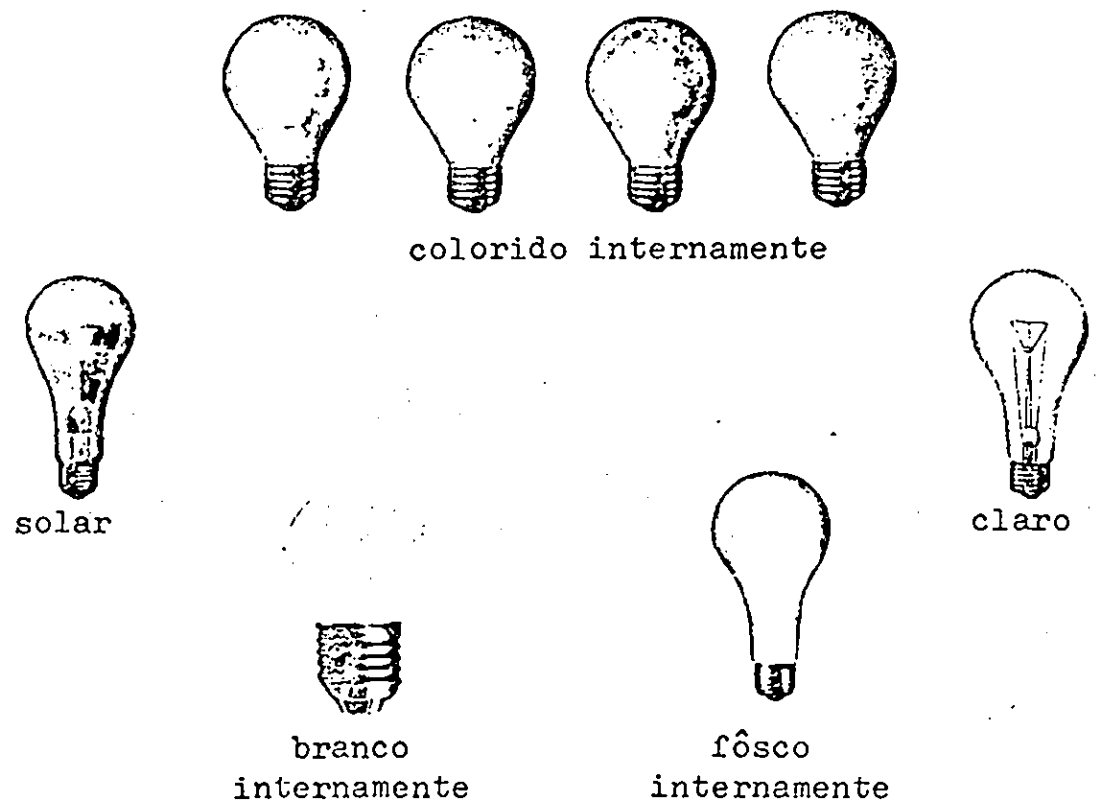


Fig. 2 - 6

Acabamentos de bulbos



comumente encontrados:

claro - bulbo sem tratamento especial

fôsko internamente - para difundir a luz, com cêrca de 2% de absorção

branco interno - para maior difusão da luz, com cêrca de 8% de absorção

solar - (côr azulado) em vidro de côr natural, proporcionando composição espectral semelhante à da luz do dia

colorido internamente - proporcionando efeitos decorativos

Para o acabamento colorido, as seguintes cêres são mais usualmente encontradas: verde, vermelha, azul e amarela.

8. Análise

8.1 histórico

A lâmpada incandescente nasceu para trazer a luz elétrica nos lugares domésticos, porque as lâmpadas elétricas de arco que haviam resolvido o problema de iluminação de ruas e praças, como a experiência dos Boulevards de Paris tinha demonstrado, possuíam uma intensidade luminosa e relativo custo, desproporcionais à iluminação dos pequenos ambientes.

Mas era mesmo para o uso doméstico que a lâmpada elétrica podia ter maior sentido para produção em escala industrial. Isso foi em 1879, ano no qual começa a produção industrial deste importantíssimo elemento da nossa civilização.

Atê hoje foram introduzidas enormes modificações, seja no campo do método de produção seja na aparência do produto acabado: todavia os elementos fundamentais das lâmpadas de hoje são os mesmos de antigamente:

1. bulbo de vidro hermêticamente fechado (de modo que o oxigênio atmosférico não oxide o corpo incandescente)
2. filamento fixado a dois pólos que partem da base
3. base
4. bocal

O verdadeiro coração da lâmpada incandescente sempre foi o filamento, cuja forma e qualidade assegura o comportamento da lâmpada a respeito de tres fatores principais: eficiência, luminosidade e duração. Sobre isso concentraram-se as principais pesquisas tecnológicas para descobrir um material capaz de dar luminosidade à temperatura elevada sem se volatilizar. Foram experimentados vários materiais como o carvão, ósmio, tantálio, antes de chegar ao tungstênio. É difícil achar outro material que tenha sido estudado como o tungstênio nas suas propriedades físicas, químicas e tecnológicas.

Fazia-se o vácuo, seja nas lâmpadas a filamento a carvão, seja nas

de fio de tungstênio não espiralado, cuja perfeição atribuía-se um maior rendimento luminoso. Esperiências sucessivas demonstraram que a introdução de um determinado gás no bulbo dava maior luminosidade à lâmpada. Assim, a lâmpada incandescente em atmosfera gasosa entrou em produção em 1913, primeiro sob forma de lâmpada muito potente, denominada "meio-watt", depois sob forma de lâmpada de menor potência ligado à iluminação doméstica.

O gás usado no princípio foi o azoto, substituído depois pelo argon atmosférico e do cripton para lâmpadas de baixa tensão.

Na fabricação em série do bulbo normal de vidro, a máquina substituiu totalmente o trabalho manual. A ponta de vidro da lâmpada de Edison, na qual era ligado o tubo da bomba a vácuo, desapareceu. Agora o tubo da bomba termina no pé da lâmpada. A fabricação em larga escala da lâmpada revolucionou também a tecnologia do vidro, impondo-lhe problemas particularmente difíceis, como a solda das quatro partes de vidro, ausência absoluta de bôlha e outros defeitos, e a perfeita transparência, oferecendo, por outro lado, possibilidades de aplicações como, por exemplo, vidro despolido, leitoso, argentado, etc.

A base de rôsca idealizada por Edison está ainda praticamente inalterada. Paralelamente a esse tipo para lâmpadas normais, apareceram, diferentes somente pela dimensão, a base Golia para lâmpadas de grande potência, e as bases Mignon, Micron e Lilliput para lâmpadas de pequenas dimensões.

Entretanto, foi estudado outro tipo de base completamente diferente mas extremamente eficaz: a base a baioneta. Este tipo representa um passo adiante quanto ao tipo de rôsca de Edison, pois assegura sempre um perfeito contato, mesmo em presença de vibrações. No Brasil ainda não existe uma grande difusão e sua aplicação restringi-se a alguns tipos especiais de lâmpada para uso industrial e para veículos. No entanto, na Inglaterra e na França, a lâmpada com base baioneta é particularmente difundida também para uso corrente. As novas tendências neste ramo são a realização de bases com uso específico:

1. bases pré-focalizadas para centralização de precisão
2. bases amortecedoras contra batidas de qualquer gênero.

O bocal foi estudado para resolver duas funções: sustentar a lâmpada e estabelecer o contato com a rede de alimentação. O tipo normalmente fabricado hoje, desmontável em cinco peças das quais quatro de metal e uma de porcelana ou plástico, não teve modificações até hoje ou melhoramentos substanciais do original.

Comumente encoberto pelos outros elementos de difusão ou direcionais da luz, o bocal nunca foi estudado de um ponto de vista estético.

8.2 produção

Embora seja aparente a simplicidade da lâmpada, enormes problemas

de ordem técnica, organizativa, financeira e comercial, encontram-se desde já à base da produção.

A atenção dos fabricantes concentrou-se sobre os seguintes cinco pontos fundamentais:

1. simplificação da fabricação e redução dos custos
2. aumento do fluxo luminoso emitido em relação à energia consumida
3. constância do rendimento luminoso da lâmpada e consequente aumento de duração de sua vida
4. estudos e produção de tipos especiais para novos campos de utilização
5. diminuição do tamanho.

A fabricação que era, nos primeiros tempos, quase que exclusivamente manual, não somente para cada elemento mas, também, para sua montagem, ganhou gradualmente um alto teor de mecanização. A máquina encarrega-se, atualmente, da produção do selo da haste central, montagem dos filamentos e respectivos suportes, solda do selo da haste central ao bulbo, o evacuamento e introdução do gás, aplicação da base, solda dos pólos e carimbo da marca. Em 25 anos conseguiu-se sincronizar esta máquina, tanto assim que, atualmente, as lâmpadas são produzidas em ciclo contínuo em milhões de exemplares. Ao homem só lhe cabe controlar a máquina, cada elemento e o produto final.

8.3 considerações de um ponto de vista design

A forma objetiva da lâmpada incandescente lembra a primeira vista um bulbo esférico. Este bulbo esférico deu ótimos resultados até uma determinada intensidade luminosa (40 W). Mas para maiores intensidades, muitas dificuldades de ordem técnica e funcional opõem-se à forma esférica. De fato, a distância do filamento à base deve possuir um determinado comprimento que aumenta na razão da potência da lâmpada, no sentido de favorecer o desprendimento do calor. Ao mesmo tempo, a posição do filamento deve ser no centro do bulbo por razões de homogênea distribuição do gás. A forma absolutamente esférica levaria, neste caso, a um diâmetro muito grande, como consequência, um dimensionamento por si só negativo e anti-econômico pelo volume do gás a introduzir.

São três os coeficientes principais que entram em jogo na produção da forma do bulbo da lâmpadas, em cuja combinação equilibrada nasce a melhor forma:

1. consumo
2. duração
3. rendimento luminoso

Atualmente a melhor forma que satisfaz a todos os três coeficientes é o bulbo a gota (fig. 2.4 A), no qual a estrutura superior é pouco acentuada para facilitar o sopro, e para evitar a dobra no ponto crítico da junção da calota inferior com a parte alongada superior.

Todavia, dadas as condições atuais de técnica produtiva, o designer obteve um modo de criar uma infinita variedade da lâmpadas, presa

cada uma às exigências de ordem estritamente funcionais: lâmpadas para veículos, navios e aviões, lâmpadas de raios infravermelhos, etc.

Entre estas, algumas são extremamente interessantes também de um ponto de vista formal, e, para um equilíbrio entre forma e função, podem ser colocadas em evidência. Nessas, o estudo estético que, por si só, é relativo aos elementos de conexão (luminárias), está resolvido e inserido no próprio corpo luminante. Tais são as lâmpadas de feixe concentrado e alargado, com as paredes em parte espelhada e parte dispolida, geralmente usadas em exposições.

8.4 considerações sobre a voltagem

Não obstante exista uma certa diferença na luminosidade da lâmpada fôlta interna e a lâmpada clara, podemos tomar como base para a compreensão do fenômeno, a luminosidade das lâmpadas claras, que se pode observar na tab. 2.1:

1. a luminosidade de uma lâmpada de 120 V é maior do que a luminosidade de uma lâmpada de 220 V da mesma wattagem.
2. o aumento em luminosidade não é proporcional ao aumento em watts, mas, sim, a luminosidade cresce mais rapidamente do que a wattagem.

Isto significa que as lâmpadas de menor wattagem têm uma eficiência menor do que as lâmpadas maiores, uma vez que aparentemente, recebemos mais luz para cada watt de energia consumida aplicando as lâmpadas maiores. Tomemos, por exemplo, a lâmpada de 60 W com luminosidade de 810 lúmens. Para cada watt recebemos 13,5 lúmens. A eficiência dessa lâmpada é portanto de 13,5 lúmens/watt. A lâmpada de 200 W, com uma luminosidade de 3.420 lúmens, nos dá 17 lúmens para cada watt de energia, ou seja, aproximadamente, 25% mais eficiente do que a lâmpada de 60 W. Em nossos cálculos, devemos considerar sempre este fenômeno para decidir sobre a aplicação de, por exemplo, uma lâmpada de 75, 100 ou 150 W.

O outro fenômeno, ou seja, a diferença na luminosidade das lâmpadas de 120 e 220 V, temos que aceitar como fato consumado, uma vez que a determinação da voltagem da rede não é feita por nós, mas sim pelas circunstâncias locais.

Um fenômeno completamente à parte, mas bastante importante, é o uso de lâmpadas incandescentes numa rede com uma voltagem inferior à indicada na lâmpada. Por exemplo, o uso de uma lâmpada marcada 125/130 V, para uma voltagem de 120 V. A voltagem é de, aproximadamente, 94% da que deveria ser usada na lâmpada. Neste caso, a vida da mesma aumentará para 2.500 horas e o fluxo cairá, aproximadamente, 25%. Para se obter a mesma luz, o que, finalmente, é a finalidade do uso da lâmpada, precisamos instalar uma de 100 W ao invés de uma de 75 W, por exemplo. O nosso consumo aumentará 25 W, ou seja, em cada hora de funcionamento o aumento será de 25 Wh.

Outro fator de importância é a diminuição extra na luminosidade quando a voltagem de 120 V, durante certos períodos, é menor.

Tab. 2 - 1

Luminosidade das lâmpadas incandescentes

Watts	120v	220v
10	84	70
15	138	120
25	255	220
40	490	384
60	810	660
100	1450	1320
150	2375	2200
200	3420	3120
300	5580	4920
500	9700	8800
1000	20200	18700
1500	32400	29250



Em resumo, podemos dizer que, usando-se uma lâmpada de maior voltagem sob uma rede com voltagem menor, será aumentada a vida dessa lâmpada, mas que, também, desproporcionadamente, o custo de energia elétrica aumentará, sempre que, naturalmente, nos basearmos em uma certa quantidade de luz pré-determinada.

9. Côr da luz

Pode-se comparar a distribuição da energia de todos os radiadores de temperatura com a radiação do corpo negro à $t^{\circ}\text{K}$ (Kelvin). A temperatura do filamento de uma lâmpada incandescente eleva-se a uns 2.400°C (2.670°K). O espectro corresponde ao do corpo negro a uma temperatura de 2.700°K . Somente a uma temperatura muito elevada do corpo negro (uns 6.000°K), situa-se o máximo da curva no centro da margem visível. É evidente que a luz da lâmpada incandescente, cuja temperatura está muito abaixo deste máximo, terá que conter muita radiação vermelha e amarela e pouco azul e violeta. Somente a uma temperatura muito mais elevada será branca a luz da lâmpada incandescente.

Fig. 2 - 6

Características de radiação do tungstênio

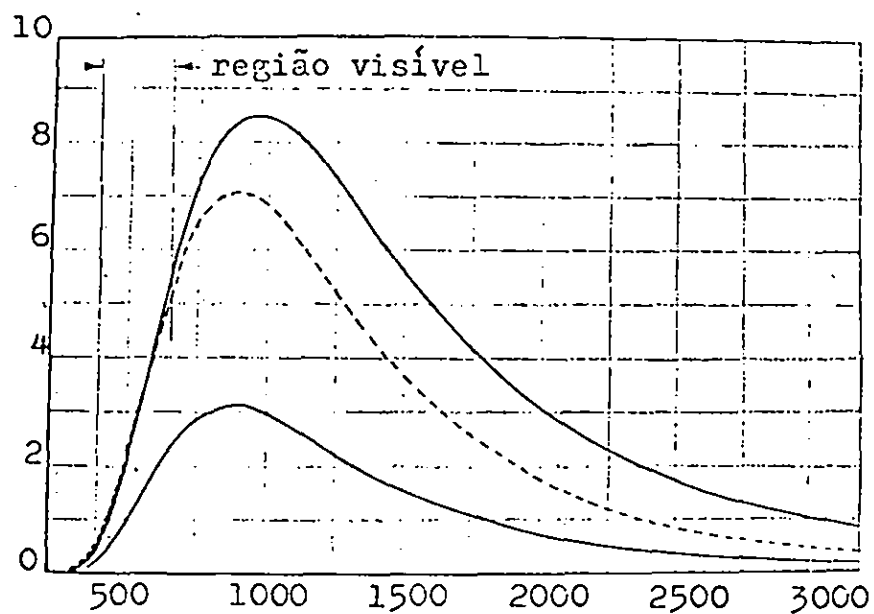
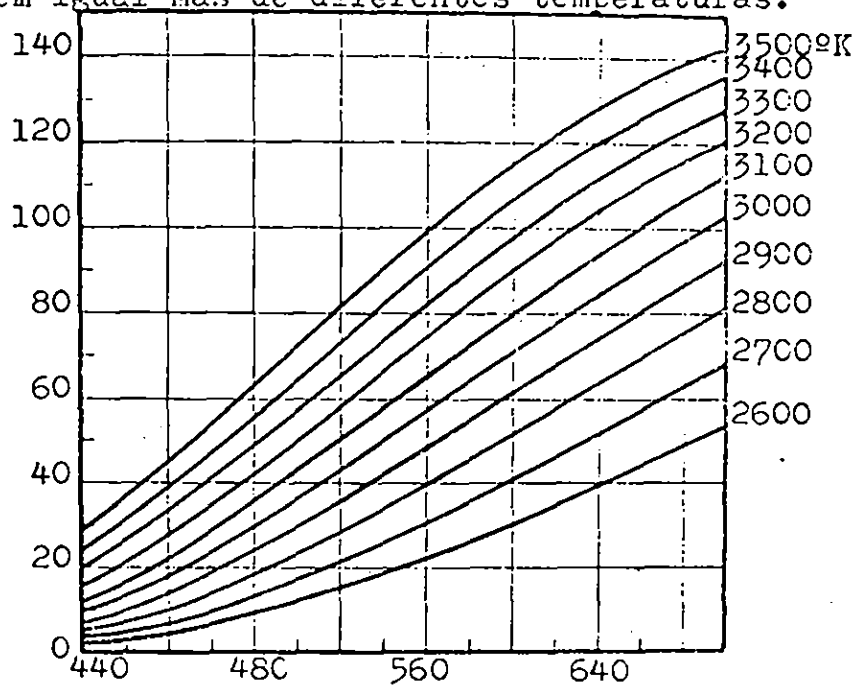


Fig. 2 - 7

Distribuição espectral de energia na região visível do filamento de tungstênio de watagem igual mas de diferentes temperaturas.



Lâmpada fluorescente

1. Funcionamento

A lâmpada fluorescente por fazer parte do grupo das lâmpadas de descarga, tem seu funcionamento baseado neste tipo de lâmpadas.

Uma lâmpada de descarga consiste em um tubo de vidro, em cujas extremidades são colocados dois pólos metálicos e no qual se encontra um vapor metálico sob certa pressão. No caso das lâmpadas para iluminação, este vapor poderá ser de mercúrio ou de sódio. Quando os dois pólos do tubo de vidro são ligados à rede, um dos dois será positivo e o outro será negativo. Este último pólo não somente atrai partículas com cargas positivas, mas, igualmente, emite partículas elétricas negativas, chamadas elétrons. Este elétron, uma vez livre do pólo, se encaminha para o outro lado do tubo. Porém, no tubo se encontra um vapor do gás de mercúrio e o elétron no seu caminho para o outro lado encontra um átomo do vapor de mercúrio, colidindo com o mesmo.

Quando este elétron, desprendido do pólo negativo, colide com o átomo mencionado, um dos elétrons será colocado em outra órbita ou o mesmo desaparecerá completamente do átomo do vapor de mercúrio. No caso do elétron sair do átomo, o mesmo perde, portanto, uma pequena parte de sua carga negativa total, e o resto ficará com carga elétrica positiva. Esta parte do átomo com carga positiva chama-se "íon". Uma vez que este íon tem carga positiva ele se encaminha na direção do pólo negativo, encontrando elétrons com uma carga negativa. O elétron será absorvido pelo íon e começará a circular na órbita do elétron desprendido do átomo.

Por estas colisões, os átomos acumulam energia e se encontram em uma situação instável que não poderá perdurar por muito tempo. No caso do elétron dentro do átomo ser colocado em uma outra órbita, este elétron tentará imediatamente se colocar na órbita original, mas, quando isto acontece, o átomo perde energia absorvida durante a colisão, e esta energia se manifesta através de uma onda de certo comprimento. Desta maneira, existe no vapor que se encontra no tubo uma quantidade extremamente grande de colisões e existe uma quantidade muito grande de átomos que se encontram em situação instável. O resultado será, finalmente, a formação de uma grande quantidade de ondas de um certo comprimento. Dependendo da pressão do gás, estas ondas poderão ser visíveis ou invisíveis. Quanto maior for a pressão do gás, maior será a formação de ondas visíveis.

Quando se trata da lâmpada fluorescente, estas ondas serão quase exclusivamente de um comprimento invisível para o olho, e para as lâmpadas de mercúrio, uma grande quantidade dessas ondas é de um comprimento do espectro visível. Semelhante processo se dá com as lâmpadas de vapor de sódio.

Fig. 2 - 8

Funcionamento de uma lâmpada de descarga.

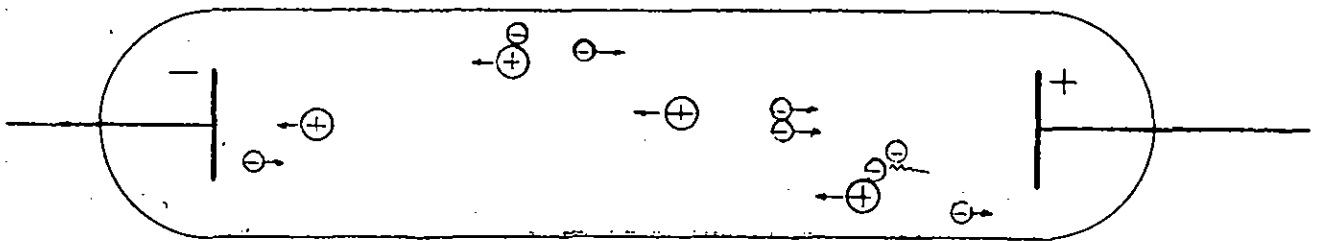
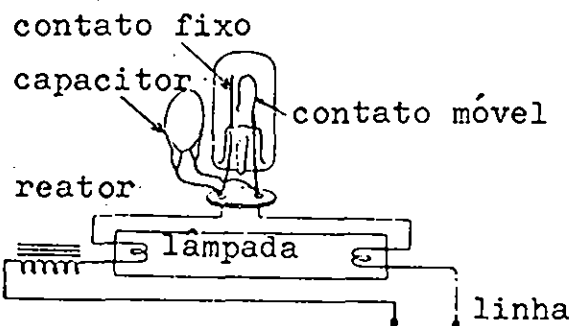


Fig. 2 - 9

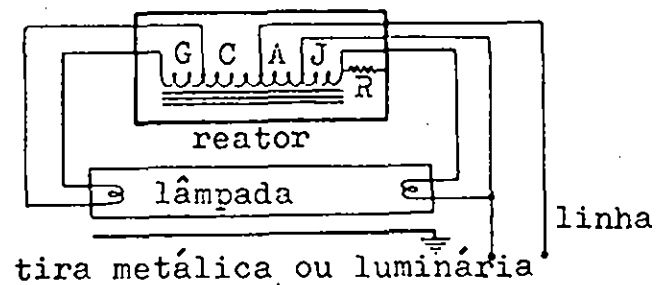
Tipos de circuito.

1. convencional
2. partida rápida

1.



2.



2. Tipos de circuito

2.1 convencional

Esse tipo de circuito tem como esquema básico o indicado na fig. 2.9. Em casos especiais, o dispositivo de partida ou "starter" pode ser substituído por um interruptor manual.

A função do starter é permitir que uma corrente de pré-aquecimento circule nos catodos da lâmpada; após o acendimento da lâmpada o starter fica inativo.

A finalidade do reator, nesse circuito, é limitar a corrente de pré-aquecimento, no início do processo, além de proporcionar um transiente de tensão suficiente para o acendimento da lâmpada. Durante a operação, deverá, também, limitar a corrente através da lâmpada.

2.1.1 princípio de operação do dispositivo de partida (starter)

Fisicamente, o starter se compõe de uma ampola de vidro, em cujo interior se encontram dois contatos: um fixo e um móvel (lâmina bimetálica). Em paralelo com esses dois contatos, utiliza-se um capacitor, cuja finalidade principal é eliminar rádiointerferências. A ampola é normalmente cheia de neon ou argônio.

Na partida, quando praticamente toda a tensão aplicada sobre o starter é imposta, processa-se uma descarga entre o bimetálico e o contato fixo. O calor proveniente dessa descarga aquece o bimetálico (contato móvel) e esse distende-se, tocando o contato fixo. Nesse momento, começa o pré-aquecimento dos catodos. Suprimida a descarga, o bimetálico esfria, interrompendo, segundos após iniciada, a corrente de pré-aquecimento. Ao interromper-se a corrente de pré-aquecimento, o transiente de tensão proveniente do reator é suficiente para abrir o arco entre os catodos da lâmpada. Durante a operação normal não existe tensão suficiente entre os catodos do starter para se processar nova descarga.

2.2 partida rápida

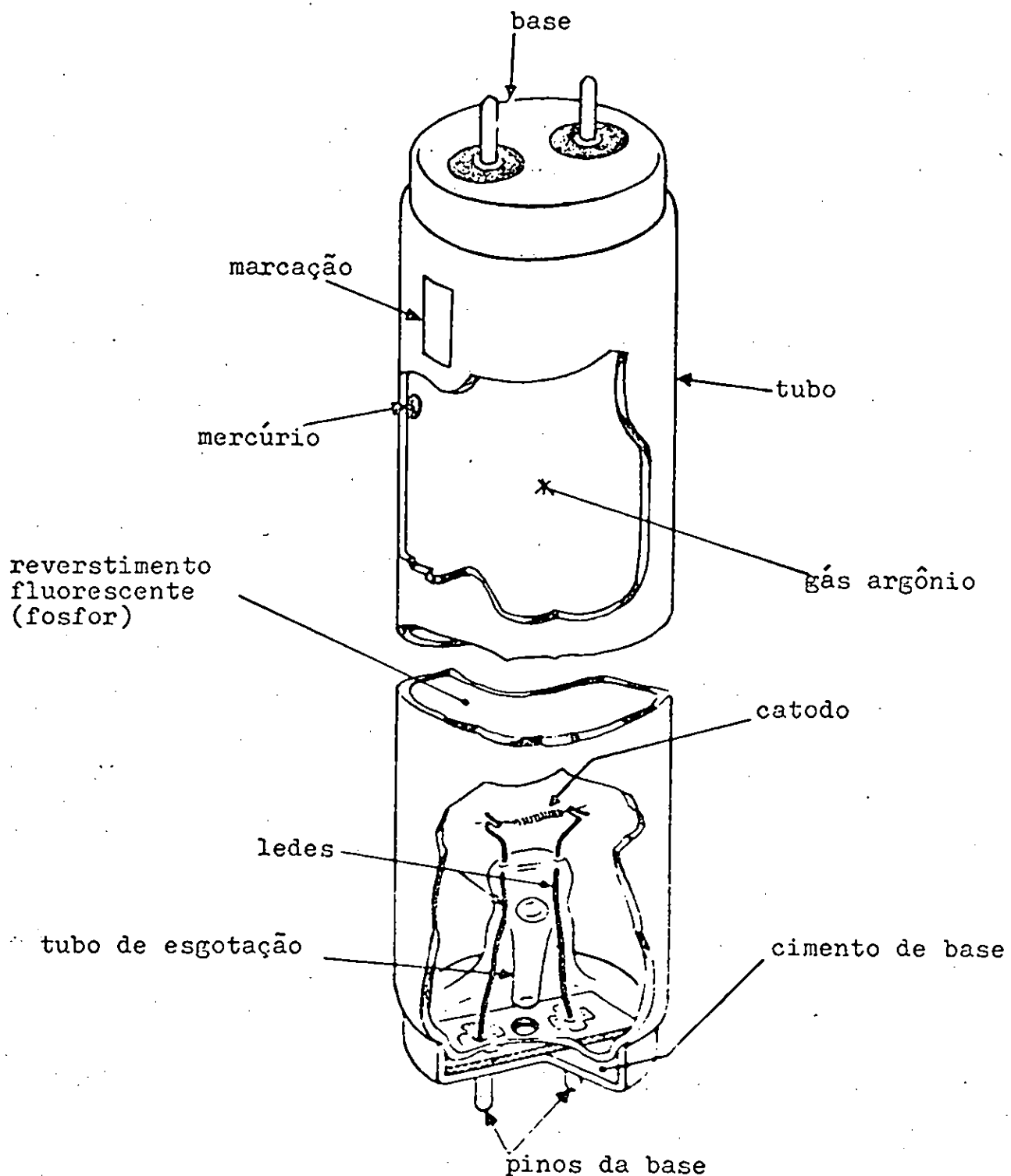
O pré-aquecimento dos catodos das lâmpadas fluorescentes em circuito convencional é proporcionado pelo uso de um dispositivo, o starter. Utilizando-se o reator do tipo partida rápida, cuja característica é ter dispositivo de pré-aquecimento como parte integrante do mesmo, simplifica-se bastante a instalação, pois o starter é eliminado. Além dessa vantagem, o reator de partida rápida permite melhores condições de partida e de funcionamento.

Na fig. 2.9 está esquematizado um circuito partida rápida típico.

Os enrolamentos J e G fornecem tensão de pré-aquecimento para os catodos: Essa tensão é fornecida tanto na partida quanto no funcionamento. Os enrolamentos C e A fornecem a tensão necessária à partida da lâmpada. O enrolamento C possui impedância suficiente para limitar a corrente de operação nos valores projetados.

Fig. 2 - 10

Componentes de uma lâmpada fluorescente



3. Nomenclatura de seus componentes

3.1 tubo

tem por finalidade confinar o arco elétrico e separar o meio interno da lâmpada do meio ambiente, sendo fabricado sob forma tubular, em vidro alcalino transparente. É produzido em três diâmetros diferentes: T-8 (25,4 mm), T-12 (38,1 mm) e PG-17 (54 mm). O comprimento do tubo é uma função da potência e da eficiência da lâmpada, ou seja, para cada potência de lâmpada, existe um comprimento determinado por projeto que lhe dá maior eficiência, excetuando-se o caso das lâmpadas "Power-Groove" que, através de um artifício - reentrâncias no tubo - consegue-se um comprimento do arco elétrico maior do que o do tubo e, com isso, maiores potências.

3.2 base

sua finalidade é dar continuidade elétrica e permitir conexão mecânica entre o circuito da lâmpada e o circuito externo, através de dois pinos (ou contatos) que cada um possui. É composta fundamentalmente de três partes: o cilindro, que é feito em chapa de alumínio prensada, os pinos de latão, em número de dois por base e as plaquetas de fenolite que permitem o isolamento e maior rigidez dos pinos da base. Todavia, no caso da lâmpada Power-Groove, a base, apesar de ter a mesma função, difere um pouco em sua construção. É composta de um cilindro em chapa de alumínio prensada, de um corpo central em textolite e de dois pinos embutidos.

3.3 cimento de base

sua finalidade é a de proporcionar a fixação do cilindro da base ao tubo.

3.4 estemes

3.4.1 ledes ou eletrodos

têm como finalidades principais suportar o catodo e permitir a continuidade elétrica entre o catodo e os pinos da base. São confeccionados em três partes: a primeira em níquel, que fica imersa no meio interno da lâmpada, em contato com o catodo; a segunda, em "dumet" (material que tem a propriedade de possuir coeficiente de dilatação próximo ao do vidro) que fica na região em que atravessa o vidro do esteme; a terceira, em cobre que é a parte que faz contato com os pinos da base.

3.4.2 catodo

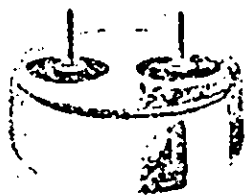
feito de fio de tungstênio e espiralado, com finalidade de lhe aumentar a eficiência. São utilizados dois tipos de espiralagem: o catodo duplamente espiralado ("coiled-coil") utilizado nas lâmpadas convencionais e o triplamente espiralado ("triple-coil"), utilizado nas de tipo Universal e Power-Groove. Os catodos são revestidos com uma mistira emissiva para facilitar maior emissão de elétrons a uma temperatura relativamente baixa.

3.4.3 tubo de esgotação

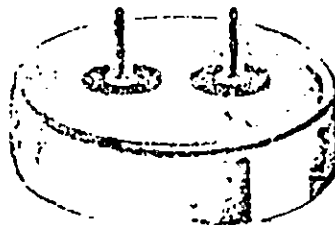
é através do tubo de esgotação que se faz o vácuo nas lâmpadas e, posteriormente, se introduz o gás condutor e o mercúrio sob forma líquida.

Fig. 2 - 11

Tipos de bases



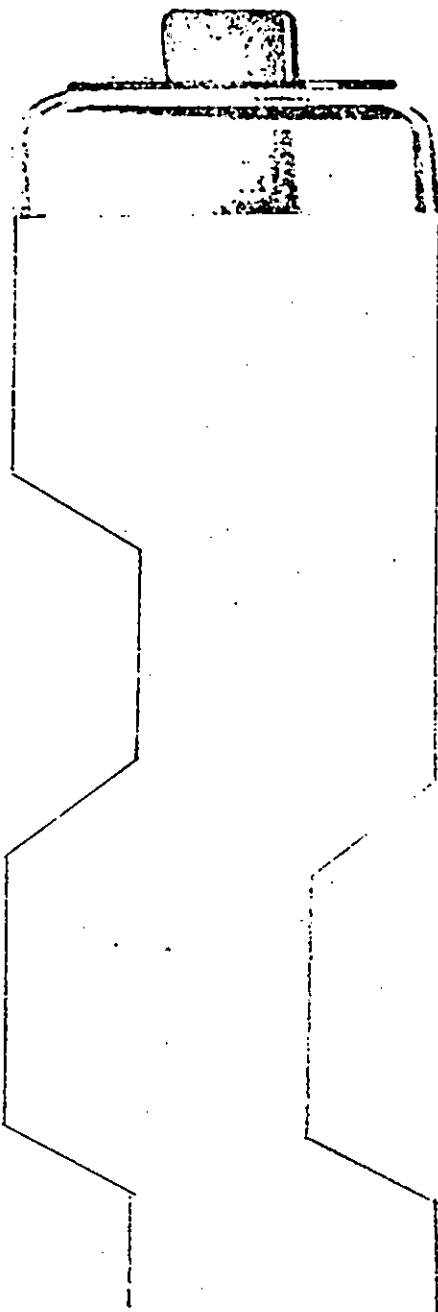
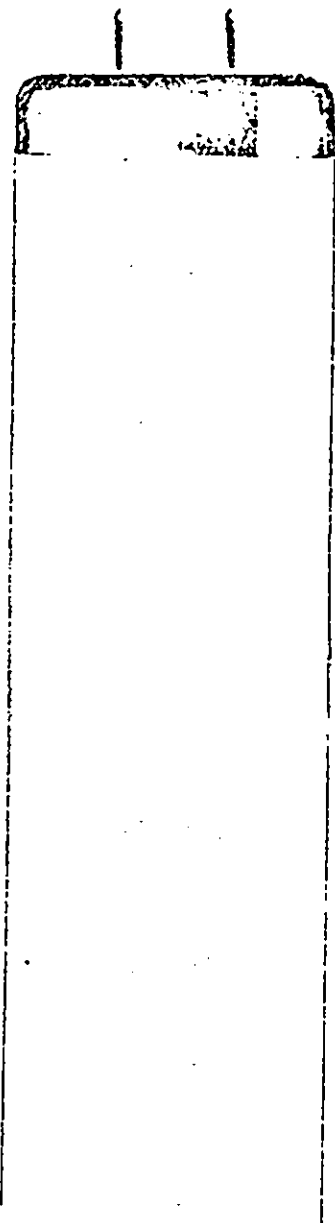
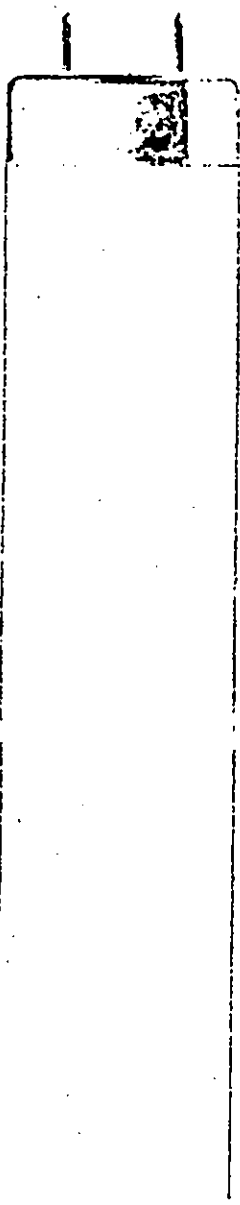
T - 8
bipino médio



T - 12
bipino médio



PG - 17
duplo contato embutido



3.5 meio interno

o meio interno da lâmpada é comumente contituido de argônio e mercúrio. O argônio ionizado facilita a condução da corrente na partida da lâmpada e o mercúrio excitado é o produtor de radiação ultravioleta.

3.6 revestimento fluorescente ("fosfor")

o revestimento fluorescente é uma camada de material cuja propriedade é transformar diretamente a radiação ultravioleta, produzida pelo mercúrio, em radiação visível (luz). Variando-se os tipos de fosfor utilizados no revestimento, obtêm-se as diversas cores de lâmpadas fluorescentes, inclusive as lâmpadas coloridas, azul, verde e rosa, além dos tipos incluídos na cor branca. As lâmpadas amarela e vermelha utilizam pigmentos para obter a tonalidade desejada, a qual não é obtida diretamente pelo fosfor.

3.7 marcação

em uma das extremidades da lâmpada, carimbam-se internamente: a marca do fabricante (registrada), potência e acabamento.

4. Vida e depreciação

Quando uma descarga se processa num meio condutor (argônio, vapor de mercúrio, no presente, caso), os elétrons são atraídos por uma diferença de potencial existente entre os eletrodos. Estes eletrodos são fornecidos por uma cobertura de óxido de bário, estrôncio ou cálcio, depositados sobre os eletrodos, sendo que alguns também são provenientes do tungstênio de que são feitos os eletrodos. Existem diversas maneiras de se obter tais elétrons:

1. emissão por campo elétrico - neste processo, a emissão é proporcionada pela aplicação de alta tensão entre os eletrodos.
2. emissão fotoelétrica - aqui, utiliza-se a incidência da energia radiante para se obter a emissão de elétrons.
3. emissão termo iônica - neste caso, pelo aquecimento dos eletrodos, obtém-se a emissão eletrônica com tensão bastante mais baixa que no primeiro caso.

4.1 vida

Os pequenos filamentos localizados em cada extremidade da lâmpada fluorescente são recobertos com óxido de bário, estrôncio ou cálcio, os quais permitem uma emissão termo iônica maior em temperaturas relativamente baixas, quando os eletrodos são aquecidos, tanto na partida quanto em funcionamento normal. Este material é lentamente volatilizado durante o uso da lâmpada. Contudo, esta volatilização é mais acentuada durante a partida.

Por isso, a vida da lâmpada fluorescente é diretamente influenciada pelo número de horas que a mesma permanece continuamente acesa por

partida; quanto maior êsse número, maior será a vida da lâmpada. A vista disso, é que a vida nominal da lâmpada fluorescente é especificada, normalmente, para um funcionamento contínuo de três horas por partida.

Quando os óxidos acima mencionados, tiverem sido consumidos, a lâmpada atingirá seu fim de vida. As que funcionam em circuito convencional ficarão "piscando" e as em circuito partida rápida, simplesmente se apagarão. Entre os aspectos que podem alterar, de forma acentuada, a vida da lâmpada fluorescente, temos:

1. tensão e frequência afastadas daquela para as quais o reator foi projetado.
2. ligações do circuito imperfeitas.
3. contatos defeituosos, principalmente dos pinos da lâmpada com os receptáculos.
4. dispositivo de partida (starter) defeituoso.
5. falta de obediência às normas por parte dos reatores.
6. manuseio inadequado das lâmpadas.

4.2 depreciação do fluxo luminoso

As lâmpadas fluorescentes, durante o seu funcionamento normal, tendem a escurecer uniformemente, ao longo de seu comprimento. Entretanto, êsse detalhe não é praticamente notável. Todavia, êsse escurecimento é o fator mais importante na depreciação de seu fluxo luminoso.

O fluxo luminoso decresce rapidamente durante as 100 primeiras horas de funcionamento, podendo essa queda atingir até 10% do fluxo inicial. Para valor nominal, é usado o do fluxo luminoso após as 100 primeiras horas de operação.

A depreciação atinge, no fim da vida da lâmpada, a valores entre 20 e 30% do seu fluxo inicial, logo, o fluxo luminoso final oscilará entre 80 e 90% do valor das 100 primeiras horas.

4.3 outros aspectos

Anteriormente, foi dito que as lâmpadas fluorescentes tendem a se escurecer uniformemente durante seu funcionamento, entretanto, existem algumas exceções, tais como, os escurecimentos das extremidades, que são:

- 4.3.1 denso escurecimento em uma ou nas duas extremidades (de comprimento variável entre 5 e 8 cm) indica que a lâmpada está próxima do fim da vida. Se a lâmpada é relativamente nova, isso pode ocorrer devido a: starter defeituoso, partidas frequentes com curto período de operação, reator não obediente às normas, alta ou baixa tensão, ligações imperfeitas ou lâmpadas defeituosas. Êsse tipo de escurecimento, não deve ser confundido com aquele proveniente da condensação do vapor de mercúrio. Inclusive, essa mancha pode aparecer em lâmpadas novas

Fig. 2 - 12

Depreciação do fluxo luminoso

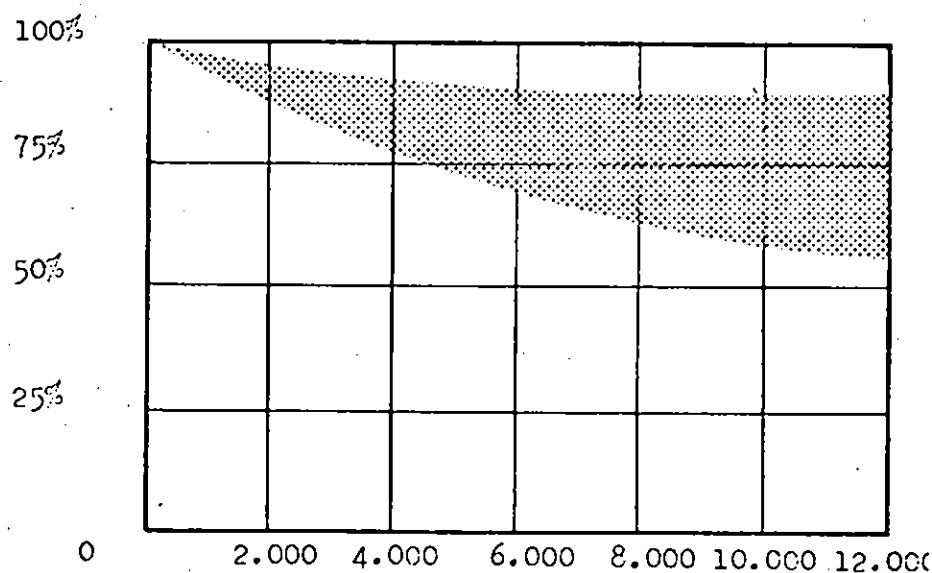
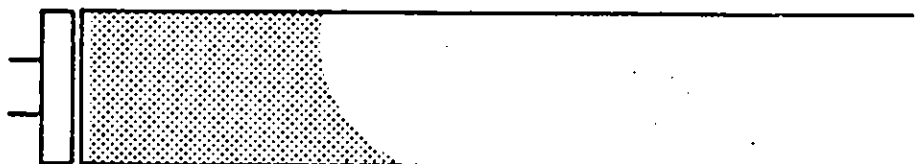


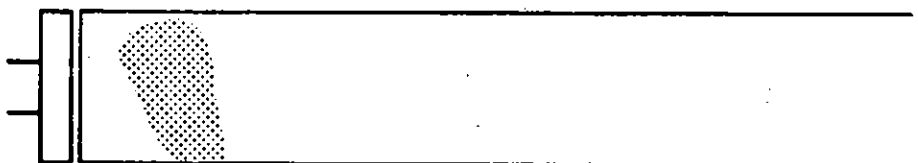
Fig. 2 - 13

Cutros aspectos

4.3.1



4.3.2



4.3.3



sem uso, porém, desaparecerá como funcionamento normal. Entretanto, a mesma pode de novo aparecer quando a lâmpada fôr apagada e esfriar. O mercúrio pode condensar-se em qualquer parte do tubo se um objeto frio tocar a lâmpada nesse local. Tais manchas, se ocorrerem próximas ao centro, podem não se evaporar novamente. Quando a condensação ocorrer dêsse modo, deve-se girar a lâmpada 180° nos soquetes, pois, assim, permite uma posição favorável à evaporação do mercúrio.

- 4.3.2 próximo ao fim da vida, algumas lâmpadas podem apresentar mancha bastante escura em uma ou nas duas extremidades, com cerca de 1,5 cm de largura, atingindo quase a metade do comprimento do tubo e distando, aproximadamente, 3 cm da base. Esse fenômeno é bastante comum, porém, se ocorrer em lâmpadas relativamente novas, é sinal de partidas excessivamente frequentes ou corrente de operação elevada devido a reatores defeituosos ou tensão de circuito elevada.
- 4.3.3 ocasionalmente, a lâmpada poderá apresentar um anel côr parda, envolvendo o tubo, em uma das duas extremidades. São normalmente localizados a cerca de 5 cm da base. Esses anéis são reações químicas inerentes à lâmpada e não alteram nem as características elétricas, nem as luminotécnicas da mesma, como, também, não indicam que a lâmpada esteja em fim de vida.

5. Análise

Em consequência da descarga elétrica, a lâmpada fluorescente tem uma forma linear com o comprimento em relação a seu diâmetro. A diferença para com a lâmpada incandescente, é que a fluorescente precisa de duas tomadas nas extremidades, coisa que comporta alguma dificuldade na sua instalação. Representa, decisivamente, um progresso enquanto atua na eliminação do conceito de fonte luminosa puntiforme, realizando a difusão da luz numa linha luminosa.

Constitui uma interessante fase de transição à provável futura tendência de se obter fontes de luz na dimensão de uma superfície, em cuja atuação, estão a anos, numerosos especialistas. Todavia, no estado atual, a lâmpada linear representa uma das fases mais avançadas neste setor de estudo porque permite vantagens de ordem nitidamente superiores que é a eliminação de sombras nos ângulos mortos.

Do ponto de vista funcional, as variações de configuração deste tipo de lâmpada são bastante limitadas: além de uma reta, pode-se obter lâmpadas curvas, dobradas em U e, no máximo, circulares. Particulares defeitos técnicos encontram-se nas lâmpadas fluorescentes circulares, pois a descarga elétrica é forçada de encontro às paredes da lâmpada, dando logo um maior desgaste e, em consequência, uma menor duração da lâmpada. A preferência que pode-se obter da parte de algum instalador, é de ordem, acima de tudo, estética e formal.

O tipo atual do tubo fluorescente linear é reconhecido pelos técnicos como "ideal" de um ponto de vista tecnológico e as medidas

standard são as seguintes: tubo de 20 W de 60 cm e 40 W de 120 cm. Entretanto, o tubo fluorescente de 240 cm de comprimento está sendo gradualmente abandonado de produção, pois seu rendimento luminoso é nitidamente inferior (quase a metade) dos de dois de 120 cm acoplados.

Uma das possibilidades oferecidas pelas lâmpadas fluorescentes lineares é a cor desprendida da qualidade do pó interno do tubo de vidro e que, na produção atual, orienta-se para uma série standard internacional calculada segundo a escala Kelvin, temperatura-cor.

Ao contrário das lâmpadas incandescentes ou das lâmpadas de descarga normais, o objetivo das lâmpadas fluorescentes não é o de produzir diretamente a máxima quantidade de luz, mas a maior quantidade de radiações ultravioletas invisíveis, de determinado comprimento de onda, no sentido de convertê-las, por meio de composto químico fluorescente (fosfor), em radiações visíveis.

5.1 Considerações de um ponto de vista design

A lâmpada a catodo quente, cuja fabricação é hoje notadamente difundida e estandardizada com características constantes bem definidas em todos os países do mundo, oferece enormes possibilidades de análise. A relação entre o diâmetro do tubo e seu comprimento é um parâmetro constante em função do rendimento luminoso relativo à potência. Teoricamente é possível construir lâmpadas fluorescentes com infinitas dimensões para adaptá-las às várias exigências das aplicações luminotécnicas. Na prática foi necessário encontrar um equilíbrio entre as várias exigências, tendo como primeira razão, aquela de ordem econômica, de um ponto de vista produtivo.

Quanto à forma de seção do tubo, existem razões na tecnologia vidreira que tendem a preferir a seção circular pela facilidade de se obter espessura uniforme do vidro e pela homogeneia pulverização sobre toda a superfície interna do tubo. Ao invés disso, o ideal, de um ponto de vista de rendimento luminoso, orientar-se-ia para seções quadrangulares, hexagonais, poligonais, deixadas, porém, de lado por seu elevado custo de produção e pelo seu alto grau de resfriamento.

Porque o dualismo potência-rendimento luminoso não é diretamente proporcional mas, em alguns casos, de valor negativo, a atual orientação dos fabricantes da lâmpada fluorescente é de aumentar notadamente o fluxo luminoso com proporcionais pequenos aumentos de potência. Existe, também, a intensão de poder vencer a concorrência no plano comercial das lâmpadas fluorescentes que possuem um custo superior mas um rendimento luminoso nitidamente mais elevado, unida a uma maior duração, se bem que com tempo de acender menos rápido.

De fato, nos Estados Unidos, para particulares exigências do mercado interno (lâmpada linear muito potente, com elevado rendimento luminoso), foram experimentados recentemente, com sucesso, as "Power Groove lamps". A sua forma característica é estritamente em função do rendimento: trata-se de tubos fluorescentes de seção circular

que apresentam sulcos mais ou menos numerosos e simétricos no sentido do comprimento que têm a finalidade de aumentar a superfície luminosa. Com esta perspicácia, diminui-se a distância que as radiações ultravioletas emitidas das partículas de mercúrio devem percorrer para chocar a superfície luminescente e, então, obstruir a nova absorção destas radiações da parte de corpos estranhos, fenômeno que se verifica com o aumento da potência.

O aspecto estético do tubo fluorescente e de seus componentes, são vinculados ao sistema de funcionamento. Algumas soluções prevêm a utilização do tubo mediante placa difusora em colméia ou plafonier de matéria plástica de formas diversas (quadradas, retangulares, redondas) que contêm o tubo e que se aplicam ou se inserem no teto. A tendência atual é valorizar o elemento fluorescente em si, mediante órgão de suporte apropriado.

Para 90% dos casos, os interesses do design preferem ideais estéticos relativos à forma exterior das luminárias, sem levar em consideração os profundos estudos tecnológicos feitos pelos fabricantes das lâmpadas com finalidade de melhorar o mais possível o rendimento luminoso e a forma da lâmpada, condescendentes aos três postulados fundamentais da produção. Os resultados destes estudos, por exemplo, para aumentar de 5% o rendimento luminoso de um determinado tipo de lâmpada, arriscariam a serem anulados cada vez que o designer se dedica ao estudo da forma, ao invés de enfatizar as características dos corpos luminantes, não diminuindo-lhe sua utilização.

6. Côr da luz

Pelo uso de diferentes fosfors, tanto simples ou mistos, filtros pigmentados, pode-se produzir uma grande quantidade de tipos de cores. Isto dá, às lâmpadas fluorescentes uma vantagem sobre os outros tipos de fontes de luz, mas, permitindo ao consumidor a escolha de lâmpadas é necessário fazê-los compreender mais sobre cor e rendimento de cor das lâmpadas.

Dado que, todos os fabricantes usam o mesmo tipo de fosfor para a alta eficiência de tipos da lâmpadas (branca fria, branca morna e luz do dia), as diferenças de cor são quase sempre negligenciadas. O olho, entretanto, é muito sensível às pequenas diferenças na cor, particularmente quando são olhadas grandes áreas. Para obter máxima uniformidade, as instalações devem sempre ser feitas com lâmpadas de um mesmo fabricante.

6.1 branca fria

possui uma temperatura-côr aproximada de 4.200°K e coordenadas da CIE (Comition Internationale d'Eclerage) de $x = 0.372$ e $y = 0.374$, o que quer dizer, demonstrado na curva de distribuição espectral da luz (fig. 2.14), que a lâmpada branca fria tem uma cor com maior participação de energia nas tonalidades amarelas e vermelhas.

- 6.2 branca morna
possui uma temperatura-côr aproximada de 3.000°K e coordenadas $x = 0.437$ e $y = 0.405$. Tem uma intensa quantidade de energia para as côres amarela e vermelha em deprimimento das outras.
- 6.3 luz do dia
sua temperatura-côr é de, aproximadamente, 6.500°K e coordenadas $x = 0.311$ e $y = 0.338$. Embora tenha uma radiação quantitativamente tendendo para um equilíbrio nas faixas de amarelo e vermelho e, azul e verde, não pode ser considerada como luz branca, pois tem uma concentração de energia da parte azul do espectro.

Fig. 2 - 14

Diagrama do CIE mostrando algumas lâmpadas fluorescentes em relação à curva do corpo negro.

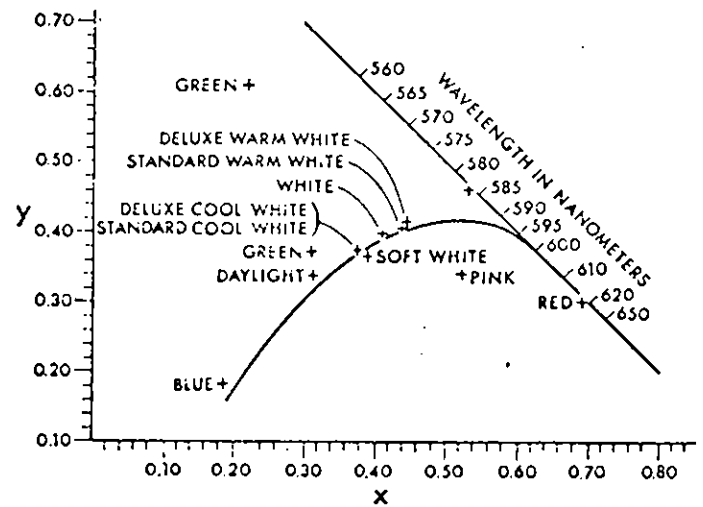
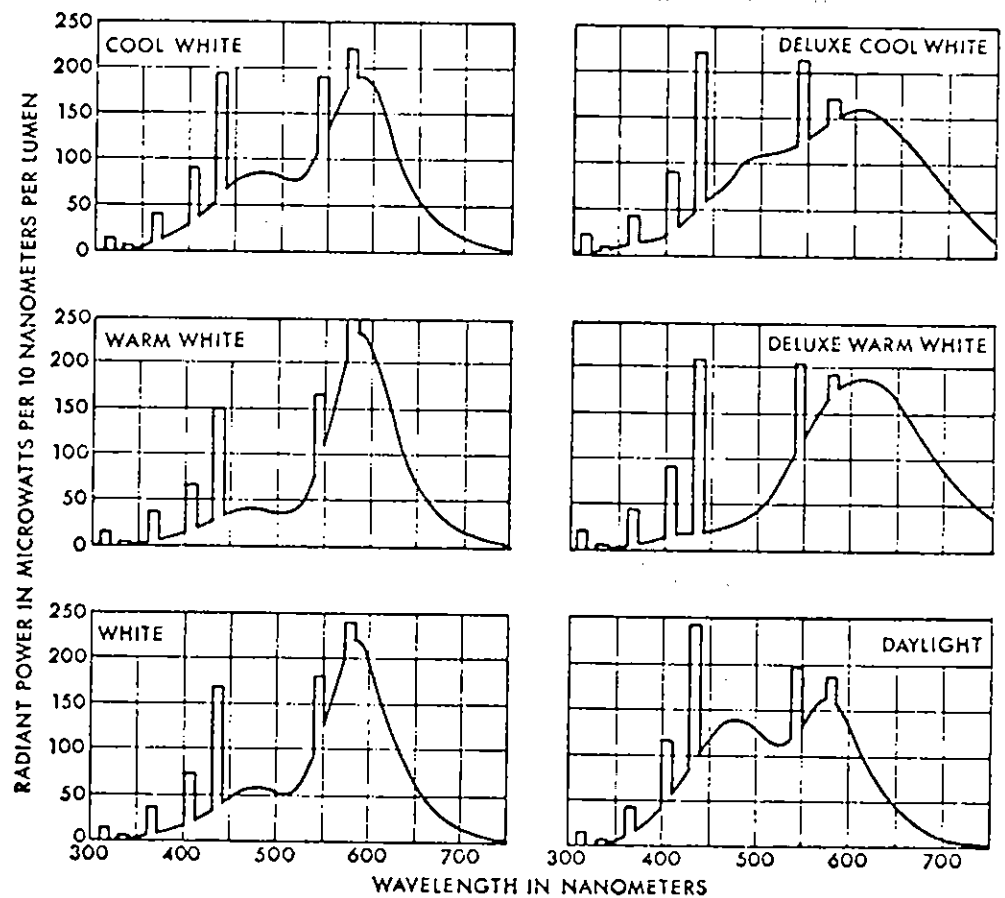


Fig. 2 - 15
Curvas de
distribuição
luminosa.



Lâmpadas a vapor de mercúrio

1. Funcionamento

Na descarga de mercúrio, a luz é produzida pela passagem de uma corrente elétrica através do vapor de mercúrio. Como o mercúrio possui uma baixa pressão à temperatura ambiente, e menor ainda à temperaturas baixas, uma pequena quantidade de gás argon já ionizado é introduzido nas lâmpadas de mercúrio para facilitar a partida. O arco original é formado através da ionização deste gás argon. Quando o arco se forma, seu calor começa a evaporar o mercúrio, e este processo continua até que todo o mercúrio seja evaporado. A quantidade de mercúrio na lâmpada determina, essencialmente, a pressão de operação final, que é geralmente de 2 a 4 atmosferas na maioria das lâmpadas.

2. Nomenclatura de seus componentes

2.1 base

é o elemento que permite a continuidade entre a lâmpada e o circuito externo ou rede de alimentação. Confeccionadas em latão, são do tipo Edison (rôscas), tamanho E-40. A base é presa ao bulbo através de um processo mecânico. A base propriamente dita é enroscada num anel metálico, este por sua vez possui saliências que se engastam em pequenas depressões do bulbo. Isto é feito para resistir às altas temperaturas, uma vez que nenhum cimento ou cola é utilizado neste processo.

2.2 defletor de calor

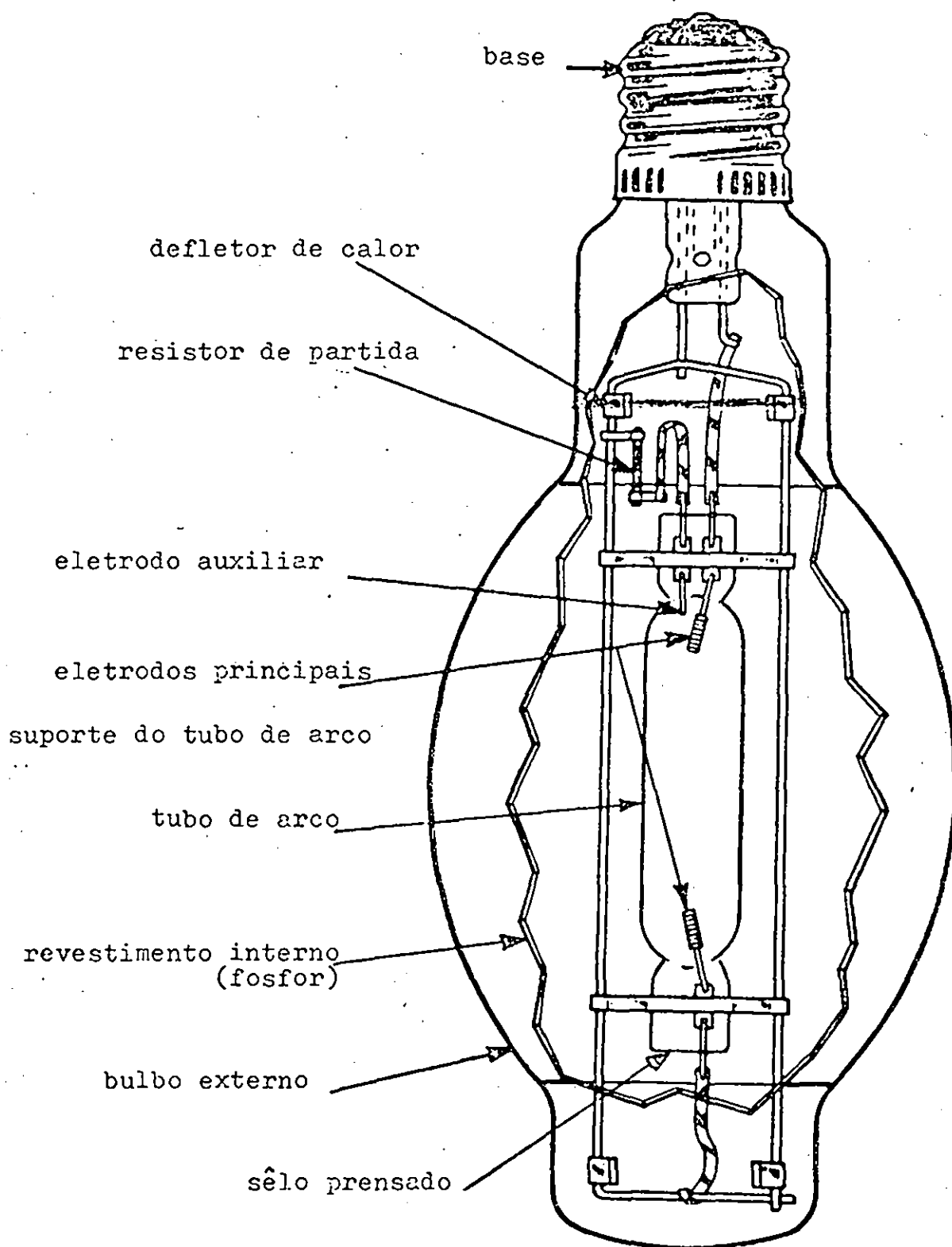
disco metálico (ferro niquelado), polido, o qual permite redizer o fluxo de gases quentes no pescoço do bulbo externo, quando a lâmpada opera de base para cima. Protege-se assim, a base e o soquete do calor excessivo e reflete para o plano de trabalho a luz que iria se perder na base da lâmpada.

2.3 tubo de arco

é o coração da lâmpada. Confina o arco elétrico e suporta a elevada temperatura e alta pressão quando a lâmpada está operando. É feito de quartzo puro e contém precisas quantidades de mercúrio e argônio. Selado em cada extremidade desse tubo encontra-se um eletrodo principal. Numa das extremidades do tubo está selado, também, o eletrodo auxiliar ou de partida.

Fig. 2 - 16

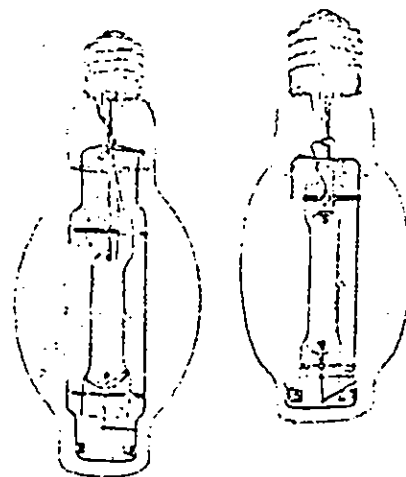
Componentes de uma lâmpada a vapor de mercúrio



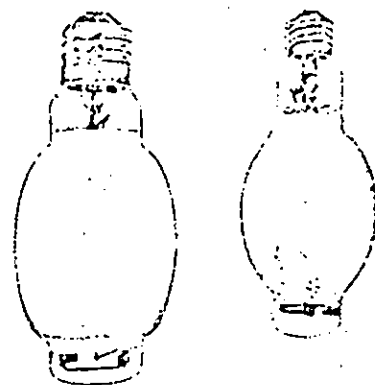
- 2.4 eletrodos principais
atuam como terminais do arco ou descarga elétrica. Em cada meio ciclo da corrente alternada, um eletrodo atua como ânodo e outro como catodo. Evidentemente esses eletrodos trocam de funções em cada reversão de polaridade da corrente alternada. Cada eletrodo é constituído por uma espiral de fio de tungstênio, a qual é envolvida por uma camada de óxidos de bário, cálcio, estrôncio ou zircônio, cuja função é facilitar a emissão de elétrons.
- 2.5 eletrodo auxiliar
permite formar, quando a tensão é aplicada, um maior campo elétrico entre ele próprio e o eletrodo principal adjacente. Este arco ioniza o argônio e ajuda a formação do arco principal.
- 2.6 sêlo prensado
conserva a pureza do mercúrio e do argônio que se encontram dentro do tubo de arco e impede a penetração no mesmo do nitrogênio existente no interior do bulbo externo.
- 2.7 bulbo externo
é fabricado em vidro duro de tipo NONEX, que resulta em muito maior resistência a choques térmicos. Protege as partes internas da lâmpada, impedindo que os ledes se oxidem, o que poderia partir o sêlo prensado do tubo. Por outro lado, o bulbo externo impede as variações de temperatura do tubo de arco, o que é muito importante, porquanto a eficiente operação da lâmpada requer que esse tubo trabalhe em alta temperatura a fim de se conseguir elevada pressão do vapor de mercúrio. Nas lâmpadas a vapor de mercúrio de côr corrigida, esse bulbo externo é revestido internamente com uma camada fluorescente (fosfor).
- 2.8 suportes do tubo de arco
tem a finalidade principal de sustentar o tubo de arco e serve como condutor de corrente elétrica para o eletrodo mais distante da base e para o eletrodo auxiliar. É fabricado em material polido para evitar absorção de luz.
- 2.9 resistor de partida
limita a corrente para o eletrodo auxiliar, tornando o mesmo inativo após a formação da descarga entre os eletrodos principais. Esse resistor (de carvão) é projetado para suportar as altas temperaturas presentes nas lâmpadas a vapor de mercúrio.
3. Tipos de lâmpadas
- 3.1 claras
são fabricadas nas potências de 175, 250 e 400 W, em bulbos BT-28 (175 e 250 W) e BT-37 (400 W). Emitem uma luz azul-

Fig. 2 - 17
Tipos de lâmpadas

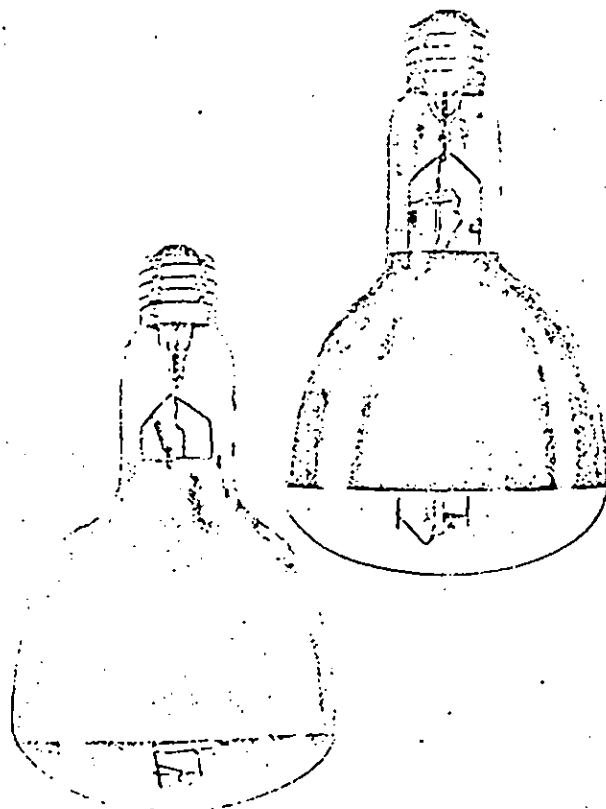
Claras



Côr corrigida



Semi-refletôra e Refletôra



esverdeada e são utilizadas quando o controle de fluxo luminoso é mais importante que a qualidade de luz emitida. Aplicam-se, principalmente, em iluminações públicas, iluminação a projetores e locais onde o rendimento de percepção às cores não seja importante. Possuem rendimento luminoso um pouco superior às lâmpadas cor corrigida.

3.2 cor corrigida

são fabricadas nas mesmas potências e bulbos que as claras. Seu bulbo externo é recoberto internamente com uma camada de material fluorescente (fosfor), o que compensa a cor azul-esverdeada emitida pelo tubo de descarga, pois esta camada permite a transformação direta do ultravioleta em radiação visível na faixa vermelha do espectro, resultando uma composição próxima da luz branca. Atualmente, estas lâmpadas estão tendo grande aplicação em iluminação pública e de grandes áreas, como também, em iluminação industrial e comercial.

3.3 refletoras e semi-refletoras

são fabricadas na potência de 400 W e em bulbo R-52. Enquanto que o aproveitamento do fluxo luminoso das lâmpadas claras e cor corrigida depende das características luminotécnicas da luminária empregada, o aproveitamento do fluxo luminoso das lâmpadas refletoras e semi-refletoras, praticamente independe das luminárias, isto porque estas lâmpadas possuem seus próprios refletores no bulbo externo. Assim, a lâmpada refletora tem seu bulbo externo revestido internamente por uma camada aluminizada, o que permite que toda a luz seja dirigida diretamente para baixo. Essas lâmpadas não são de cor corrigida. Já as lâmpadas semi-refletoras possuem o refletor interno constituído por uma camada de fosfor, em vez de uma camada aluminizada, o que permite a correção da luz emitida. Aproximadamente 1/3 da luz emitida é dirigida para cima e os 2/3 restantes para baixo. São empregadas em locais de grande altura de montagem (9 m ou mais) e, como seus refletores se encontram hermeticamente fechados, destinam-se, também, para locais sujeitos a pó, poeira e fumaças. Há ainda a possibilidade de, no uso dessas lâmpadas, serem dispensadas as luminárias, desde que não haja possibilidades de choques mecânicos ou térmicos.

4. Análise

Não obstante seja a forma linear a principal característica da lâmpada fluorescente, todavia o desenvolvimento extremo do estudo do tubo fluorescente levou à criação da lâmpada a bulbo fluorescente, a lâmpada a vapor de mercúrio.

De um ponto de vista tecnológico, poder-se-ia falar em um recuo de posição pois, de uma linha volta-se à fonte luminosa puntiforme. Mas esta lâmpada possui ótimas utilidades que justificam o sucesso.

Podendo ter um rendimento luminoso igual a seis ou oito tubos fluorescentes, é usada especialmente para iluminação de ruas com grandes vantagens de ordem econômica, pois reduz-se de cerca 1/3 o consumo de energia e elimina os complexos e custosos suportes necessários para um equivalente feixe de tubos fluorescentes.

De um ponto de vista estético, permite que as luminárias de rua simplifiquem e ofereçam leveza, dando ótimas possibilidades de participar vantajosamente do quadro estético urbano diurno e noturno.

5. Características de radiação

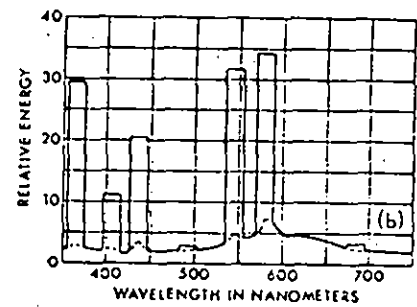
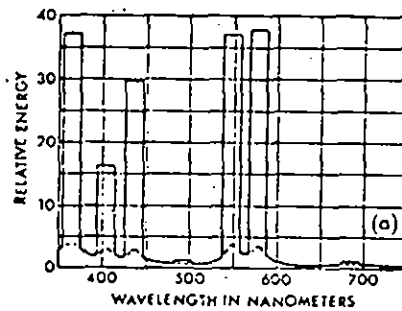
A pressão com a qual uma lâmpada de mercúrio opera contribui em larga escala para suas características da distribuição da energia espectral. Geralmente, altas pressões de operação tendem a mudar uma grande porção de radiações emitidas para comprimentos de onda mais longos. Dentro da região visível, o espectro do mercúrio consiste de quatro principais comprimentos de onda (404.7, 435.8 e 557 a 559 nm) que resulta numa luz azul-esverdeada a uma eficiência de 30 a 65 lúmens por watt. Pelo fato que a própria fonte de luz parece ser branca-azulada, existe a ausência da radiação vermelha, e a maioria dos objetos coloridos aparecem com distorções na reflectância das cores. As cores azul, verde e amarelo nos objetos são enfatizadas. Laranja e vermelho tornam-se amarronzadas. Quando é de grande importância a reprodução das cores, usa-se lâmpadas de mercúrio "luz mista", que além do tubo de arco, possuem um filamento de tungstênio que permite a mistura das luzes emitidas, ou mesmo, a combinação com lâmpadas incandescentes.

Fig. 2 - 18

Curva de distribuição luminosa

a) lâmpadas claras

b) lâmpadas de côr corrigida



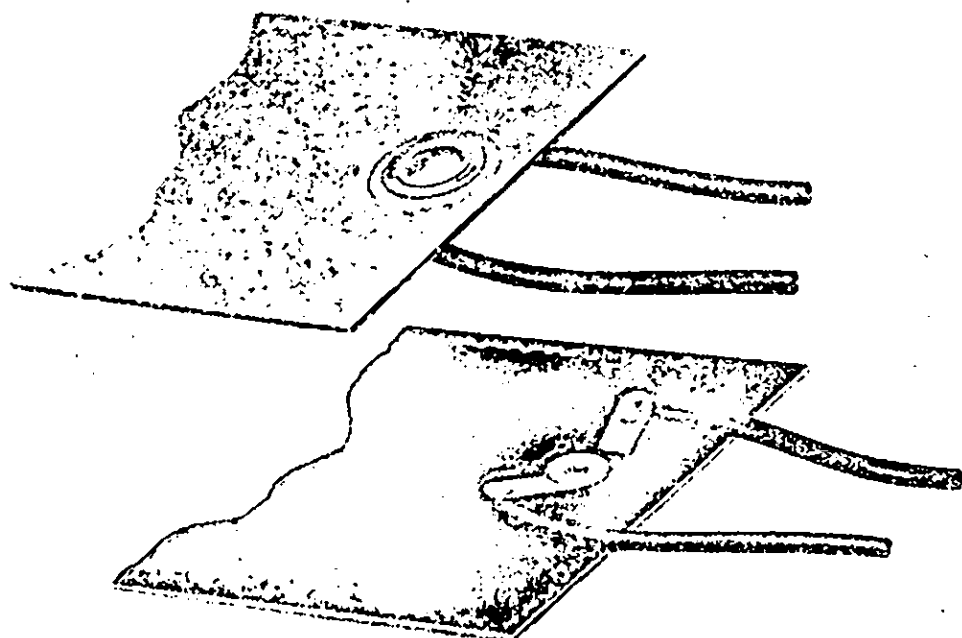
Lâmpadas eletroluminescentes

Uma lâmpada eletroluminescente é uma fonte de superfície fina na qual a luz é produzida pelo excitação do fosfor por um campo elétrico alternado. Essencialmente, a lâmpada é feita por duas placas, sendo uma transparente, com fosfor acamado no seus dielétricos. Luzes azuis, verdes, amarelas ou brancas podem ser produzidas pela escolha dos fosfors. O fosfor verde possui a mais alta luminância. Essas lâmpadas são fabricadas em cerâmica ou plástico, flexível ou rígido, e são facilmente fabricadas em formas simples ou complexas.

Se bem que ainda estejam em fase de experiência, elas estão sendo usadas em iluminação decorativa, luzes noturnas, interruptores, painéis de instrumentos, mostradores de relógio, discos de telefone, termômetros e sinais. Sua aplicação restringi-se a lugares onde a iluminação geral é fraca, pois, ainda é baixo o fluxo luminoso emitido por unidade de superfície luminosa.

Fig. 2 - 19

Frente e verso de uma lâmpada eletroluminescente



⁵ Requisitos para iluminação de interiores

A arte e ciência do design de iluminação em interiores modernos abrangem um campo muito maior do que geralmente é considerado. Em geral o design de iluminação envolve vários fatores sendo que alguns destes são relativos à luz e visão, e à resposta visual do olho sob variações de luz e de condições ambientais. Outros são relativos à produção, controle e distribuição da luz elétrica. E ainda outros fatores são relativos ao próprio recinto, ou à estrutura do edifício, incluindo o tamanho, forma, cor, e relacionado às considerações decorativas.

O designer de iluminação precisa saber e compreender na sua totalidade tudo o que se refere à visão, no sentido visual. Tal conhecimento é básico para a seleção da luminária (luminosidade fotométrica), da tarefa visual e a luminância relativa à tarefa, seus arredores imediatos, e tudo que se refere ao campo periférico de visão, isto é, a posição dos olhos e de visualização da tarefa. Estas luminâncias afetam o conforto visual e a performance (execução) da tarefa.

Pesquisas têm indicado que as condições desejáveis de visão, existem quando a luminância dos arredores e da tarefa visual são relativamente uniformes. Uma vez que esta condição nem sempre é prática ou fácil de ser obtida, especialmente em vista das considerações decorativas ou mesmo outras, que geralmente estão envolvidas, têm sido desenvolvidas recomendações de limitação de luminância, as quais, quando seguidas, vão prover um ambiente visual satisfatório.

O "approach" geral para proporções de baixa luminância sobre o campo visual total é limitar a luminância das luminárias e das janelas e prover a luminância em todas as superfícies interiores (tetos, paredes, assoalhos, superfícies de trabalho e equipamentos) por meio de reflectâncias adequadas, texturas e distribuição da luz. A utilização do design arquitetural, estrutural e da cor do campo visual está sendo também cada vez mais apreciada pelos benefícios estimuladores que eles produzem.

O designer de iluminação possui uma latitude considerável na seleção de uma solução de iluminação para interiores específicos. Os standards modernos exigem provisão de luz em termos de quantidade e de qualidade que são comensuráveis com o grau de dificuldade das tarefas visuais que existirão na área e que ajudarão a "performance" e minimizarão a fadiga resultante do esforço visual. Por outro lado, o designer de iluminação tem a sua disposição uma grande quantidade de tipos e tamanhos de fontes de luz, de luminárias e de equipamentos e componentes de iluminação. Aqui, ele tem oportunidade de exercer o seu julgamento profissional, seu gosto pessoal ou escolha baseada em análises econômicas e chegar à qualquer das várias soluções podendo justificá-las por seu próprio mérito.

Além disso, o designer de iluminação trabalhando em cooperação com o arquiteto e com o designer de interiores tem a oportunidade de coordenar o design de iluminação com o design de decoração e de dar a aparência e o efeito decorativo desejado. A iluminação pode e deve ser o fator dominante no tratamento decorativo de qualquer interior, porque, sem luz, ou com um sistema de iluminação impróprio ou inadequado, os efeitos decorativos desejados não poderão ser realizados.

O designer de iluminação pode também escolher o método de instalação do sistema de iluminação ou o design arquitetural e condições estruturais podem ditar um método de instalação particular. Em qualquer caso, um conhecimento profundo dos princípios de controle, serão da maior ajuda no design do sistema de iluminação mais satisfatório e eficiente possível para o problema em questão.

1. Visibilidade - quantidade de iluminação

A partir do momento que não vemos luz e, sim, a luminosidade por ela produzida, os índices de iluminação devem ser baseados na quantidade de iluminação requerida para produzir luminosidade que nos permitirão ver nossas tarefas e arredores fácil e confortavelmente.

O problema não está em produzir luminosidade específica - que é uma maneira relativamente fácil jogando fatores de iluminação e de reflectância de acordo com uma determinada fórmula - mas, em especificar a luminosidade certa em primeiro lugar. E isso só pode ser feito se o designer compreender inteiramente a complexa relação entre luminosidade e visibilidade. Um dos fatos que é básico para tal compreensão é mostrado na fig. 3.1: o que podemos ver está limitado pelo contraste entre o detalhe e o fundo imediato. Assim, com o aumento da luminosidade do fundo imediato, a visibilidade também aumenta, até um certo ponto. Mas, ambas as curvas atingem um ponto, acima do qual um grande aumento na luminosidade do fundo imediato produz somente um pequeno aumento na visibilidade.

As experiências de Weston demonstraram que, tendo-se uma determinada luminosidade que permite ler um livro com rendimento de 80%, será necessário duplicar ou mesmo triplicar esta luminosidade para que haja um aumento de rendimento para 90%. Para passar esse aumento de 90 para 95%, é preciso de novo duplicar a luminosidade. Por exemplo: a leitura de um livro possui um rendimento de 90% com uma luminosidade de 100 lux, a 300 lux será de 95% e a 600 lux de 98%.

Como estas curvas demonstram, a iluminação requerida para a visibilidade está relacionada com o tamanho e o contraste da tarefa, ou em outras palavras, sua dificuldade (uma avaliação da relativa dificuldade das várias tarefas, ajuda a analisar seus requerimentos de iluminação). A tabela de iluminamentos (tab. 3.2) estudada pela IES (Illuminating Engineering Society) indica os níveis de ilumina-

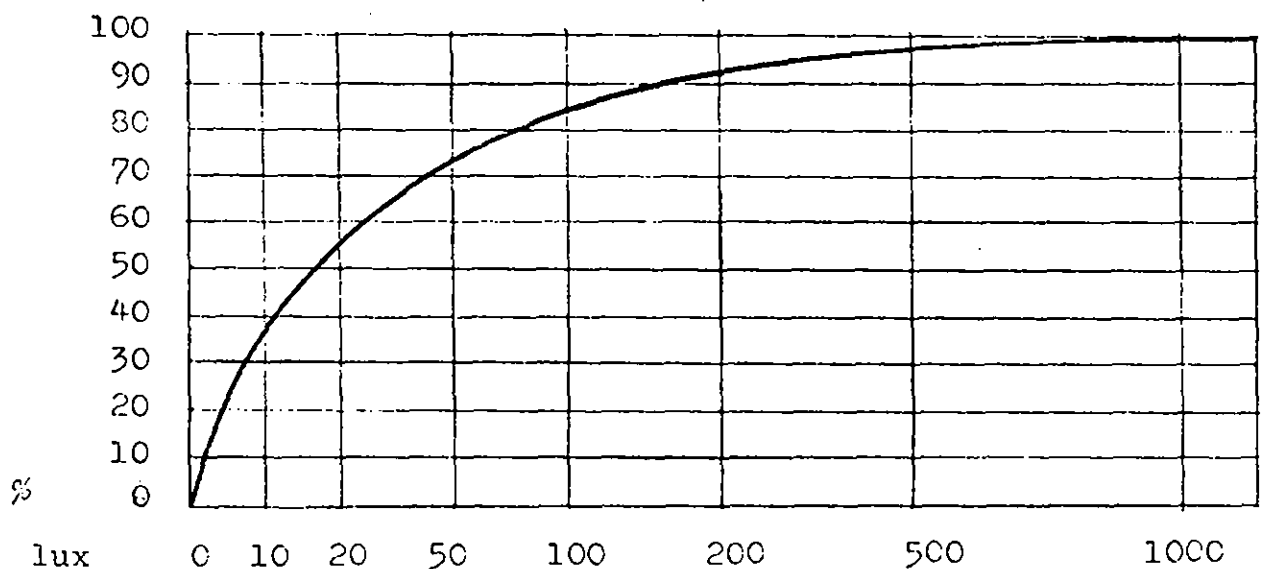
Tab. 3 - 1

Série de contrastes de côres, segundo Luckiesh, em ordem decrescentes.

1. preto sôbre amarelo
2. verde sôbre branco
3. vermelho sôbre branco
4. azul sôbre branco
5. branco sôbre azul
6. preto sôbre branco
7. amarelo sôbre preto
8. branco sôbre vermelho
9. branco sôbre verde
10. branco sôbre preto
11. vermelho sôbre amarelo
12. verde sôbre vermelho
13. vermelho sôbre verde

Fig. 3 - 1

Gráfico luminosidade - visibilidade



Tab. 3 - 2

Intensidade de iluminamentos

Lux Tipo de trabalho

ARMAZENS

25	Armazenagem de estoque (pouco uso)
50	Armazenagem de fábrica (muito uso)
50	armazen a granel
100	material pequeno
200	material muito pequeno

BIBLIOTECAS

50	Sala de leitura
150	iluminação geral
150	sobre as mesas
75	Recinto das estantes
125	Fichários

CINEMAS E TEATROS

30	Sala de espetáculo, sala de espera, foyer
200	Bilheterias

ESCOLAS

100	Escola maternal
	Escola primária
200	classes
50	sala de ginástica
	Escola secundária
250	classes
300	laboratório de física e química
150	sala de ginástica
	Escola de corte e costura
250	classes
250	cozinha
400	sala de costura
	Escola superior
250	aulas
400	sala de desenho
250	oficina

Lux Tipo de trabalho

ESCRITÓRIOS

Salas de desenho
2.500 serviços cartográficos, cadastrais, etc. (1)
750 desenho de máquinas e de edificações, etc.
500 desenho decorativo e croquis
500 Contabilidade mecânica
400 Administração
500 Salas de mecanografia
250 Arquivos com pequeno trabalho administrativo
100 Arquivos
250 Sala de diretores
150 Sala de visita
200 Salão de reunião
150 Cantinas

FÁBRICAS

Açúcar (refino)
200 moenda, mistura, transporte
400 centrifugado, purificação
750 controle da cor (1)

Borracha
150 preparação para fabricação, corte, teares para mangueiras
200 preparação para armazenamento, tratamento prévio, calandra
 gem, produtos moldados e vulcanizados
150 produtos de extrusão
500 inspeção
100 acondicionamento
60 armazenamento

Automóveis
300 fabricação, montagem do chassis, fabricação da carroceria
 montagem da carroceria, estofamentos, exposição, postos
 de serviços
1.000 linha de montagem
2.000 acabamento, inspeção
 pintura (ver oficinas de pintura)
80 garagem (estacionamento)
250 garagem-oficina

Calçado
1.000 desenho, corte, costura, classificação (1)
750 colocação de solas, moldagem em formas, reforços, limpeza

Doces
200 moagem, seleção, elaboração de massas, acondicionamento
400 moldagem decoração

Lux	Tipo de trabalho
	Cerâmica
100	moagem, filtragem, fornos
150	moldagem, prensagem, acabamento mecânico
400	coloração, esmaltação, vitrificação (trabalhos grosseiro)
750	coloração, esmaltação, vitrificação (trabalhos finos) (1)
	Cerveja
125	salas de fermentação
125	cuzimento, lavagem dos barris
200	enchimento (em garrafas, latas, barris)
	Farinha
80	limpeza, trituração, moagem
100	torrefação, cozimento
500	dosagem
	Papel
150	moagem, trituração, tratamento da polpa, calandragem
200	corte, acabamento
400	enrolamento, inspeção
	Roupas
	contrôle de tecidos
1.500	claros (1)
2.500	escuros (1)
	corte e engomagem
500	claros
1.000	escuros (1)
	costura e acabamento
750	claros
1.500	escuros (1)
	Sabão
150	cozimento, corte, fabricação de sabão em flocos e pó
250	estampa, embalagem
	Tintas
150	iluminação geral
1.000	aferição de cores (local)
	Vidros
150	dosagem, mistura, fornalhas, extrusão, assopradores
200	prateamento
200	esmerilhamento grosso, corte dimensional
400	esmerilhamento fino, chanframento
300	lixiviação
500	lapidação, gravação, decoração
700	polimento, inspeção

GARAGEM

(ver fabricas de automóveis)

GRÁFICAS

Lux	Tipo de trabalho
400	Fundição de tipos de impressão
400	confeção de matrizes
200	fundição de tipos (mecânica ou manual), classificação
	Impressoras
1.000	controle de cores (1)
400	composição a máquina, local para composição a mão
250	impressão
500	blocos tipográficos
500	correção
	Galvanotipia
400	moldagem, acabamento, nivelamento, recorte
200	confeção do clichê
	Litografia
200	gravação, obtenção de provas
400	retoque e controle de cores
	Encadernação
200	dobragem, montagem, colagem, corte
	HOSPITAIS
	Consultório
100	geral
400	mesa de trabalho
	Farmácia
150	geral
400	preparação de receitas
150	armazenagem
100	sala de aula
	Sala de banho
100	geral
200	espelhos (iluminação suplementar)
250	Biblioteca
	Medicação
500	geral
10.000	local
250	Cozinha
	Laboratório
250	sala de pesquisa
400	mesa de trabalho
	Sala de consulta e tratamento
250	geral
500	mesa para exame do paciente
	Departamento de operação
500	geral
20.000	mesa de operação
400	sala de esterilização

Lux	Tipo de trabalho
-----	------------------

0-50	Departamento de raios X (regulável)
------	-------------------------------------

250	Departamento de odontologia
5.000	sala de tratamento, geral
	cadeira de tratamento

5.000	Departamento de obstetricia
250	mesa de parto
100	sala de parto
	sala de recém nascidos

100	Sala de espera
-----	----------------

50	Salas de hospitais
200	geral
	iluminação das camas

HOTEIS E RESTAURANTES

100	Sala de banho
200	espelhos (iluminação suplementar)

50	Corredores, escadas, etc,
----	---------------------------

250	Cozinhas
-----	----------

	Dormitórios
50	geral
100	camas
150	toucador
200	escrivaninhas

	Salas
75	conferência
200	estrados
150	exposição e demonstração
50	estar, espera
75	café, bar, restaurante

75	IGREJAS
----	---------

INDUSTRIAS

	Conservas
100	recepção, expedição, manipulação dos recipientes
80	preparação e fabricação do produto
300	envasilhamento
60	esterilização

	Couro
150	limpeza, curtição
200	corte e preparação
400	acabamento e controle

	Fumo
150	secagem, rasgamento e elaboração



Lux	Tipo de trabalho
1.000	exame e classificação (1)
400	máquinas de cigarros e charutos
	Textil
	fiação e tecelagem de algodão
80	batedores
100	estiragem
120	mistura
140	abertura de fardos, cardagem, retorcimento
200	penteadeiras, massaroqueiras, passagem em liços e pontos
180	fiação
200	espulagem, classificação, urdimento
200	tecido cru
300	tecido tinto
350	tecelagem
250	inspeção tecido em cru passagem manual
600	inspeção tecido tinto, passagem rápida
500	engrupagem automática
250	engrupagem manual
	fiação e tecelagem de sêda
100	banho, tinta falsa, vaporização, para fixar a torção
180	retorcimento
200	espulagem, estofamento, engrupagem nos liços e pentes
	acabamento, tecelagem no quadro de liços e pentes
300	urdimento
250	tecelagem do tecido
	fiação e tecelagem de lã
80	batedores
100	lavagem, mistura, estiragem, massaroqueiras
140	cardagem, penteagem, tecido branco
180	cardagem, penteagem tecido colorido
180	fiação
350	tingimento
200	espulagem, classificação, retorcimento, malharia
250	urdimento cores claras
300	urdimento cores médias
350	urdimento cores escuras
150	engrupagem cores claras
200	engrupagem cores médias
250	engrupagem cores escuras
	tinturaria
400	comparação de cores
200	estamparia
100	iluminação geral
200	marcação, classificação, lavagem e limpeza a vapor
1.500	contrôle e limpeza (1)
500	passar a maquina ou a mão
750	concôrto e reforma (1)

LAVANDERIAS

150 Lavagem

Lux	Tipo de trabalho
200	Passadeira de roupa de cama e mesa, contabilidade, marcação
300	Passadeira à máquina, classificação
400	Passadeira fina à mão
LOJAS	
Vitrines	
	rua comercial concorrida de grandes cidades
1.000	geral
5.000	suplementos com "spots"
	outras ruas comerciais
500	geral
2.500	suplemento com "spots"
300	Área de circulação
500	Área de exposição
600	Balcões, prateleiras, mostruários
1.500	Exposição de realce
LEITERIAS	
150	Salas de cozimento, armazenagem de garrafas, máquinas lavadoras de recipientes, instalações refrigeradoras, câmaras frigoríficas, pasteurização, separação
200	Classificação das garrafas
400	Máquinas lavadoras de garrafas, controle (2)
400	Controle de enchimento de garrafas
125	Sala de pesagem
250	sobre a balança
400	Laboratórios
MUSEUS	
150	Geral
200	Sobre as pinturas (3) (iluminação suplementar)
400	Sobre as esculturas e outros objetos (4)
OFICINAS	
250	Trabalho grosseiro em bancada e máquina
400	Trabalho semi-grosseiro em bancada e máquina, lixamento fino, polimento
1.000	Trabalho fino em bancada e máquina, trabalho fino automático, lixamento, polimento fino e brunimento com alto brilho

Lux	Tipo de trabalho
2.500	Trabalho extra-fino em bancada e máquina, lixamento extra-fino (1)
200	Imersão, pulverização, lixamento, pintura e acabamento
400	Tingimento e acabamento fino
750	Pintura e acabamento muito fino (1)
RESIDÊNCIAS	
Sala de estar	
50	geral (iluminação "ambiente")
500	localizada (leitura, escritura, costura, etc.)
Cozinha	
125	geral
250	localizada (fogão, mesa, etc.)
Quartos	
50	geral
250	localizada (espelhos, camas, toucador)
Corredores, escadas, atelier, garagem	
50	geral
250	localizada (bancada de trabalho)
RESTAURANTES	
(Ver Hoteis)	
SALAS DE JOGOS E DESPORTOS	
Bilhares	
60	iluminação geral
300	mesas
250	Bochas
Boliche	
180	local de arremêso
300	local dos pinos
Bola ao cêsto	
500	locais grandes
300	locais médios
100	locais recreativos e de treinamento
Esgrima	
200	local sem assistência
300	local com assistência
300	Frontão
Ginástica	
160	local sem assistência
200	local com assistência

Lux	Tipo de trabalho
-----	------------------

	Hóquei
500	locais grandes
200	locais médios
100	locais recreativos e de treinamento
100	Piscinas (iluminação geral)
	Patinação
500	corridas em locais grandes
200	corridas em locais pequenos
60	recreação
	Pugilismo e luta livre
1.000	locais grandes
400	locais médios
200	locais recreativos e de treinamento
	Tênis
300	locais grandes
200	locais médios
100	locais recreativos e de treinamento

TEATROS

(Ver Cinemas)

TOILETES

60	Iluminação geral
100	Toiletes de senhoras

TRABALHOS

Geral

150	trabalho grosso
400	trabalho normal
1.000	trabalho fino (1)
2.500	trabalho de precisão

Madeira

150	serragem grosseira, trabalho de bancada
200	serragem com precisão, plaina, lixa, trabalho semi-grosso a máquina e em bancada, colagem, aparelhamento, folheamento
400	trabalho fino em bancada e máquina, lixamento fino e acabamento

Metal

250	trabalho de bancada, prensa, guilhotina, máquinas estampadoras, viradeira
750	contrôle de lâmina estanhada e galvanizada, marcação de lâmina (2)

Observações sôbre as intensidades de iluminação

1. Estas tarefas visuais compreende, geralmente, a inspeção de detalhes finos durante longos períodos com contrastes insignificantes. Para prover a intensidade de iluminação conveniente é preciso uma combinação de iluminação geral, com iluminação local suplementar.
A iluminação combinada não somente deve alcançar a quantidade de luz suficiente, como também cuidar que a direção da luz seja correta, assim como vigiar a dispersão da luz e a proteção dos olhos. O sistema de iluminação deve evitar as excessivas luminosidades diretas ou refletidas da fonte de luz, assim como a formação de sombras duras
2. Iluminação especial de modo que:
 - a. a superfície radiante da fonte de luz aplicada seja maior que o objeto submetido a inspeção;
 - b. permaneça a luminosidade dentro dos limites necessárioa para conseguir boas condições de contraste.Isto acarreta o uso de fontes de luz de grandes dimensões e relativamente pouca luminosidade.
3. As pinturas escuras com detalhes finos impõem uma intensidade de iluminação duas a tres vezes maiores.
4. Em alguns casos é preciso mais de 800 lux para realizar devidamente os trabalhos de escultura.

mentos recomendados para cada tarefa específica que ocorrem normalmente em várias áreas.

Como pode ser analisado, a série de tarefas indicadas demonstram o gráfico luminosidade-visibilidade. Quando os contrastes são razoáveis, os índices de iluminação são baixos; a partir do momento que as tarefas se tornam mais difíceis, um grande aumento de luminosidade é requerido para compensar.

Esses contrastes são determinados por diversos fatores, entre os quais as cores aplicadas e a luminância como resultado da iluminação. A luminância é, diretamente, um resultado da cor da parte refletora e da cor e quantidade da luz emitida. Quanto maior for a diferença de cores aplicadas, sob ponto de vista visão, tanto menor será a quantidade de luz necessária para distinguir os detalhes. Segundo Luckiesh, a tab. 3.1 indica uma série de contrastes de cores em ordem que determinam o reconhecimento do objeto sobre o fundo.

A cor da luz emitida, também pode aumentar os contrastes para as combinações de cores em referência. Com baixos iluminamentos, a cor amarela aumenta os contrastes; uma cor azulada melhora a visibilidade de imperfeições no revestimento de cromo e níquel; a cor verde das lâmpadas fluorescentes desta cor aumenta o contraste de ferrugem em metais; assim como, a visibilidade de impressos coloridos poderá ser melhorada aplicando-se uma luz cuja cor seja complemento da cor da tinta usada.

A série extremamente grande de dificuldades de tarefas e a correspondente grande série de níveis de iluminamentos sugerem outras possibilidades de ação. Não é possível, por ser desnecessário, iluminar todo um escritório ao nível requerido para ler uma cópia batida à máquina com uma fita muito usada. Pode-se, para começar, tornar infrequentes tarefas difíceis ou eliminá-las por completo: pode-se trocar a fita da máquina de escrever. Ou, se as tarefas difíceis são inevitáveis, pode-se ter a quantidade de luz necessária somente onde é preciso, como, por exemplo, uma mesa de luz para analisar negativos fotográficos, ou mesmo uma iluminação suplementar no local de trabalho através de uma luminária de foco dirigido.

2. Conforto visual - qualidade de luz

Seria errado imaginar que a quantidade de luz fosse o suficiente para tornar uma tarefa visível. O conforto visual depende em muito da qualidade de luz que sob diversos aspectos interferem na visibilidade de uma tarefa. São muitos e complexos. Ofuscamento, difusão, direção, uniformidade de distribuição, cor, luminância e a proporção entre as diversas luminâncias têm efeito significativo para ver facilmente, com acuidade e rapidez.

O ofuscamento é uma questão de contrastes, e de fontes de luz ou luminância excessiva dentro do campo de visão. Existem, basicamen-

Fig. 3 - 2

Ofuscamento direto

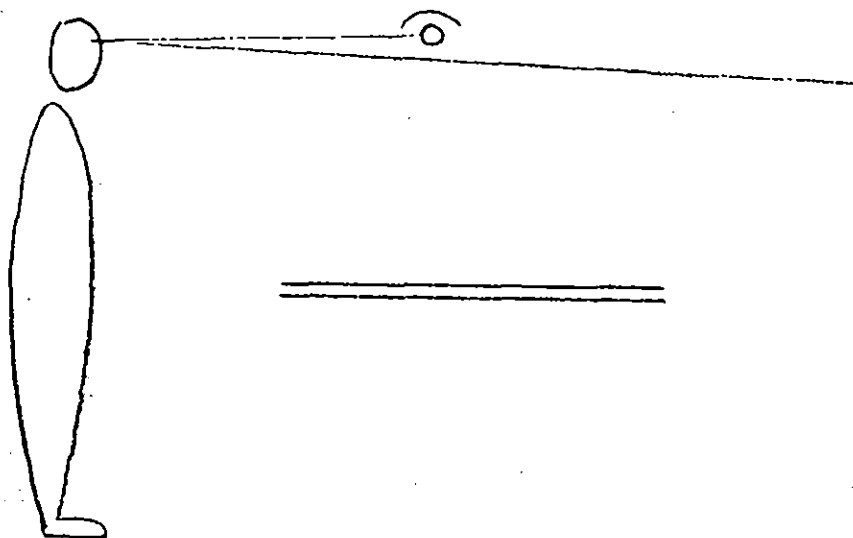
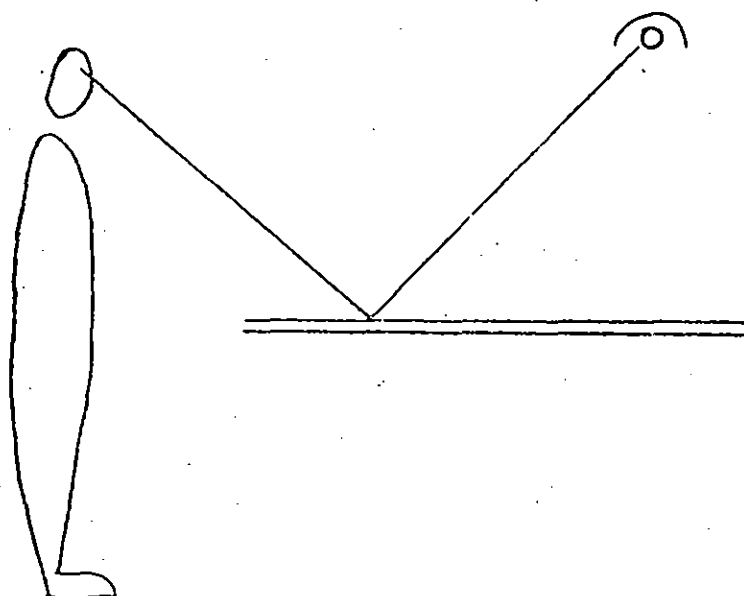


Fig. 3 - 3

Ofuscamento refletido



te, dois tipos de ofuscamento:

1. ofuscamento direto

é causado por uma fonte de luz colocada dentro da linha de visão, quando se olha para uma tarefa. A luminância produzida por esta fonte de luz entra em conflito com a luminância dos arredores desta fonte de luz fazendo com que a proporção entre as luminâncias cause desconforto. Entre esses dois importantes aspectos, ângulo de separação e a luminância da fonte, o mais facilmente utilizado para eliminar o ofuscamento direto é aumentar o ângulo de separação para, pelo menos, 40° afim de retirar da linha de visão a fonte de luz. Mas, quando nem sempre for possível retirar uma luminária já montada, outras soluções podem ser encontradas, como, por exemplo, aumentar a luminância da área ao redor da fonte de ofuscamento contra a qual é vista, ou diminuir a luminância da fonte de luz ou luminária, mas esta solução acarreta a diminuição da luminosidade no que se quer ver.

2. ofuscamento refletido

é provocado pela imagem de alta luminância ou de contraste de luminâncias refletidas por superfícies brilhantes dentro do campo visual. O ofuscamento refletido é frequentemente mais incômodo que o ofuscamento direto por estar, o primeiro, tão perto da linha de visão que os olhos não podem evitar. A causa fundamental deste ofuscamento é devido ao fato que o raio luminoso incidente sobre uma superfície refletora possui um ângulo igual ao ângulo de reflexão. Este fenômeno ocorre, geralmente, quando, por exemplo, lê-se uma revista cujo papel é brilhante. A reflexão da luz tende a produzir um véu nas páginas, ou reduzir o contraste entre o impresso e o papel, tornando a leitura difícil ou mesmo impossível. Seria fácil trocar de posição ou mesmo apenas inclinar um pouco a revista para que esse ofuscamento desaparecesse, mas isto torna-se difícil ou mesmo impossível quando se trata de uma máquina ou de uma mesa. Neste caso, várias soluções se apresentam, tais como: eliminar a superfície refletora usando-se tinta o material opaco ou aumentando a superfície da fonte luminosa através de difusores para que a luminância diminua, ou, quando é possível, colocar o equipamento de iluminação de tal modo que o raio refletido não atinja o campo de visão. Entretanto, existem tarefas em que uma reflexão planejada pode beneficiar, por exemplo, a inspeção de uma chapa de reflexão especular através de artifícios.

Outro ponto importante na qualidade de iluminação é a distribuição das luminâncias no campo visual. Um caso clássico de diferenças de luminâncias que dificultam a percepção e produzem cansaço é experimentado quando da leitura de um livro na cama onde uma única lâmpada é dirigida sobre a página do livro. Nesta circunstância, a luminância da página branca será extremamente grande, criando um contraste desconfortante entre a página e os arredores. Uma situação semelhante é encontrada quando pessoas se deslocam entre espaços, em cujo caso, a luz que precisam para ver é afetada pelo nível anterior. Nós todos experimentamos esta luminância transicional quando saindo de um cinema à tarde ou entrando em um túnel.

Idealmente, a luminância da tarefa deveria ser quase a mesma quanto

dos arredores. Áreas mais escuras ou mais claras, dentro do campo visual, podem, ambas, reduzir a visibilidade da tarefa quando o olho se ajusta a elas; mas, desde que as áreas mais claras dos arredores fazem parecer a tarefa mais escura, esta é a pior situação. A perda da visibilidade causada pela conflitante luminância do campo decresce a partir do momento que as áreas contrastantes se distanciam da linha de visão ou diminuem em relação ao campo visual total, mas continuam substanciais.

A distribuição das luminâncias é uma questão bastante complicada em que os contrastes de cor, a reflexão dos materiais e a própria luminância da fonte de luz entram em jogo. Também não é possível ditar diretrizes ou recomendações para a distribuição mais favorável das luminâncias pois, para cada tarefa, para cada lugar, as condições, que implicam na iluminação, são infinitas. De uma maneira geral, as diferenças máximas de luminância admissíveis são:

1. entre a tarefa e a superfície de trabalho = 3:1
2. entre a tarefa visual e o espaço que circunda = 10:1
3. entre a fonte de luz e o fundo = 20:1
4. entre as diferenças máximas de luminância no campo visual = 40:1

Na fig. 3.4 apresenta-se um esquema de uma relação favorável de luminâncias.

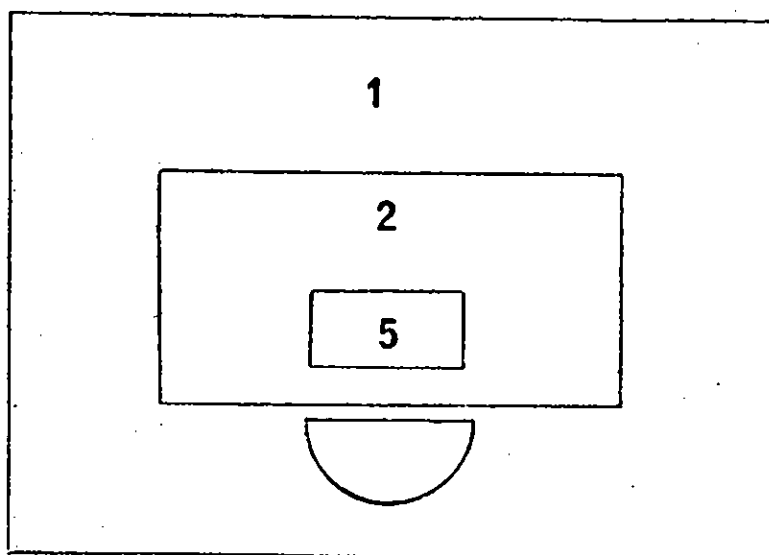
Básicamente, deve-se prestar atenção à distribuição espacial da luz utilizando lâmpadas e luminárias de baixa luminância mas que produzam iluminamentos suficientes para que os índices requeridos estejam dentro do especificado. Uma distribuição uniforme é geralmente conseguida através de superfícies iluminantes, usando-se lâmpadas fluorescentes e/ou utilizando-se difusores adequados. Igualmente o problema de reflectância de materiais, tais como paredes, tetos, assoalhos e mobiliário deve entrar em consideração, pois, podem ser considerados como fontes de luz secundárias.

Essa distribuição uniforme da iluminação pela área de trabalho é, de uma maneira geral, desejada, pois permite a colocação dos equipamentos num arranjo flexível de operações conforme a sequência lógica de cada fábrica ou escritório, assim como, sombras acentuadas devem ser evitadas, pois criam contrastes demasiado grandes. Entretanto, sombras visíveis sem excessivas diferenças de luminância ajudam em algumas operações especializadas, tais como gravação em superfícies polidas, alguns tipos de trabalho de bancada e certas inspeções textéis. Nestes casos, uma iluminação direcional suplementar à iluminação geral difusa pode providenciar tal efeito.

Já foi dito que a cor da luz emitida influi na quantidade da iluminação, pois acentua determinados contrastes, mas influi, também, na qualidade de iluminação. A composição espectral da luz determina em grande parte a reprodução das cores. De uma maneira geral, deve-se observar que tipo de tarefa vai-se exercer em um determinado local, para determinar a escolha adequada do tipo de lâmpada e sua cor. Quando a reprodução das cores é parte integrante de uma tarefa, como em inspeções textéis, por exemplo, ou em lojas de tecidos, é necessário que a composição espectral da lâmpada escolhida seja a que menos tenda para uma determinada cor, pois salientaria as cores na qual ela

Fig. 3 - 4

Esquema de uma relação favorável de luminâncias



é forte e atenuaria as outras. Assim, as lâmpadas incandescentes vivificam as cores amarelo e vermelho e distorcem o verde e azul. Da mesma forma, as lâmpadas fluorescentes que têm sua composição espectral tendendo para o azul-esverdeado realçam o azul e verde e emparelham o amarelo e vermelho. A forma mais utilizada é a combinação de lâmpadas incandescentes com lâmpadas fluorescentes, uma vez que ainda não existe lâmpada que reproduza fielmente todas as cores.

3. Métodos e sistemas de iluminação

3.1 Métodos de iluminação

3.1.1 iluminação geral

são os sistemas de iluminação que produzem um nível de iluminação aproximadamente uniforme sobre o plano de trabalho na área inteira. As luminárias são usualmente distribuídas em um plano simétrico de acordo com as características físicas da área. São geralmente bem adaptadas na arquitetura da sala. São relativamente simples de serem instaladas e não necessitam de coordenação com o mobiliário ou equipamento que podem não estar colocados quando da instalação. Talvez a maior vantagem do sistema de iluminação geral é que permita uma completa flexibilidade na posição das tarefas.

3.1.2 iluminação geral localizada

consiste numa arrumação funcional das luminárias com respeito às tarefas visuais ou áreas de trabalho. Também provê iluminação em toda área. Tal método tem a vantagem de uma melhor utilização da luz na área de trabalho e a oportunidade de colocar as luminárias de tal maneira que sombras inadequadas e ofuscamentos diretos ou refletidos possam ser prevenidos. Esse método requer uma coordenação especial na instalação e cuidadosas considerações para assegurar iluminação geral adequada na área.

3.1.3 iluminação local

o método de iluminação local produz iluminação só sobre uma pequena área ocupada pela tarefa e seu fundo imediato. A iluminação pode ser feita por luminárias colocadas perto da tarefa ou por sistemas de spots distantes. É uma forma econômica de prover aumento nos níveis de iluminação sobre uma pequena área, e, normalmente, permite um controle da iluminação segundo os requerimentos básicos de uma boa iluminação. A iluminação local, por si só, é muito pouco desejada. Para prevenir excessivas mudanças na adaptação, deveria ser usada em conjunto com uma iluminação geral, isto é, pelo menos 20% do nível da iluminação local. Torna-se, assim, uma iluminação suplementar.

3.2 Sistemas de iluminação

Fig. 3 - 5

Sistemas de iluminação

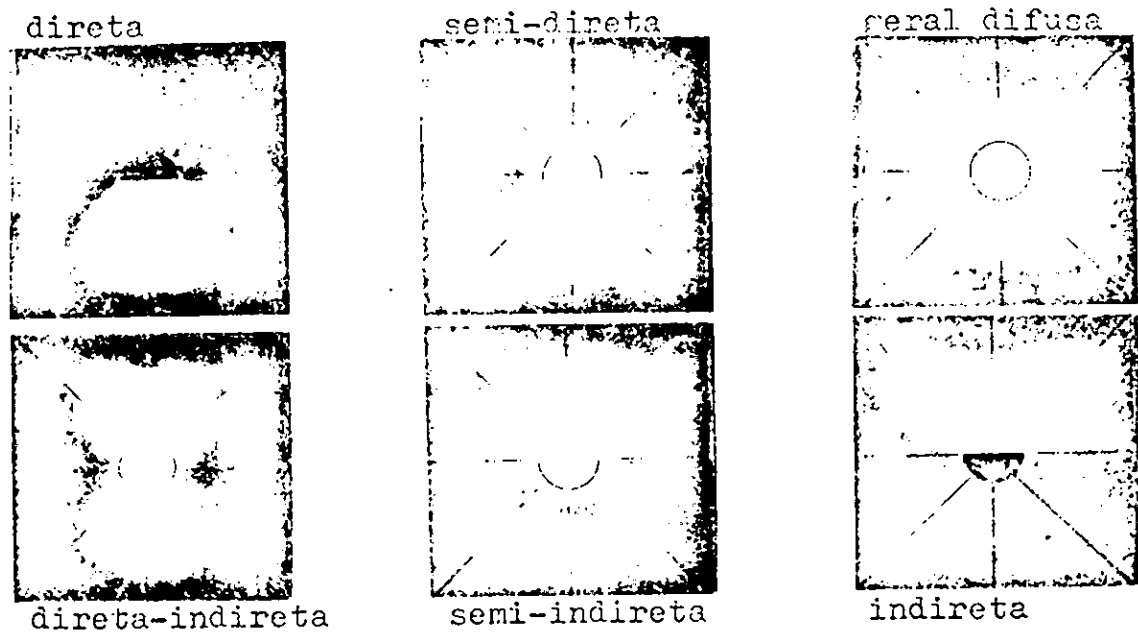
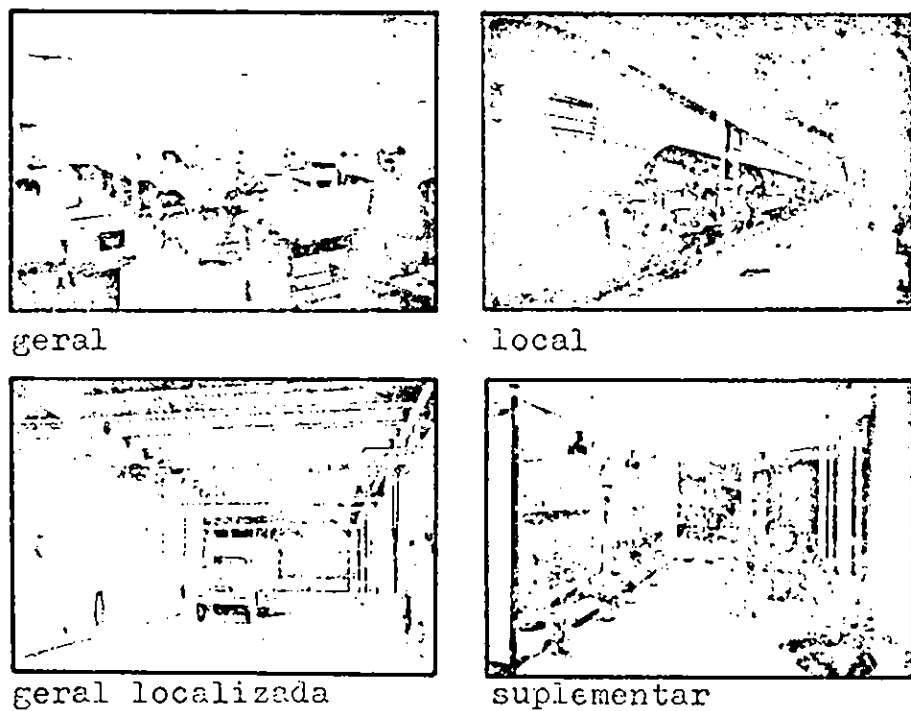


Fig. 3 - 6

Métodos de iluminação



3.2.1 iluminação direta

é quando as luminárias dirigem 90 a 100% de seu fluxo luminoso para baixo. A distribuição pode variar desde um feixe largo até um extremamente concentrado dependendo do material refletor, acabamento e do difusor ou meio de controle empregado. Unidades de iluminação direta podem possuir maior fator de utilização que todos, mas pode ser reduzido ao variar os graus do meio de controle de luminâncias requeridas para diminuir o ofuscamento direto. Ofuscamento refletido e sombras inadequadas podem ser problemas com iluminação direta quando são usadas unidades de área pequena. Unidades de área grande são vantajosas neste respeito. As altas reflectâncias das superfícies da área são particularmente importantes com iluminação direta para melhorar as relações de luminâncias e os níveis maiores de iluminação, provocadas por equipamentos de luminâncias controladas, também tenderão a melhorar as relações de luminâncias pela área. Com distribuições muito concentradas deve-se tomar cuidado para que adequadas luminâncias sobre as paredes e iluminação em superfícies verticais sejam conseguidas. Tetos luminosos, tetos com louvres e elementos de iluminação modulares de grande área também são formas de iluminação direta. Estas formas de iluminação são frequentemente utilizadas para obter níveis de iluminação mais altos. O ofuscamento refletido pode ser problema se a imagem da fonte luminosa for refletida em superfície de reflexão especular.

3.2.2 iluminação semi-direta

a distribuição de unidades de iluminação semi-direta é predominantemente para baixo (60 a 90%) mas com uma pequena porcentagem para cima para iluminar o teto e a parte superior das paredes. As características são essencialmente as mesmas que para a iluminação direta com exceção de que a porcentagem para cima tende a amaciar as sombras e a permitir relações entre as luminâncias da área. Cuidados devem ser exercidos sobre certos tipos montados muito próximos ao teto para prevenir contra altas luminâncias do teto diretamente acima da luminária. O fator de utilização pode aproximar, ou mesmo exceder, às unidades de armação direta.

3.2.3 iluminação geral difusa

o sistema sob esta classificação é aquele que emite aproximadamente igual quantidade de luz para cima e para baixo. Direto-indireto é uma categoria especial (não CIE) que compreende uma classificação para luminárias que emitem muito pouca luz nos ângulos próximos ao horizontal. Desde que esta característica resulta numa diminuição das luminâncias na zona de ofuscamento direto, as luminárias direto-indireto são usualmente mais desejadas que as luminárias de difusão geral que distribuem a luz igualmente em todas as direções. Unidades de difusão geral combinam as características das de iluminação direta e indireta. O fator de utilização é um pouco menor que das unidades diretas ou semi-diretas, mas ainda é bastante boa numa área com superfícies de alta reflectância. As relações de luminância através da área com superfícies de alta reflectância são geralmente boas, e as sombras provocadas pela luz direta são atenuadas pela luz indireta refletida no teto. Um excelente controle

sobre o ofuscamento direto pode ser conseguido com unidades bem montadas mas, muito próximas ao teto, pode resultar em luminâncias do teto que excedem as luminâncias da luminária. O ofuscamento refletido da luz direta pode ser problema, mas é abrandado pela luz indireta refletida.

3.2.4 iluminação semi-indireta

O sistema de iluminação que emite 60 a 90% de sua luminosidade para cima é definido como semi-indireto. As características da iluminação semi-indireta são parecidas com as do indireto, excetuando que a luz direta para baixo normalmente produz uma luminância da luminária que, praticamente iguala a do teto. Entretanto, se a luminosidade para baixo torna-se muito grande e não convenientemente controlada, pode resultar em ofuscamentos diretos e refletidos. Um aumento da luminosidade para baixo aumenta a utilização da luz, um pouco mais que a indireta. Este fator torna-se algumas vezes possível, níveis de iluminação maiores com algumas luminárias semi-indiretas e sem excessivas luminâncias do teto.

3.2.5 iluminação indireta

Este sistema dirige diretamente 90 a 100% da luz para o teto e para as partes superiores das paredes. Numa instalação bem desenhada todo o teto torna-se a fonte primária de iluminação, e as sombras são virtualmente eliminadas. Assim, como as luminárias emitem muito pouca luz para baixo, tanto ofuscamento direto quanto refletido são minimizados se a instalação for bem planejada. As luminárias cujas luminâncias aproximam-se das do teto têm certas vantagens a esse respeito. Também é importante suspender as luminárias a uma certa distância abaixo do teto para obter uniformidade razoável da luminância do teto sem excessivas luminâncias diretamente acima das luminárias. A partir do momento que com iluminação indireta o teto e as partes superiores das paredes devem refletir a luz para o plano de trabalho, é necessário que estas superfícies tenham alta reflectância. Mesmo assim, o fator de utilização é relativamente mais baixo que o dos outros sistemas. Deve-se prestar atenção para evitar que as luminâncias sobre o teto todo não se tornem tão altas que possibilitem o ofuscamento.

Cálculo de um projeto de iluminação

No capítulo anterior descreveu-se os requisitos^s que devem satisfazer uma boa iluminação, tendo sido feita a diferença entre os quantitativos e qualitativos.

Desde o princípio, o projeto e o cálculo de uma instalação de iluminação deverão basear-se nesses requisitos. Antes de tudo, deve-se estabelecer qual sistema de iluminação é o mais apropriado para o lugar que se vai iluminar; quer dizer, quais combinações de luminária e fonte de luz satisfazem melhor os requisitos específicos. Deve-se, neste caso, levar em conta as considerações tanto de ordem luminotécnicas como econômicas; depois, determina-se a intensidade de iluminação que é preciso na superfície de trabalho. Para isso, basta procurar as indicações apropriadas na tabela "Intensidades de iluminação".

Com a ajuda do método do fluxo luminoso, pode-se calcular facilmente o número de fontes de luz necessário para conseguir a intensidade de iluminação desejada.

É necessário fazer a distinção entre fluxo luminoso nominal e o fluxo luminoso útil. O primeiro é o fluxo luminoso total de todas as fontes de luz instaladas no local (símbolo Φ_0). O fluxo luminoso útil é o que recebe a superfície de trabalho (símbolo Φ_n). Por diversas razões, não chega à superfície de trabalho todo o fluxo luminoso nominal, pois uma parte do mesmo se perde por absorção nas paredes, tetos, etc.

O fluxo luminoso útil é sempre menor que o nominal. Pode-se falar então, em um rendimento de iluminação que é expresso pela relação entre os fluxos luminosos útil e nominal. Este rendimento (símbolo n) é sempre inferior à unidade.

Deve-se dizer que parte do fluxo luminoso que não chega à superfície de trabalho nem é absorvida, faz diminuir, evidentemente, a intensidade de iluminação da superfície, mas, em compensação, faz com que o espaço seja visível. Tem, por conseguinte, uma função visual muito importante.

Foram feitas tabelas para a determinação do rendimento de iluminação em cada caso particular. Nelas estão os rendimentos que correspondem a cada tipo de lâmpada com uma luminária determinada, num certo espaço. Levou-se em consideração a influência dos seguintes fatores:

1. o sistema da luminária
2. o rendimento da luminária (símbolo v)
3. os coeficientes de reflexão do teto e das paredes
4. a relação entre comprimento, largura e altura do espaço expressa pelo índice do espaço (símbolo k)

5. o fator de depreciação (símbolo d)

1. O sistema de luminária

Como foi descrito no capítulo anterior, o sistema de iluminação depende da luminária e pode ser dividido, produzindo, cada um, um rendimento específico para cada luminária:

1. direto
2. semi-direto
3. geral difuso ou direto-indireto
4. semi-indireto
5. indireto

O rendimento será mais favorável a medida que se aumente a parte do fluxo luminoso que atinja diretamente a superfície de trabalho. Tratando-se de uma iluminação direta, o rendimento será maior que com a indireta. No segundo caso, a luz chega à superfície de trabalho depois de refletida no teto e partes superiores das paredes os quais acarretam as perdas consequentes.

2. O rendimento da luminária (v)

É a relação entre o fluxo luminoso que é emitido através da luminária e o fluxo luminoso da fonte de luz. É expressa em tantos por cento e é determinado, entre outros fatores, pela construção da luminária e o material utilizado. Nas tabelas, distribuiu-se o rendimento das luminárias acima e abaixo do plano horizontal ficando o total no centro.

3. Coeficientes de reflexão

Os coeficientes de reflexão do teto e das paredes determinam a percentagem do fluxo luminoso que é refletido, contribuindo para o fluxo luminoso útil.

Na iluminação direta a reflexão do teto e das paredes não é tão importante como nos outros sistemas. Neste sistema o percentual é sempre maior. Nas tabelas a reflexão do teto e das paredes resumem-se do seguinte modo:

- | | |
|----------------------------------|-------|
| 1. cores brancas ou muito claras | - 70% |
| 2. cores claras | - 50% |
| 3. cores médias | - 30% |
| 4. cores escuras | - 10% |

As reflexões das paredes não são uniformes, e, em muitos casos, têm-se que escolher um valor médio, levando em conta as janelas sem cortinas mobiliário escuro, etc. É evidente que um alto fator de reflexão do teto e das paredes favorece o rendimento de uma iluminação. Antigamente usava-se muito tetos e paredes com cores muito claras. Hoje em dia pode-se usar intensidades de iluminação elevadas graças às lâmpadas fluorescente e as com refletor, com as quais evita-se de ter que se utilizar, por razões luminotécnicas, unicamente cores clara

4. Índice do espaço (k)

O índice do espaço resume numa só quantidade, as relações das tres dimensões de um local retangular.

C

$$k = \frac{2 \times L + 8 \times B}{10 \times H} \quad \text{onde}$$

L = comprimento em m

B = largura em m

H = altura em m

considerando-se como altura:

1. na iluminação direta ou semi-direta, a distância entre as luminárias e a superfície de trabalho.
2. na iluminação indireta ou semi-indireta, a distância entre o teto e a superfície de trabalho, se o coeficiente de reflexão da parte superior das paredes for inferior à metade do coeficiente de reflexão do teto.

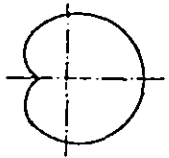
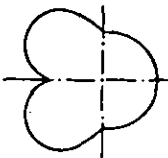
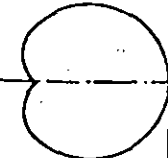
Em grandes vãos pode-se considerar ao comprimento um valor máximo de cinco vezes a largura.

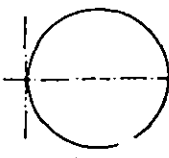
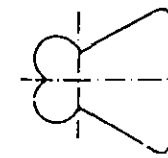
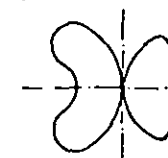
Nas tabelas, o índice do espaço está indicado com valores que variam entre 1 e 10. O índice 1 corresponde a espaços relativamente altos. Se o índice do espaço for superior a 10, a influência que produz no rendimento é tão pequena com relação ao de índice 10 que se computa como tal. Se o resultado da fórmula de k der um valor intermediário entre o anterior e o posterior na tabela deve-se interpolar.

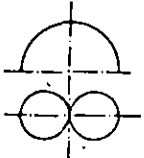
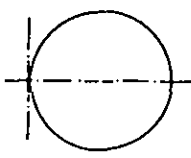
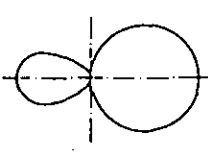
5. Fator de depreciação

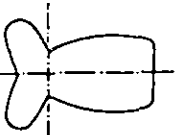
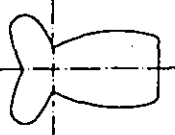
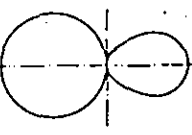
Após um certo tempo, tanto as paredes como os tetos ficarão sujos. As luminárias também acumularão poeira, resultando em diminuição de rendimento. Tanto as lâmpadas incandescentes como as de descarga darão uma quantidade menor de luz. Alguns desses fatores poderão ser parcialmente eliminados por meio de uma boa manutenção. Entretanto, o rendimento da instalação sempre diminuirá após um certo tempo, o que significa a inclusão desse fator nos cálculos para compensar esta perda de luz. Se se instalar inicialmente uma quantidade de luz maior de luminárias, ter-se-á após um certo período, a quantidade de luz necessária conforme a tabela de níveis recomendados.

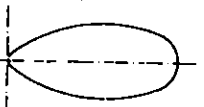
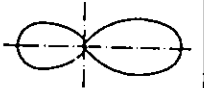
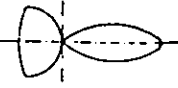
O fator de depreciação é diferente para cada tipo de luminária e lâmpada, e dependendo do ambiente. Este fator será consideravelmente maior numa fundição do que num escritório.

Lâmpada Incandescente	Teto %	70			50			30		
		50	30	10	50	30	10	50	30	10
Sistema de Iluminação	K	Fator de Utilização								
		V %								
Simétrica 	1,0	39	0,21	0,16	0,12	0,18	0,13	0,11	0,15	0,11
	1,2		0,24	0,19	0,15	0,21	0,16	0,13	0,17	0,13
	1,5		0,29	0,23	0,19	0,25	0,20	0,17	0,21	0,17
	2,0		0,35	0,29	0,25	0,29	0,25	0,21	0,24	0,21
	2,5		0,38	0,33	0,28	0,32	0,28	0,25	0,27	0,23
	3	80	0,41	0,36	0,32	0,35	0,31	0,27	0,29	0,25
	4		0,46	0,41	0,38	0,39	0,36	0,32	0,33	0,30
	5		0,49	0,45	0,41	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33
	6		0,52	0,48	0,44	0,44	0,41	0,38	0,37	0,35
	8		0,54	0,52	0,49	0,47	0,44	0,42	0,40	0,38
Maior parte Indireta 	1,0	59	0,20	0,15	0,12	0,16	0,12	0,096	0,11	0,080
	1,2		0,23	0,18	0,15	0,18	0,14	0,12	0,13	0,11
	1,5		0,28	0,23	0,19	0,21	0,18	0,15	0,16	0,13
	2,0		0,33	0,28	0,24	0,25	0,22	0,19	0,19	0,16
	2,5		0,37	0,32	0,28	0,29	0,25	0,22	0,21	0,19
	3	80	0,39	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25	0,22	0,20
	4		0,44	0,40	0,37	0,34	0,32	0,29	0,25	0,23
	5		0,47	0,43	0,40	0,37	0,34	0,32	0,27	0,25
	6		0,49	0,45	0,43	0,38	0,36	0,34	0,29	0,27
	8		0,51	0,49	0,46	0,40	0,38	0,37	0,30	0,29
Indireta 	1,0	21	0,53	0,51	0,49	0,42	0,40	0,39	0,32	0,30
	1,2		0,59	0,57	0,55	0,49	0,47	0,45	0,42	0,40
	1,5		0,64	0,62	0,60	0,53	0,51	0,49	0,46	0,44
	2,0		0,68	0,66	0,64	0,56	0,54	0,52	0,49	0,47
	2,5		0,71	0,69	0,67	0,59	0,57	0,55	0,52	0,50
	3	80	0,74	0,72	0,70	0,61	0,59	0,57	0,54	0,52
	4		0,77	0,75	0,73	0,64	0,62	0,60	0,57	0,55
	5		0,80	0,78	0,76	0,66	0,64	0,62	0,59	0,57
	6		0,83	0,81	0,79	0,69	0,67	0,65	0,62	0,60
	8		0,86	0,84	0,82	0,72	0,70	0,68	0,65	0,63
	10	0	0,89	0,87	0,85	0,75	0,73	0,71	0,68	0,66
	1,2		0,92	0,90	0,88	0,78	0,76	0,74	0,71	0,69
	1,5		0,95	0,93	0,91	0,81	0,79	0,77	0,74	0,72
	2,0		0,98	0,96	0,94	0,84	0,82	0,80	0,77	0,75
	2,5		1,00	0,98	0,96	0,86	0,84	0,82	0,79	0,77

Lâmpada Incandescente	Teto %	70			50			30		
		50	30	10	50	30	10	50	30	10
Sistema de Iluminação	K	Fator de Utilização								
		V %								
Direta 	1,0	0	0,27	0,22	0,18	0,27	0,22	0,18	0,26	0,22
	1,2		0,31	0,26	0,22	0,30	0,26	0,22	0,30	0,26
	1,5		0,36	0,31	0,27	0,35	0,30	0,27	0,34	0,30
	2,0		0,43	0,38	0,34	0,42	0,37	0,34	0,41	0,37
	2,5		0,48	0,43	0,40	0,47	0,43	0,39	0,47	0,42
	3	75	0,52	0,47	0,44	0,50	0,47	0,44	0,50	0,46
	4		0,57	0,53	0,50	0,56	0,53	0,50	0,56	0,53
	5		0,61	0,58	0,55	0,60	0,57	0,55	0,59	0,57
	6		0,63	0,61	0,58	0,63	0,60	0,58	0,62	0,60
	8		0,67	0,65	0,63	0,66	0,64	0,63	0,66	0,64
Maior parte Indireta 	1,0	17	0,26	0,21	0,17	0,25	0,20	0,17	0,24	0,19
	1,2		0,30	0,25	0,21	0,29	0,24	0,21	0,27	0,23
	1,5		0,36	0,30	0,26	0,34	0,29	0,25	0,31	0,27
	2,0		0,42	0,37	0,33	0,39	0,35	0,31	0,37	0,33
	2,5		0,48	0,43	0,39	0,44	0,40	0,37	0,41	0,37
	3	80	0,51	0,46	0,42	0,47	0,44	0,40	0,45	0,41
	4		0,56	0,52	0,49	0,53	0,50	0,47	0,50	0,47
	5		0,60	0,57	0,54	0,56	0,53	0,51	0,53	0,51
	6		0,62	0,59	0,57	0,59	0,56	0,54	0,55	0,53
	8		0,66	0,63	0,62	0,62	0,60	0,59	0,61	0,59
Direta- Indireta 	1,0	63	0,68	0,66	0,65	0,64	0,64	0,62	0,61	0,60
	1,2		0,71	0,69	0,68	0,67	0,67	0,66	0,66	0,65
	1,5		0,74	0,72	0,71	0,70	0,70	0,69	0,69	0,68
	2,0		0,77	0,75	0,74	0,73	0,73	0,72	0,72	0,71
	2,5		0,80	0,78	0,77	0,76	0,76	0,75	0,75	0,74
	3	80	0,83	0,81	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,77
	4		0,86	0,84	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81	0,80
	5		0,89	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,84	0,83
	6		0,92	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87	0,87	0,86
	8		0,95	0,93	0,92	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89
	10	38	0,98	0,96	0,95	0,97	0,96	0,95	0,96	0,95
	1,2		1,00	0,98	0,97	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99
	1,5		1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99
	2,0		1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99
	2,5		1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99

Lâmpada Fluorescente	Teto %		70			50			30		
	Parede %		50	30	10	50	30	10	50	30	10
Sistema de Iluminação	v %	k	Fator de Utilização								
Lâmpadas sem luminárias 	50	1.0	0.26	0.20	0.15	0.22	0.17	0.13	0.19	0.14	0.11
		1.2	0.30	0.24	0.19	0.26	0.21	0.17	0.22	0.18	0.14
		1.5	0.36	0.29	0.23	0.31	0.26	0.21	0.26	0.22	0.18
		2.0	0.43	0.36	0.31	0.37	0.31	0.27	0.31	0.26	0.23
		2.5	0.47	0.42	0.36	0.40	0.35	0.31	0.34	0.29	0.26
	100	3	0.51	0.46	0.40	0.44	0.39	0.34	0.36	0.32	0.29
		4	0.57	0.51	0.46	0.49	0.44	0.40	0.41	0.37	0.34
		5	0.60	0.55	0.51	0.52	0.48	0.44	0.44	0.41	0.38
		6	0.63	0.58	0.54	0.54	0.51	0.47	0.46	0.43	0.40
		8	0.67	0.63	0.59	0.58	0.55	0.52	0.49	0.47	0.45
50	10	0.69	0.66	0.63	0.61	0.58	0.56	0.52	0.50	0.48	
Direta, Luminária aberta 	0	1.0	0.26	0.21	0.17	0.26	0.21	0.17	0.25	0.20	0.17
		1.2	0.31	0.25	0.21	0.30	0.25	0.21	0.29	0.25	0.21
		1.5	0.36	0.30	0.27	0.35	0.30	0.27	0.34	0.30	0.27
		2.0	0.42	0.37	0.33	0.42	0.37	0.33	0.41	0.37	0.33
		2.5	0.47	0.42	0.39	0.46	0.42	0.38	0.45	0.41	0.38
	75	3	0.51	0.46	0.42	0.50	0.46	0.42	0.49	0.45	0.42
		4	0.56	0.52	0.49	0.55	0.52	0.49	0.55	0.52	0.49
		5	0.60	0.57	0.54	0.59	0.56	0.54	0.58	0.56	0.53
		6	0.62	0.59	0.57	0.61	0.59	0.56	0.61	0.58	0.56
		8	0.66	0.64	0.62	0.65	0.64	0.62	0.65	0.63	0.62
75	10	0.68	0.67	0.65	0.68	0.66	0.65	0.67	0.66	0.65	
Maior parte direta 	25	1.0	0.22	0.18	0.14	0.20	0.16	0.13	0.18	0.15	0.12
		1.2	0.26	0.22	0.18	0.24	0.20	0.17	0.21	0.18	0.15
		1.5	0.31	0.27	0.23	0.28	0.24	0.21	0.25	0.22	0.19
		2.0	0.36	0.31	0.29	0.33	0.29	0.26	0.30	0.27	0.24
		2.5	0.40	0.36	0.33	0.36	0.33	0.30	0.33	0.31	0.28
	70	3	0.43	0.39	0.36	0.39	0.36	0.33	0.36	0.33	0.31
		4	0.47	0.43	0.42	0.44	0.41	0.39	0.40	0.38	0.36
		5	0.51	0.48	0.46	0.47	0.45	0.42	0.43	0.41	0.39
		6	0.53	0.50	0.48	0.49	0.46	0.45	0.44	0.43	0.41
		8	0.56	0.54	0.52	0.52	0.50	0.49	0.48	0.46	0.45
48	10	0.58	0.57	0.55	0.54	0.53	0.52	0.50	0.49	0.48	

Lâmpada Fluorescente	Teto %		70			50			30		
	Parede %		50	30	10	50	30	10	50	30	10
Sistema de iluminação	v	%	Fator de Utilização								
			k								
Direta- Indireta Com colmeia, contra o teto 	40	1,0	0,22	0,18	0,16	0,19	0,17	0,14	0,17	0,14	0,12
		1,2	0,26	0,22	0,19	0,23	0,19	0,17	0,19	0,17	0,15
		1,5	0,30	0,26	0,23	0,26	0,23	0,20	0,23	0,20	0,18
		2,0	0,36	0,32	0,29	0,31	0,28	0,25	0,27	0,24	0,22
		2,5	0,40	0,36	0,33	0,34	0,32	0,29	0,30	0,27	0,26
	73	3	0,43	0,39	0,36	0,37	0,35	0,33	0,32	0,30	0,28
		4	0,47	0,44	0,42	0,41	0,39	0,37	0,35	0,34	0,32
		5	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42	0,40	0,37	0,36	0,35
		6	0,52	0,49	0,48	0,45	0,43	0,43	0,39	0,38	0,36
		8	0,54	0,53	0,51	0,47	0,46	0,45	0,41	0,40	0,40
	35	10	0,55	0,55	0,54	0,49	0,48	0,47	0,42	0,42	0,41
Direta- Indireta Com colmeia, pendente 	40	1,0	0,23	0,19	0,16	0,20	0,17	0,15	0,18	0,15	0,13
		1,2	0,27	0,23	0,20	0,24	0,20	0,17	0,20	0,18	0,15
		1,5	0,32	0,27	0,24	0,28	0,24	0,20	0,23	0,20	0,18
		2,0	0,37	0,34	0,30	0,33	0,29	0,27	0,27	0,24	0,21
		2,5	0,41	0,37	0,35	0,36	0,33	0,30	0,30	0,28	0,27
	75	3	0,45	0,41	0,38	0,38	0,36	0,34	0,33	0,31	0,29
		4	0,49	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,36	0,35	0,33
		5	0,52	0,50	0,47	0,45	0,43	0,41	0,38	0,37	0,35
		6	0,54	0,52	0,50	0,47	0,45	0,44	0,40	0,38	0,37
		8	0,56	0,55	0,53	0,49	0,48	0,47	0,42	0,42	0,40
	35	10	0,58	0,57	0,55	0,51	0,50	0,49	0,43	0,43	0,42
Maior parte indireta (com colmeia) 	50	1,0	0,22	0,18	0,15	0,18	0,15	0,12	0,14	0,12	0,10
		1,2	0,25	0,21	0,18	0,21	0,18	0,15	0,16	0,14	0,13
		1,5	0,30	0,25	0,22	0,25	0,21	0,19	0,19	0,17	0,15
		2,0	0,35	0,31	0,28	0,29	0,26	0,23	0,23	0,21	0,19
		2,5	0,39	0,35	0,33	0,32	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22
	75	3	0,42	0,39	0,36	0,35	0,32	0,30	0,27	0,26	0,24
		4	0,46	0,44	0,41	0,38	0,36	0,34	0,30	0,29	0,27
		5	0,49	0,46	0,44	0,40	0,39	0,37	0,32	0,31	0,30
		6	0,51	0,48	0,46	0,42	0,40	0,39	0,33	0,32	0,31
		8	0,53	0,51	0,50	0,44	0,43	0,42	0,35	0,34	0,34
	25	10	0,55	0,53	0,52	0,45	0,45	0,44	0,37	0,36	0,35

Lâmpada Fluorescente	Teto %		70			50			30			
	Parede %		50	30	10	50	30	10	50	30	10	
	Sistema de Iluminação		Fator de Utilização									
Direta- Luminária com bacia plástica		v	k									
		%										
		0	1.0	0.22	0.18	0.16	0.21	0.18	0.16	0.21	0.18	0.16
			1.2	0.25	0.22	0.19	0.25	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19
			1.5	0.29	0.26	0.23	0.29	0.26	0.23	0.28	0.26	0.23
			2.0	0.34	0.30	0.28	0.33	0.30	0.28	0.33	0.30	0.28
			2.5	0.37	0.34	0.32	0.37	0.34	0.32	0.36	0.34	0.32
		55	3	0.40	0.37	0.35	0.39	0.37	0.35	0.39	0.37	0.35
			4	0.44	0.42	0.40	0.43	0.41	0.39	0.43	0.41	0.39
			5	0.46	0.43	0.42	0.46	0.44	0.42	0.45	0.44	0.42
			6	0.48	0.46	0.45	0.48	0.46	0.45	0.47	0.46	0.45
8	0.50		0.49	0.48	0.50	0.49	0.48	0.50	0.49	0.48		
55	10	0.52	0.51	0.50	0.52	0.51	0.50	0.51	0.51	0.50		
Maior parte direta- Luminária com colmeia		24	1.0	0.20	0.16	0.14	0.18	0.15	0.13	0.16	0.13	0.12
		1.2	0.22	0.19	0.17	0.20	0.17	0.15	0.18	0.16	0.14	
		1.5	0.26	0.23	0.21	0.24	0.21	0.19	0.21	0.19	0.17	
		2.0	0.32	0.28	0.26	0.28	0.26	0.23	0.25	0.23	0.21	
		2.5	0.35	0.32	0.29	0.31	0.29	0.27	0.28	0.26	0.24	
		60	3	0.38	0.35	0.32	0.34	0.31	0.30	0.30	0.28	0.27
			4	0.41	0.39	0.37	0.37	0.35	0.34	0.33	0.32	0.30
			5	0.44	0.42	0.40	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.33
			6	0.45	0.43	0.42	0.41	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35
			8	0.47	0.46	0.45	0.43	0.42	0.41	0.39	0.38	0.37
		36	10	0.49	0.48	0.47	0.44	0.44	0.43	0.40	0.39	0.39
Direta- Indireta Luminária com colmeia		35	1.0	0.22	0.18	0.16	0.20	0.16	0.14	0.17	0.15	0.13
		1.2	0.26	0.22	0.19	0.23	0.19	0.17	0.20	0.17	0.15	
		1.5	0.30	0.26	0.23	0.26	0.23	0.21	0.23	0.20	0.18	
		2.0	0.36	0.32	0.29	0.31	0.28	0.26	0.27	0.26	0.23	
		2.5	0.40	0.36	0.33	0.34	0.32	0.29	0.30	0.28	0.26	
		70	3	0.43	0.40	0.36	0.37	0.35	0.32	0.32	0.30	0.28
			4	0.47	0.44	0.42	0.41	0.39	0.37	0.35	0.34	0.32
			5	0.49	0.47	0.45	0.44	0.42	0.40	0.38	0.36	0.35
			6	0.51	0.49	0.47	0.45	0.44	0.42	0.39	0.38	0.37
			8	0.54	0.52	0.51	0.48	0.46	0.45	0.42	0.41	0.40
		35	10	0.55	0.54	0.53	0.49	0.48	0.47	0.43	0.42	0.42

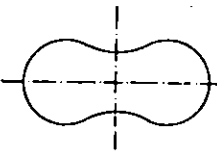
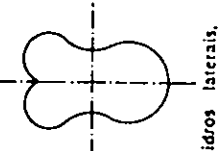
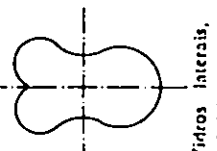
Lâmpada Fluorescente	Teto %		70			50			30		
	Parede %		50	30	10	50	30	10	50	30	10
	v	k	Fator de Utilização								
Sistema de Iluminação		%									
Direta-Indireta	41	1.0	0.24	0.19	0.16	0.20	0.17	0.14	0.17	0.14	0.12
		1.2	0.28	0.23	0.19	0.24	0.20	0.17	0.21	0.17	0.15
		1.5	0.33	0.28	0.24	0.28	0.24	0.21	0.24	0.21	0.18
		2.0	0.38	0.34	0.30	0.33	0.29	0.27	0.28	0.25	0.23
		2.5	0.43	0.38	0.35	0.37	0.33	0.31	0.31	0.29	0.27
	80	3	0.46	0.42	0.39	0.39	0.37	0.34	0.34	0.31	0.29
		4	0.51	0.48	0.45	0.44	0.41	0.39	0.37	0.35	0.34
		5	0.54	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.40	0.38	0.37
		6	0.56	0.54	0.51	0.49	0.47	0.45	0.41	0.40	0.39
		8	0.59	0.57	0.55	0.52	0.50	0.49	0.44	0.43	0.42
	39	10	0.61	0.59	0.58	0.53	0.52	0.51	0.46	0.45	0.45
Direta-Indireta		%									
Direta-Indireta	50	1.0	0.35	0.20	0.16	0.21	0.17	0.14	0.18	0.14	0.12
		1.2	0.39	0.23	0.20	0.25	0.20	0.17	0.21	0.17	0.15
		1.5	0.35	0.28	0.25	0.39	0.25	0.21	0.24	0.21	0.18
		2.0	0.40	0.35	0.31	0.34	0.30	0.27	0.29	0.25	0.23
		2.5	0.44	0.40	0.35	0.38	0.34	0.31	0.32	0.28	0.26
	90	3	0.47	0.43	0.40	0.41	0.37	0.34	0.34	0.31	0.29
		4	0.53	0.49	0.45	0.45	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34
		5	0.56	0.53	0.49	0.48	0.45	0.43	0.40	0.39	0.37
		6	0.58	0.55	0.52	0.50	0.47	0.45	0.42	0.40	0.39
		8	0.61	0.59	0.57	0.53	0.51	0.49	0.44	0.43	0.42
	40	10	0.63	0.61	0.59	0.55	0.53	0.52	0.46	0.45	0.44
Direta-Indireta		%									
Direta-Indireta	50	1.0	0.26	0.20	0.17	0.22	0.17	0.14	0.18	0.15	0.13
		1.2	0.30	0.25	0.21	0.25	0.21	0.18	0.21	0.18	0.15
		1.5	0.36	0.30	0.26	0.30	0.26	0.22	0.25	0.21	0.19
		2.0	0.42	0.37	0.33	0.36	0.31	0.28	0.29	0.26	0.23
		2.5	0.46	0.42	0.38	0.40	0.36	0.32	0.33	0.30	0.27
	90	3	0.50	0.45	0.41	0.43	0.39	0.36	0.35	0.32	0.30
		4	0.53	0.52	0.48	0.47	0.44	0.41	0.39	0.37	0.35
		5	0.59	0.55	0.52	0.50	0.47	0.45	0.41	0.40	0.38
		6	0.61	0.58	0.55	0.52	0.49	0.47	0.43	0.41	0.40
		8	0.64	0.62	0.59	0.55	0.53	0.51	0.46	0.44	0.43
	40	10	0.67	0.64	0.62	0.57	0.55	0.54	0.48	0.46	0.45
			(Vidros laterais, luminárias pendentes)								

Tabela de fator de depreciação

Tipo de luminária	fator de depreciação com limpeza da:		
	1 ano	2 anos	3 anos
Incandescente			
DIRETA			
empoeiramento baixo	x	x	x
empoeiramento normal	1,35	1,55	x
empoeiramento alto	1,65	2,15	x
SEMI-DIRETA			
empoeiramento baixo	1,25	1,40	x
empoeiramento normal	1,45	1,80	x
empoeiramento alto	x	x	x
DIRETO-INDIRETO			
DIFUSA			
empoeiramento baixo	1,25	1,40	x
empoeiramento normal	1,45	1,80	x
empoeiramento alto	x	x	x
SEMI-INDIRETA			
empoeiramento baixo	1,35	1,55	x
empoeiramento normal	1,65	2,15	x
empoeiramento alto	x	x	x
INDIRETA			
empoeiramento baixo	1,35	1,55	x
empoeiramento normal	1,65	2,15	x
empoeiramento alto	x	x	x
Fluorescente			
LÂMPADAS SEM LUMINÁRIA			
empoeiramento baixo	1,25	1,40	1,55
empoeiramento normal	1,45	1,80	2,05
empoeiramento alto	x	x	x
DIRETA			
empoeiramento baixo	x	x	x
empoeiramento normal	1,40	1,70	1,90
empoeiramento alto	1,85	2,55	3,10
SEMI-DIRETA			
empoeiramento baixo	x	x	x
empoeiramento normal	1,40	1,70	1,90

empoeiramento alto	1,85	2,55	3,10
DIRETA-INDIRETA com colméia			
empoeiramento baixo	1,35	1,55	1,75
empoeiramento normal	1,65	2,15	2,50
empoeiramento alto	x	x	x
SEMI-INDIRETO com colméia			
empoeiramento baixo	1,40	1,65	1,85
empoeiramento normal	1,70	2,25	2,65
empoeiramento alto	x	x	x
DIRETA com bacia plástica			
empoeiramento baixo	1,30	1,45	1,65
empoeiramento normal	1,55	1,90	2,15
empoeiramento alto	x	x	x
SEMI-DIRETO com colméia			
empoeiramento baixo	1,30	1,50	1,70
empoeiramento normal	1,60	2,00	2,30
empoeiramento alto	x	x	x

Dedução da fórmula do fluxo luminoso

O fluxo luminoso útil é igual ao produto da intensidade de iluminação pela superfície de trabalho S em m²

$$(1) \quad \phi_n = E \times S$$

já dissemos que

$$(2) \quad n = \frac{\phi_n}{\phi_o}$$

de modo que por substituição de (1) em (2) obtemos: $n = \frac{E \times S}{\phi_o}$

de onde se deduz a fórmula do fluxo luminoso:

$$\phi_o = \frac{E \times S}{n}$$

" O fluxo luminoso nominal é igual ao produto da intensidade média de iluminação em lux multiplicado pela superfície em m² e dividida pelo rendimento de iluminação ".

Exemplo de cálculo de iluminação de um ambiente.

Um escritório com um comprimento de 15 metros, uma largura de 6 metros e altura de 3 metros, com as mesas uniformemente distribuídas deverá receber uma iluminação de boa qualidade.

Na tabela de iluminamentos encontramos para estes casos 250 lux. Portanto, E = 250 lux

$$K = \frac{0,2 \times 15 + 0,8 \times 6}{2,2} = 3,5$$

(a distância da luminária contra o teto e a mesa é de 2,20 metros).

Escolhemos uma luminária com bacia plástica, que encontramos na primeira tabela do fator de utilização, para lâmpadas fluorescentes. As paredes têm janelas, portas e armários e a reflexão é, portanto, baixa. Neste caso, consideramos 70% para o teto e 30% para as paredes. O fator de utilização será entre 0,37 e 0,42, ou seja, aproximadamente, 0,4.

$$\phi = \frac{E \times S \times d}{0,4} = \frac{250 \times 90 \times 1}{0,4} = 56.250 \text{ lúmens.}$$

Cada lâmpada fluorescente branca fria tem 2.800 lúmens. Devemos instalar $56.250 \div 2.800 = 20$ lâmpadas, ou seja, 5 luminárias de 4 lâmpadas.

Para se obter uma distribuição uniforme, instalamos, 6 luminárias de 4 lâmpadas cada. Esta última luminária se torna necessária para compensar a depreciação da instalação.

Distribuição das fontes de luz no espaço

O valor do rendimento da iluminação é parcialmente determinado pelos lugares que as fontes de luz ocupam no espaço. Geralmente, quando se trata de iluminação geral, se coloca as fontes de luz de modo que sua separação (a) em ambas as direções seja o dobro da distância existente entre as fontes de luz junto às paredes e estas ($a/2$)

A distância entre lâmpadas coincide aproximadamente com a altura H . (distância da fonte de luz à superfície de trabalho).

As tabelas se baseiam nesta disposição das fontes de luz. Mesmo quando na prática o valor da altura H difere da distância a , não tem grande importância, contanto que se mantenha a relação $a \approx H$. No caso de fileiras pouco espaçadas das instalações fluorescentes é importante a separação entre as fileiras e a distância da última fileira à parede. Se esta distância for superior a $a/2$, aumentará um pouco o rendimento às custas da uniformidade de iluminação.

No caso contrário; o rendimento será inferior mas mais uniforme.

Em espaços pequenos onde o índice do espaço é inferior a 2, a distância a será sempre pequena com relação a H , pois do contrário não dará para distribuir devidamente as fontes de luz. Normalmente, para uma boa iluminação geral coloca-se quatro luminárias desta classe.

Não obstante, se nos locais com $k = 1$ a 2 se coloca uma só fonte de luz, o rendimento de iluminação é superior.

Bibliografia

Iluminação - Libbe Smit

Alumbrado - J. W. Faviê, G. Hietbrink, C. P. Damen, N. J. Quaedflieg

IES-Lighting Handbook - Illuminating Engineering Society

Lamps and Lighting - H. Hewitt, A. S. Vause

Lighting for architecture - William M. C. Lan

Principle of Natural Lighting - J. A. Lynes

Stile Industria

General Eletric S.A. - Departamento de lâmpadas de iluminação

Osram do Brasil S.A.

S.A. Phillips do Brasil



Escola Superior de Desenho Industrial - ESDI

Desenho Industrial

Tese de formatura

1971

Claudio Teixeira de Mesquita

Tese prática - "Luminária"

T 33
1971
parte 2



N.º de registro

~~4033/90~~ baixa 2020

Introdução

1. Situação atual

1.1 Iluminação de sala de desenho

A mais apurada das tarefas de escritório é a das salas de desenho, onde, por exemplo, a interseção de linhas finas constituem um detalhe crítico que pede condições boas de iluminação.

O contraste contido nessa tarefa também é pobre, isto é, quando têm que ser vistas linhas traçadas com lápis duro sobre papel de desenho comum. Existe, ainda, contraste pior quando essas linhas têm que ser vistas através de papel mantega ou vegetal.

Outras dificuldades surgem através da possibilidade de sombras projetadas pelos instrumentos de desenho e também da reflexão especular desses instrumentos.

Finalmente, como a prancheta de desenho pode às vezes tomar a maior parte do campo visual do desenhista, a possibilidade de ofuscamento refletido, desta grande área de alta reflectância, é considerável.

Não é surpreendente, daí, que a iluminação de salas de desenho sempre foi um tópico controverso. De alguns anos para cá, a escolha na maioria dos escritórios tem estado entre uma modesta instalação de iluminação geral suplementada por iluminação local, e um esquema de iluminação geral mais dispendioso e cuidadosamente desenhado, normalmente utilizando lâmpadas fluorescentes.

Para um primeiro "approach", pode-se dizer que o desenhista prefere o controle local a seu alcance, permitindo-o o meio de reorientar a direção da luz conforme sua vontade. Psicologicamente, também, ele poderia dizer que o elemento localizado na iluminação dá um grau de privacidade que ajuda a concentração.

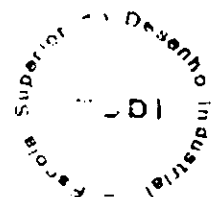
Por outro lado, o uso de iluminação localizada pode causar diferenças de luminosidade através da sala que podem ser distrativas e mesmo desconfortáveis, especialmente quando a luz local utilizada por um desenhista torna-se fonte de ofuscamento para um outro. Parece, daí, que o desenho de sistemas de iluminação geral é sem dúvida, a linha de

desenvolvimento futuro, particularmente se fôr lembrado que o desenhista passa a maior parte do dia de trabalho na prancheta de desenho.

1.2 Iluminação de escritório com apenas uma ou duas pranchetas de desenho.

Se o que foi dito acima serve para uma sala exclusivamente destinada a desenho, o mesmo não se pode dizer para a maioria dos escritórios ou mesmo salas de estudo que são providas de apenas uma ou duas pranchetas de desenho no meio de mesas com tarefas diversas e que, geralmente, a acuidade visual requer uma intensidade de iluminação menor.

Seria dispendioso e mesmo desnecessário iluminar toda a sala com o nível requerido para a prancheta de desenho. Um bom projeto de sistema de iluminação pode satisfazer êsses casos com uma luminária de iluminação suplementar que supriria o nível requerido para a prancheta.



Pesquisa

1. Comparação entre o sistema utópico e os atuais.

1.1 Sistema utópico

Para se determinar o sistema utópico é preciso, primeiro, determinar as condições de trabalho que se vai realizar, o espaço, o tamanho da mesa, os movimentos exigidos para a performance do trabalho, os equipamentos utilizados.

A proposta é de se iluminar uma prancheta de desenho numa sala onde geralmente, existem outras tarefas visuais em maior quantidade e cuja intensidade luminosa requerida para tais tarefas é bem inferior à requerida para a prancheta de desenho.

O tamanho médio da prancheta gira em torno de 1,20m por 0,90m mas na realidade, o espaço ocupado na maioria das vezes, é de 0,840m por 0,594m (A1).

Os movimentos exigidos ao desenhista são, basicamente, uma rotação de 45° para a esquerda ou para a direita em torno de seu corpo, no entanto as linhas são traçadas paralela ou perpendicularmente à sua posição.

Os equipamentos utilizados são esquadros, régua T normalmente feitos de acrílica que, além de poderem produzir reflexão especular, geralmente projetam sombra exatamente sobre a linha a ser traçada, quando a iluminação é deficiente.

Os próprios papéis utilizados podem produzir desde uma reflexão difusa até uma semi-especular como no caso do chrome-coat.

Analisando estes dados das condições de trabalho, pode-se concluir que a iluminação ideal seria uma geral difusa sobre a prancheta que pudesse irradiar luz pelos tres lados da prancheta não ocupados pelo desenhista; luminância baixa para evitar ofuscamento tanto direto quanto refletido mas que sua intensidade luminosa fôsse suficiente para prover os índices requeridos.

Sua sustentação, preferencialmente, deveria deixar a prancheta inteiramente livre de qualquer fixação, isto porque existem atualmente entre outros instrumentos uma

grande variedade de réguas "I" que ocupam quase todos os limites da prancheta.

1.2 Sistema atual

Dos que mais se assemelham às condições acima descritas para o sistema utópico, podemos constatar que o sistema da fig. 1 é baseado nesse princípio:

1. lâmpadas fluorescentes que provêm boa intensidade luminosa, baixa luminância e reduzida emissão de calor.
2. sistema móvel de articulação em todas direções desejadas
3. fixação para prancheta e possibilidade de adaptador para fixação na parede e chão.
4. entretanto, dado ao pouco comprimento das lâmpadas, é necessário que o desenhista, a cada movimento, reoriente o foco da luz na direção adequada afim de evitar ofuscamento tanto direto quanto refletido por reflexão especular dos equipamentos de desenho. Isto torna-se objeto de constante preocupação para o desenhista. É mais um equipamento a ser manuseado.

1.3 Possibilidade de nova teoria.

Lâmpadas eletroluminescentes

É uma fonte de superfície fina na qual a luz é produzida pelo excitamento do fosfor por um campo elétrico alternado. Essencialmente a lâmpada é feita por duas placas, sendo uma transparente com o fosfor acanado no seus dielétricos. Luzes azuis, verdes, amarelas ou brancas podem ser produzidas pela escolha dos fosforos. Essas lâmpadas são fabricadas em cerâmica ou plástico, flexível ou rígido, e são facilmente fabricadas em formas simples ou complexas.

Se bem que ainda estejam em fase de experiência, elas estão sendo usadas em iluminação decorativa, luzes noturnas, interruptores, painéis de instrumentos, mostradores de relógio, discos de telefone, termômetros e sinais. Sua aplicação restringi-se a lugares onde a iluminação geral é fraca, pois ainda é baixo o fluxo luminoso emitido por unidade de superfície luminosa.

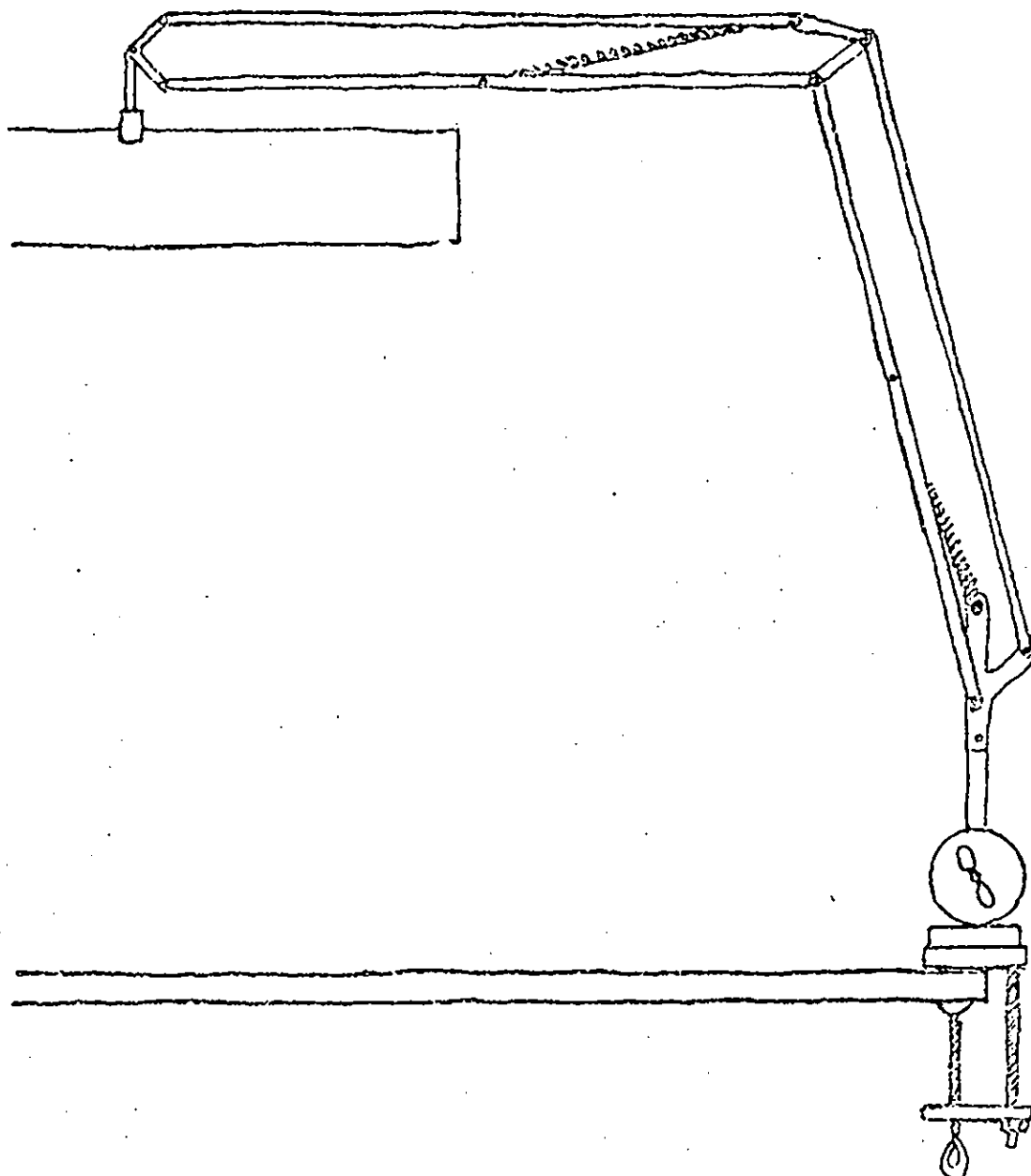
Como a tendência é para uma superfície iluminante que produza uma iluminação geral difusa afim de evitar projeção de sombras, pelo seu tamanho e sua baixa luminância, as lâmpadas eletroluminescentes poderão em futuro próximo iluminar adequadamente uma superfície que exija um nível de iluminação bastante alto.

1.4 Tendências atuais

Fig. 1

Luminária de prancheta.

características: 2 lâmpadas fluorescentes de 15 watts cada
comprimento das lâmpadas - 45,16 cm
lumens - 655
articulação através de hastes e molas em tôdas as
direções.



Prancheta retro-iluminada

Desenho por transiluminação é um método aceitável para áreas onde não é praticável ou possível de se obter níveis adequados para a iluminação geral de uma sala de desenho.

A prancheta de desenho com um painel de superfície difusora iluminada por trás, é recomendada para desenhos difíceis. A luminância desejável do vidro depende da natureza do trabalho, o nível de iluminação geral. Para impedir ofuscamento direto, o desenhista deve usar papel opaco para cobrir a área do vidro que não é ocupada pelo desenho.

Projeto

1. Levantamento

1.1 Método e sistema de iluminação

Pela própria definição da proposta o método de iluminação é o método de iluminação local suplementar. O sistema é direto.

1.2 Intensidade de iluminação

A intensidade de iluminação requerida para a prancheta de desenho é de 750 lux pela tabela de iluminamentos. Como se trata de uma iluminação local suplementar essa intensidade deve ser a soma da intensidade requerida para a sala que possui serviços administrativos em geral mais a intensidade produzida pela luminária suplementar. A sala deve ter 350 lux. Consequentemente a luminária deverá produzir uma intensidade de iluminação de 400 lux para suprir as necessidades de iluminação.

1.3 Escolha das lâmpadas fluorescentes.

Tipo	convencional			universal	
potência (watts)	15	15	30	20	40
comprim. (cm)	45,16	45,16	90,88	60,40	121,36
bulbo	T - 8	T - 12	T - 8	T - 12	T - 12
branca fria (lm)	700	595	1820	1140	2800
branca morna (lm)	730	625	1850	1190	2900
luz do dia (lm)	655	550	1670	1000	2350

1.4 Cálculo

Fixada a área de iluminação e a distância da prancheta à

X

luminária em $a = 1,00 \times 1,25 \text{ m}$ e $h = 1,00 \text{ m}$ respectivamente pode-se determinar através de cálculos que a utilização de duas lâmpadas fluorescentes luz do dia produzem os índices requeridos:

$$2 \times 30 \text{ W} = 3340 \text{ lumens}$$

através de tabelas pode-se verificar que, para tais características, a intensidade média para cada 1000 lumens deve-se ter 190 lux.

pela regra de tres : 651 lux

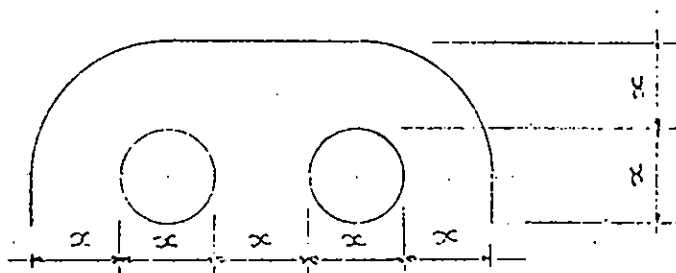
calculando-se o fator de depreciação em 1,5, tem-se finalmente : 434,2 lux

1.5 Tipo de circuito

O tipo de circuito escolhido é o de partida rápida o que elimina a necessidade de starters. Utiliza-se um reator duplo que atenda às duas lâmpadas.

2. Design da luminária

2.1 Design ideal do refletor



distâncias recomendáveis para a lâmpada fluorescente, entre as lâmpadas, e até o refletor.

2.2 Sistemas de fixação

1. Fixação na parede (des. 1)
2. Fixação na prancheta (des. 2)
3. Suporte de sustentação (des. 3)

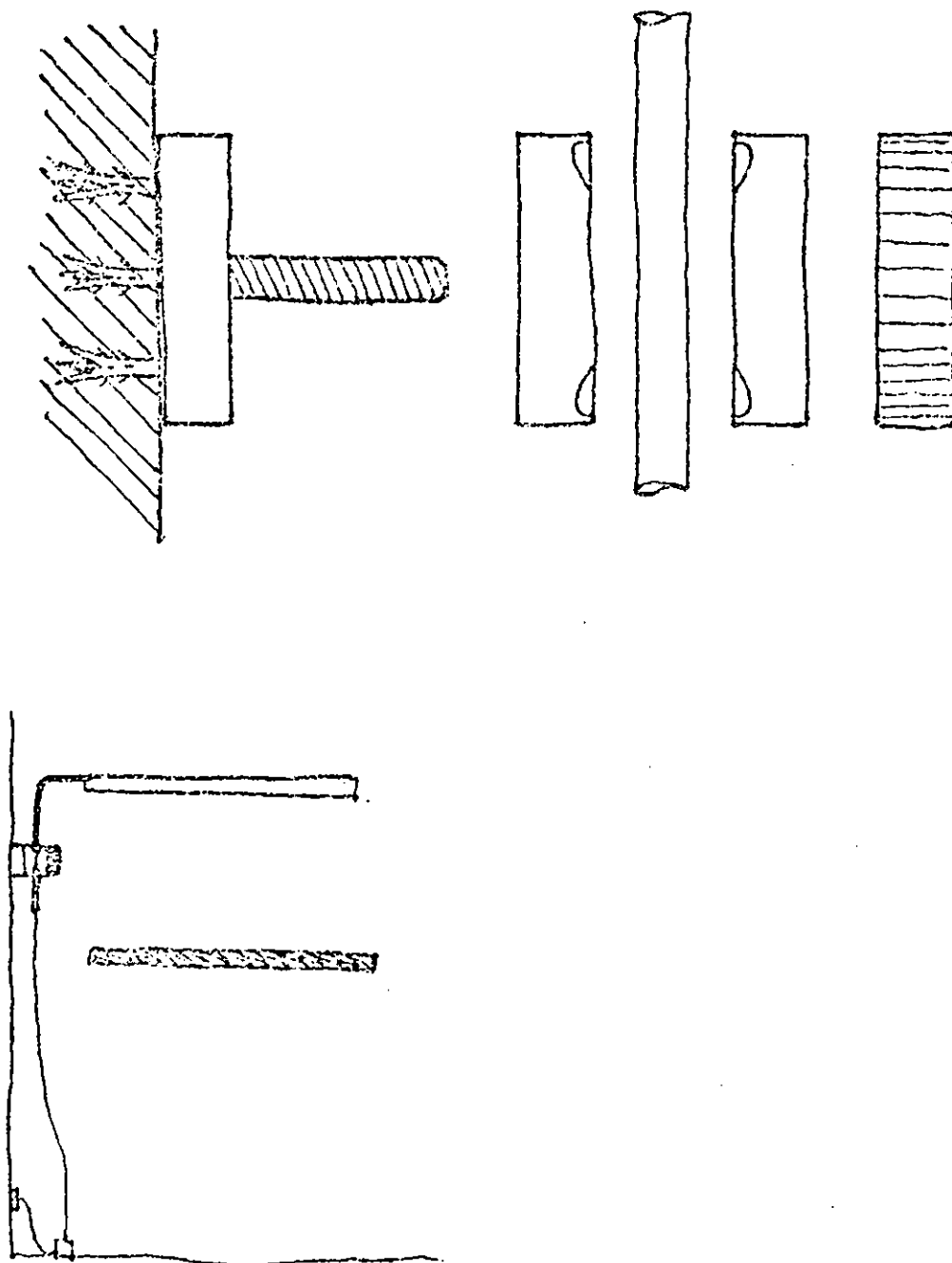
2.3 Sustentação do refletor (des. 4)

Des. 1

Sistema de fixação na parede

Para locais onde a prancheta está colocada próxima a uma parede. Este sistema é o mais recomendado pois permite o aproveitamento total da prancheta.

Obs.: sua fixação na parede deve permitir que a luminária dista a uma altura de 1,00m da prancheta.

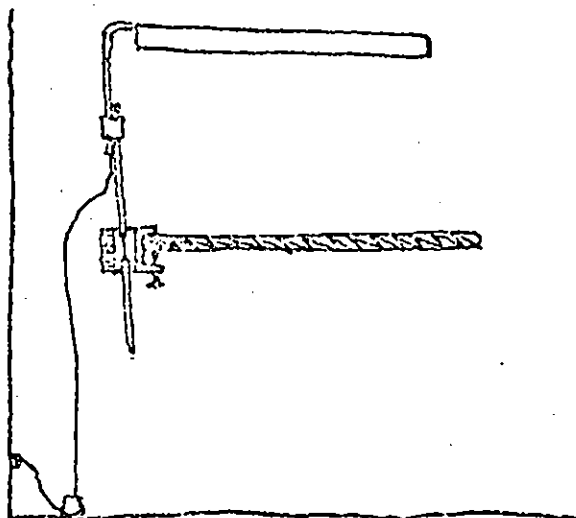
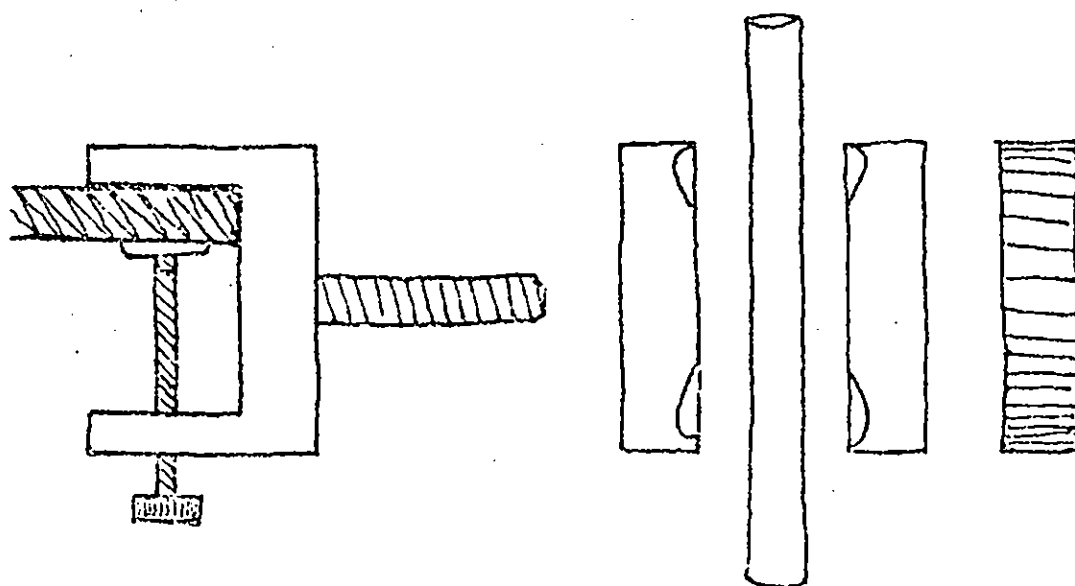


Des. 2

Sistema de fixação na prancheta

Para locais onde é inviável a locação da prancheta junto a uma parede ou situa-se junto a uma janela.

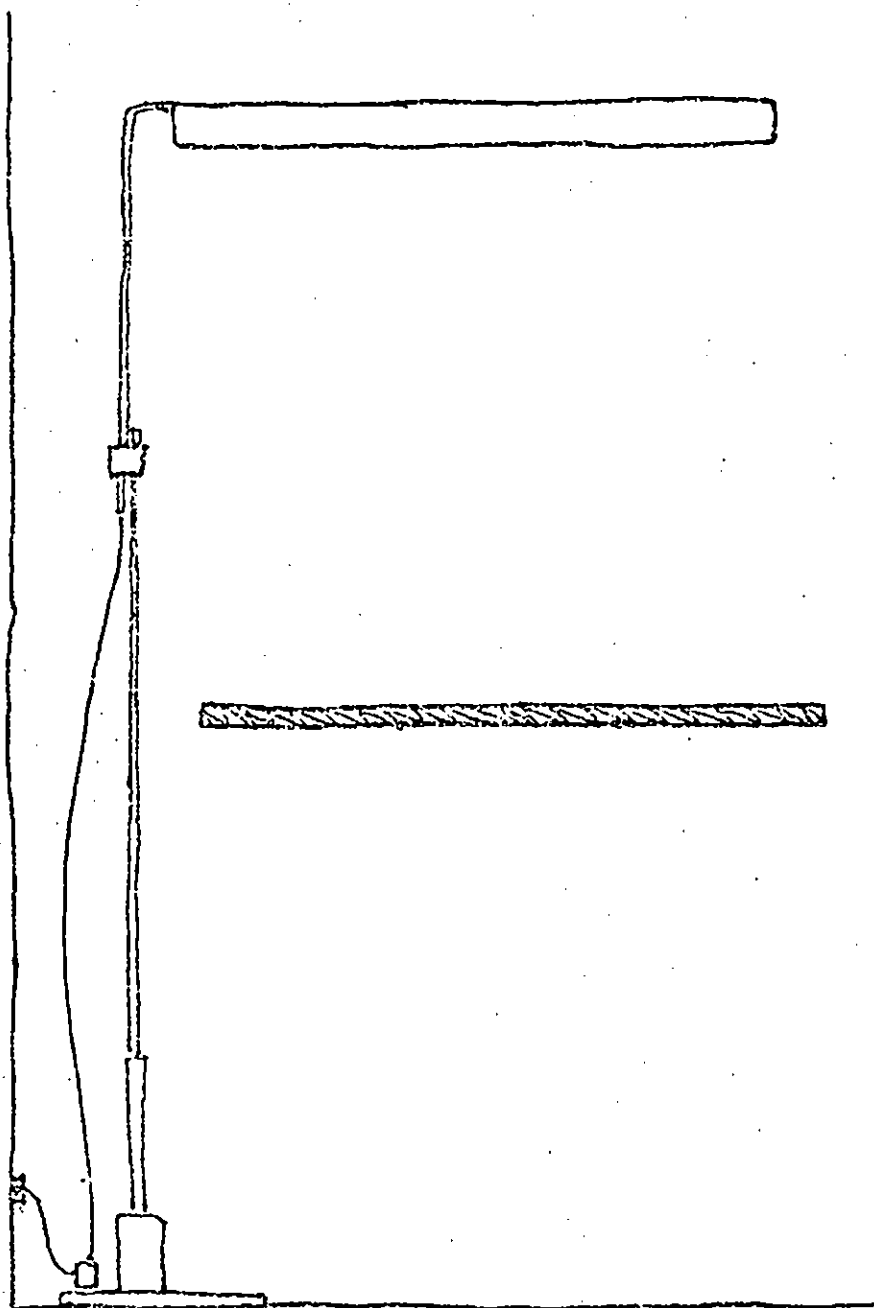
Obs.: o desenho construtivo do conector permite que se utilize régua Ts com um comprimento maior que a prancheta desde que a fixação do conector esteja colocado no lado oposto à cabeça da régua. Não atrapalha, também, sua utilização com régua paralelas montadas em fios de náilon e rodízios. Deve-se graduar a luminária a uma altura de 1,00m da prancheta.



Des. 3

Suporte para fixação no chão

Trata-se de uma base para a colocação da luminária em lugares onde não é possível sua fixação nem na parede nem na prancheta.

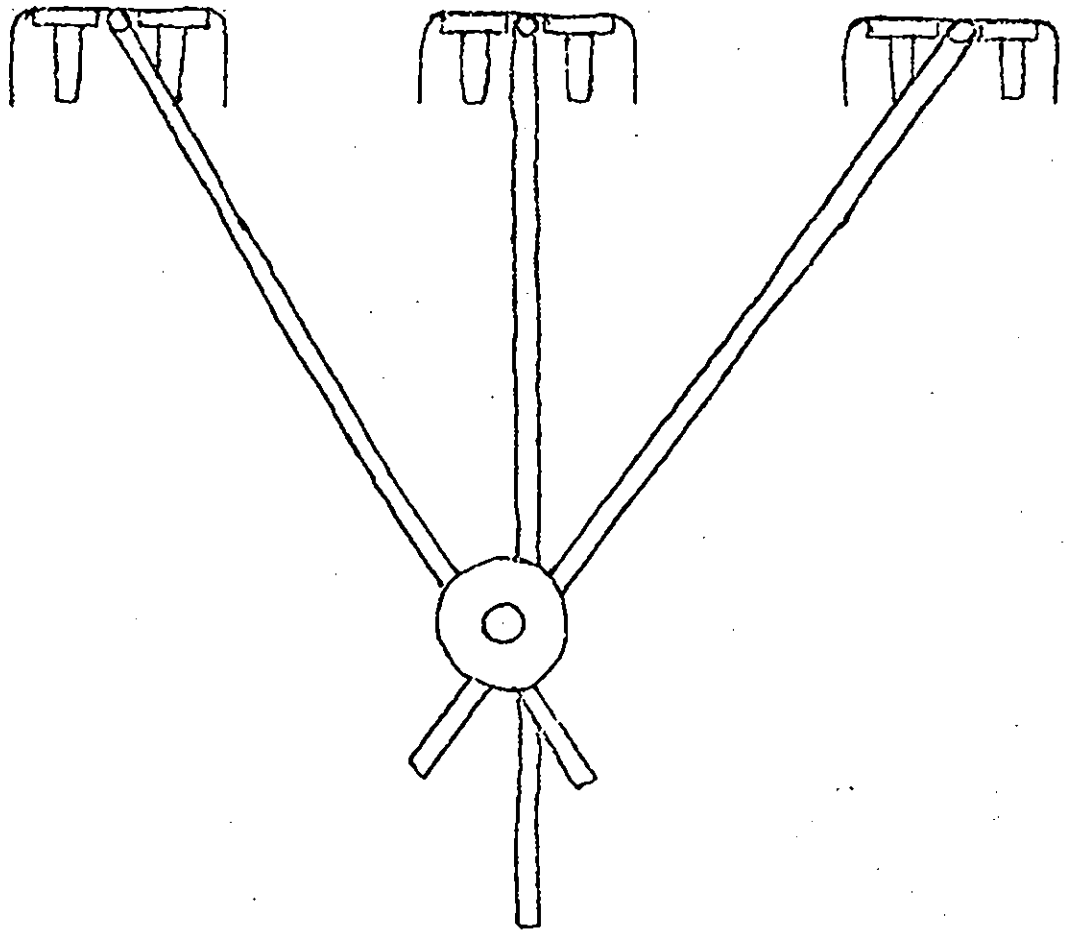




Des. 4

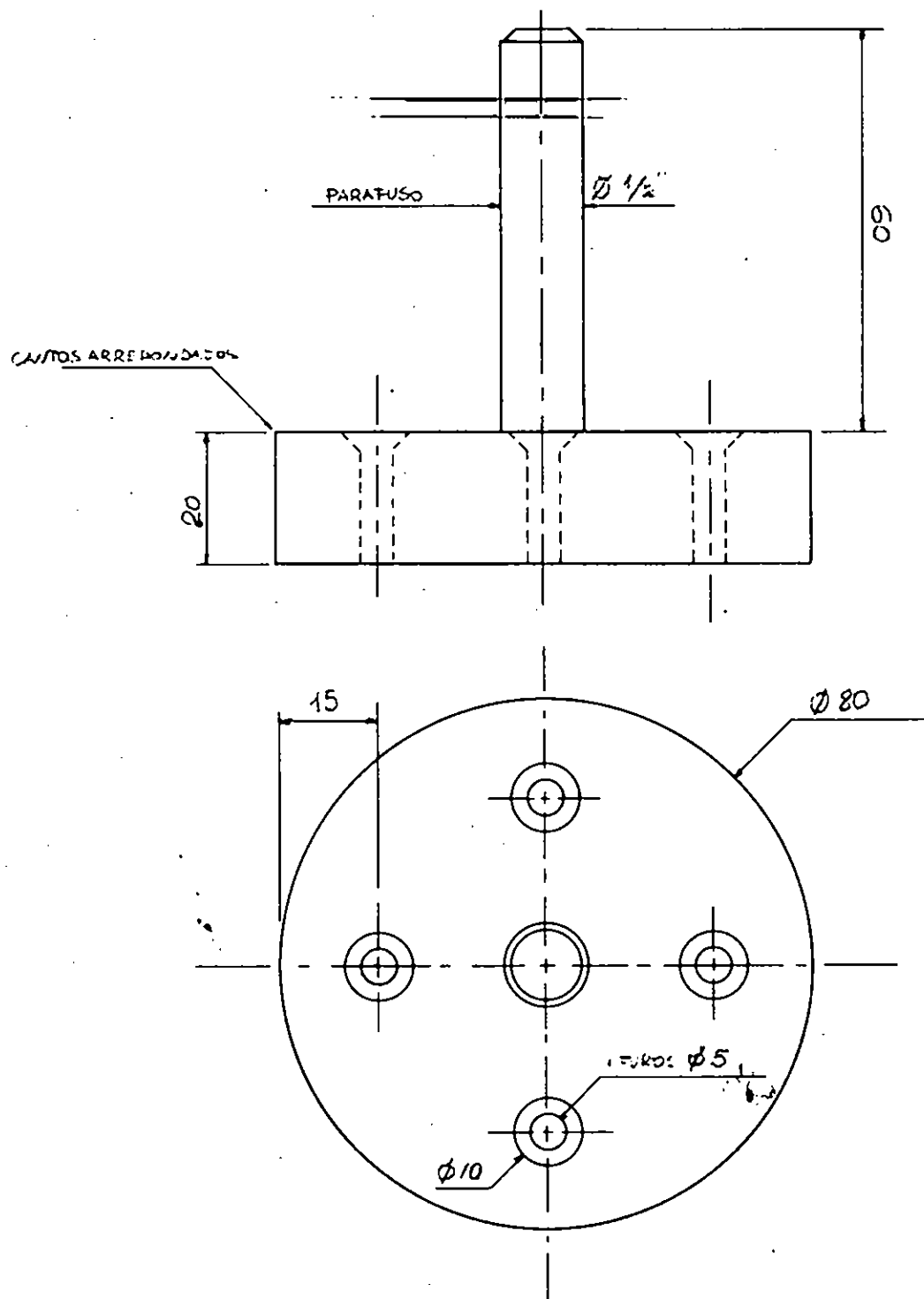
Sustentação do refletor

O sistema de fixação do refletor ao tubo de sustentação permite sua rotação em torno do eixo do tubo para evitar ofuscamento direto dependendo da fixação que se deu ao tubo na parede ou na prancheta. Dependendo, também da distância da prancheta à parede o refletor pode correr no sentido longitudinal do tubo para poder centralizá-lo com a prancheta.

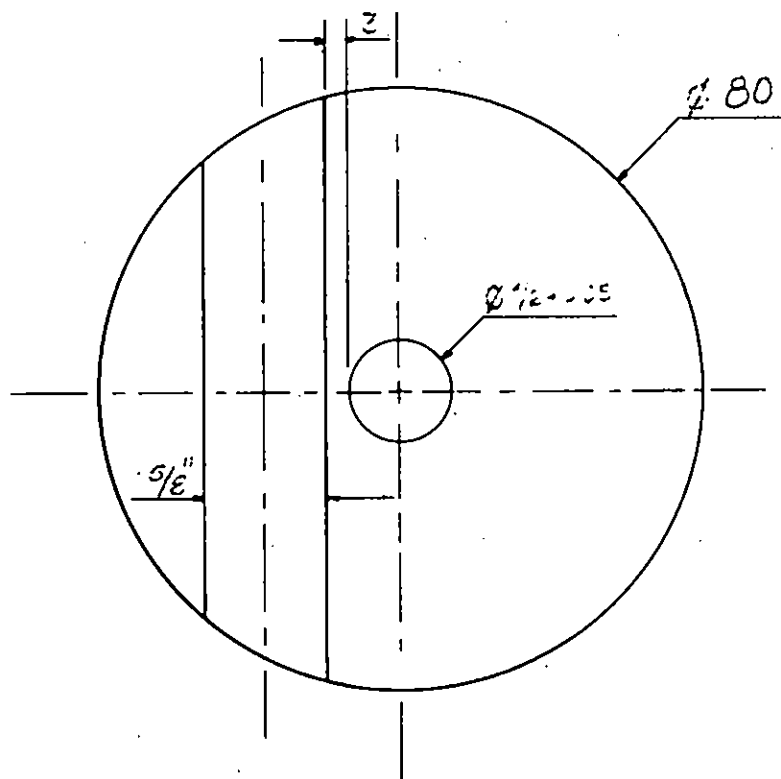
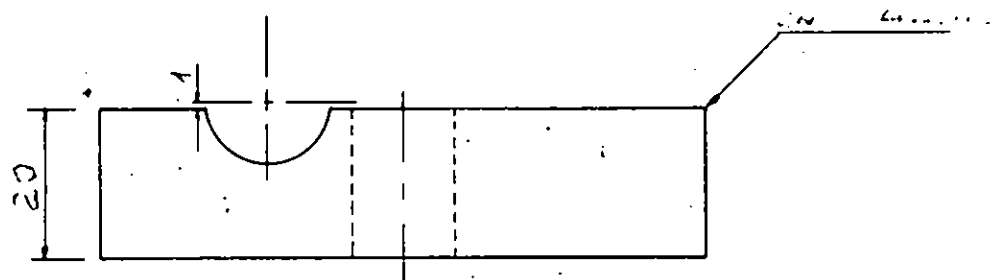


2.4 Elementos componentes do sistema

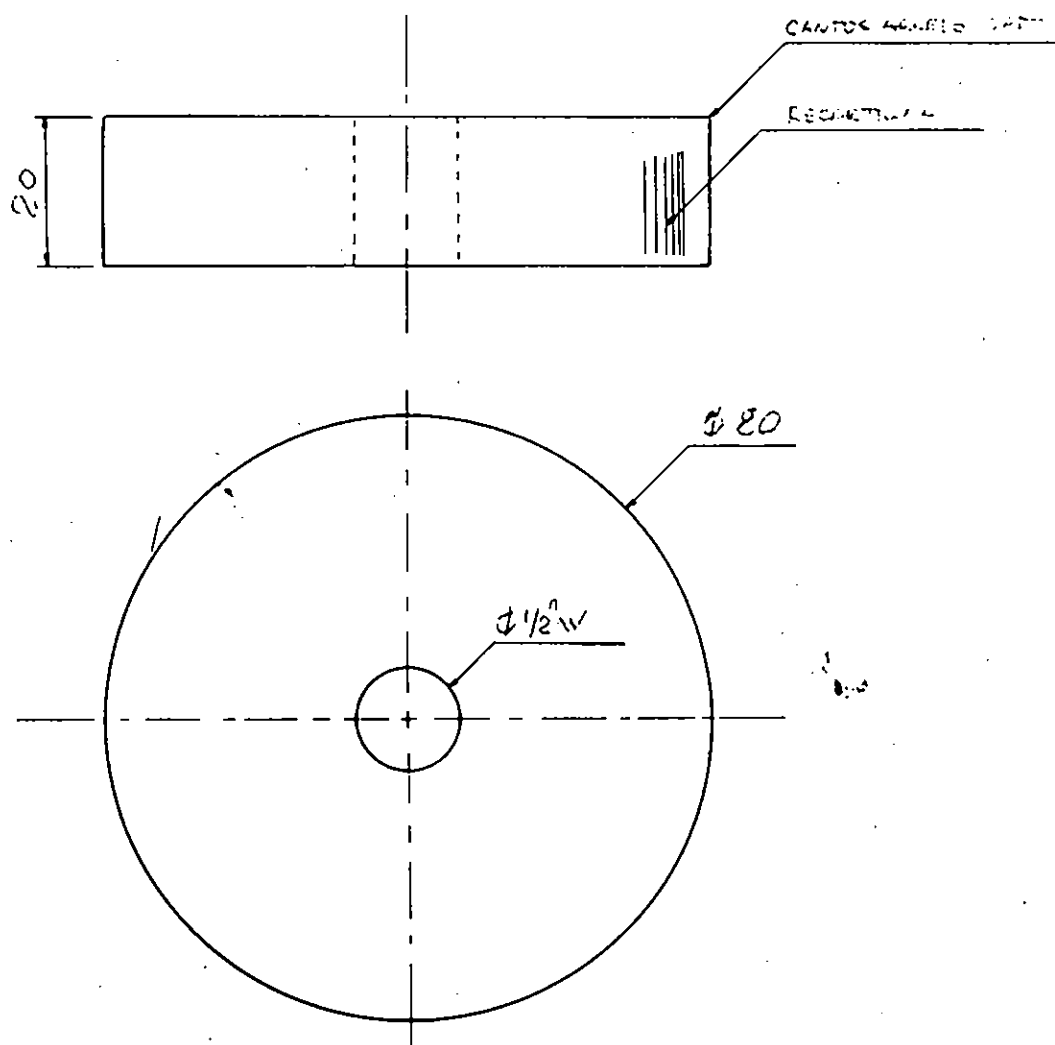
- 2.4.1 elemento de fixação na parede.
trata-se de uma peça de plástico injetado (resina uréica ou semelhante) com um parafuso fixo ao seu corpo em aço, quando da moldagem. (des. téc. 1)
- 2.4.2 elemento de sustentação do tubo.
um par desse elemento forma uma braçadeira que fixa o tubo na posição e altura desejada. É em plástico injetado (resina uréica). (des. téc. 2)
- 2.4.3 elemento de atarracho do conjunto.
porca na forma dos demais elementos injetada em resina uréica com rôsca interna em aço montada quando da injeção. (des. téc. 3)
- 2.4.4 elemento de fixação na prancheta.
peça em plástico injetado (resina uréica) com forma específica para fixação na prancheta. Possui um parafuso em aço fixo ao seu corpo quando da moldagem. (des. téc. 4)
- 2.4.5 elemento de sustentação no chão.
base de aço para prover peso suficiente para estabelecer a inércia do conjunto. (des. téc. 5)
- 2.4.6 tubo de sustentação da luminária.
tubo de aço sem costura cromado (des. téc. 6)
- 2.4.7 tubo de sustentação na prancheta e no chão
tubo de aço sem costura cromado para prover altura suficiente para o conjunto de luminária e tubo de sustentação da luminária. (des. téc. 6)
- 2.4.8 braçadeira de conexão dos tubos.
peça em plástico injetado (resina uréica) com apêrto através de parafuso tipo halen. (des. téc. 6)
- 2.4.9 luminária
luminária em chapa de aço estampada pintada de branco internamente. Possui uma tira metálica fixada internamente para sustentar o tubo. Serve, também para camuflar a fiação. (des. téc. 7)



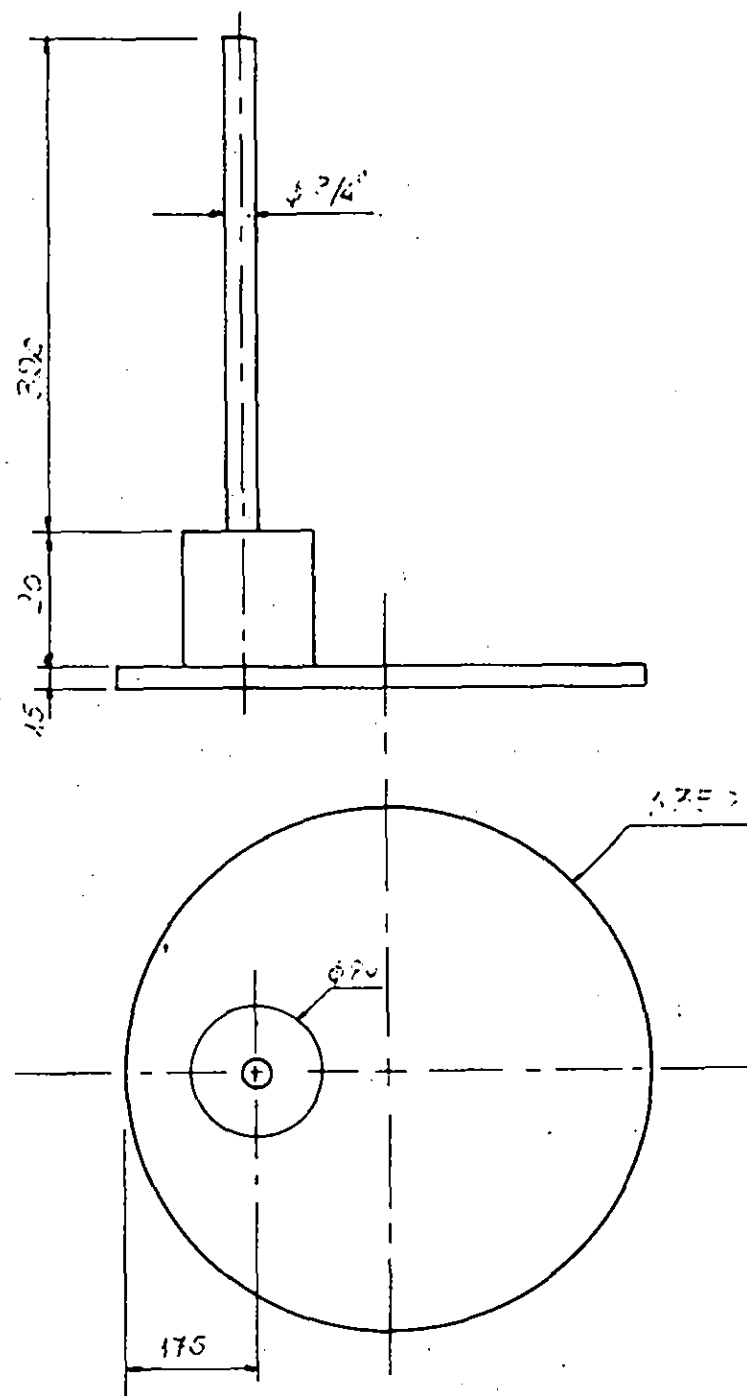
ELEMENTO DE FIXAÇÃO PARA: ...
ESCALA: 1:1
DES. 1
MATERIAL: ...
REALIZADO POR: ...
VERIFICADO POR: ...



ELABORADO DE SUSPENSIÓN
ESCALA 1:1
UNIDAD
MATERIAL 20 ALUMINIO
ACABADO
OTROS DATOS



ESQUEMA DE APROXIMACIÓN DOBLE VISTA
ESC 1:1
DES 3
MATERIAL: RESINA VERDE
USO: PROTOTIPO
LGR. LAJALTE, BOMBA CO, 1.1"



ELEMENTO DE CONTENÇÃO DE CILINDRO

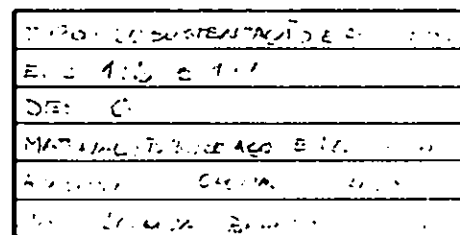
EX: 1.5

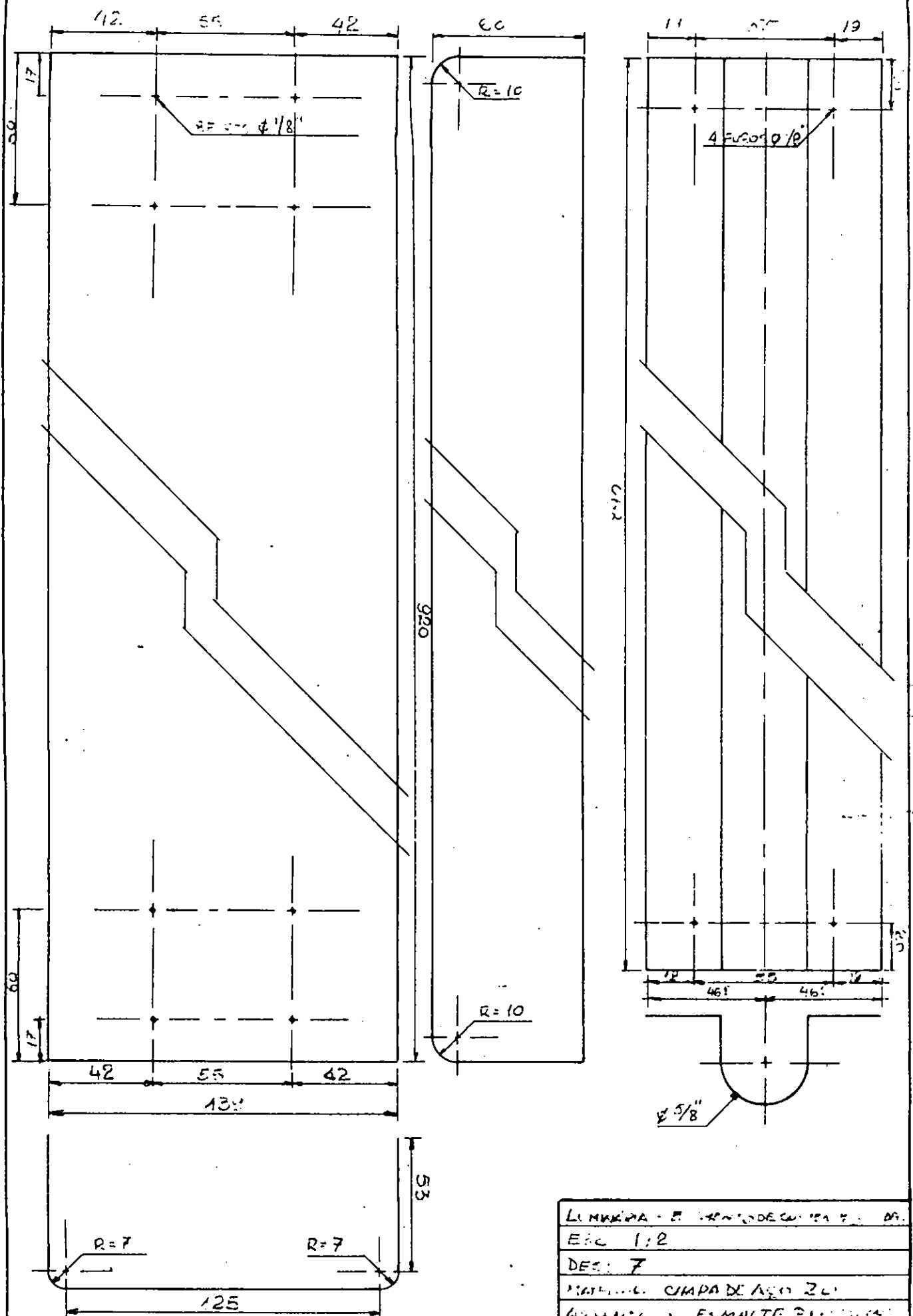
DES: 5

MATERIAL: AÇO

4 X 20 X 100 - DISTRIB. LSA

5 - 10000





LIMPAÇA - E. REN. DE C. P. A. 7. - 01.
ESC. 1:2
DES. 7
MATERIAL: CHAPA DE AÇO 20
ACABAMENTO: ESMALTE BRANCO
OUTROS: LIMPAÇA - E. REN. DE C. P. A. 7. - 01.

