



Disciplina: Instalações Elétricas Prediais

Parte 2 – Sistemas de Iluminação: Luminotécnica

Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

Cronograma

1. Conceitos fundamentais da luminotécnica

2. Lâmpadas – Classificação

- Lâmpadas incandescentes
- Lâmpadas de descarga
- Lâmpadas LED
- Aplicações

3. Classificação das luminárias

4. Projeto de iluminação

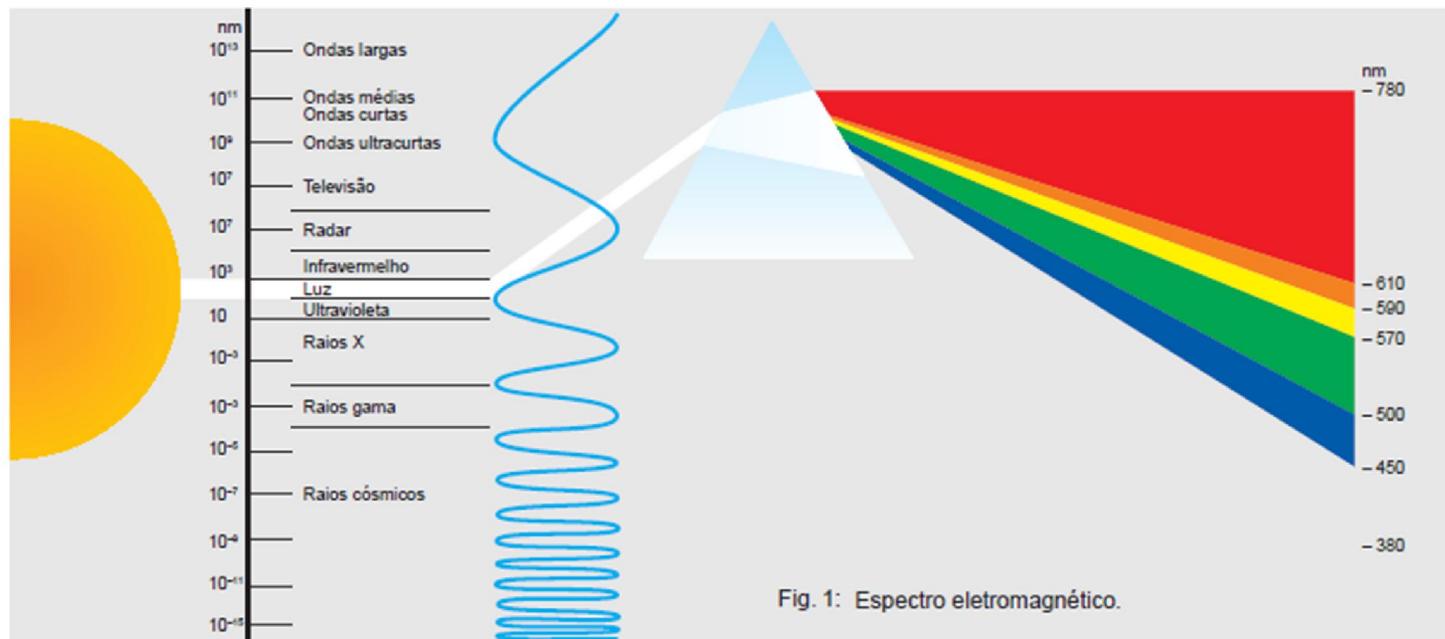
- Seleção da iluminância
- Método dos Lúmens
- Método “Ponto a Ponto”

5. Iluminação por projetores

6. Iluminação de ruas e calçadas

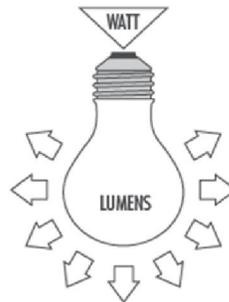
Conceitos fundamentais da luminotécnica

✓ **Luz:** É a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual

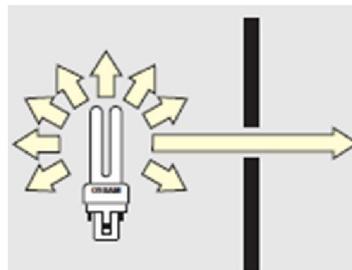


Conceitos fundamentais da luminotécnica

✓ **Fluxo Luminoso (Lúmen - lm):** É a potência de radiação total emitida por uma fonte de luz percebida pelo olho humano

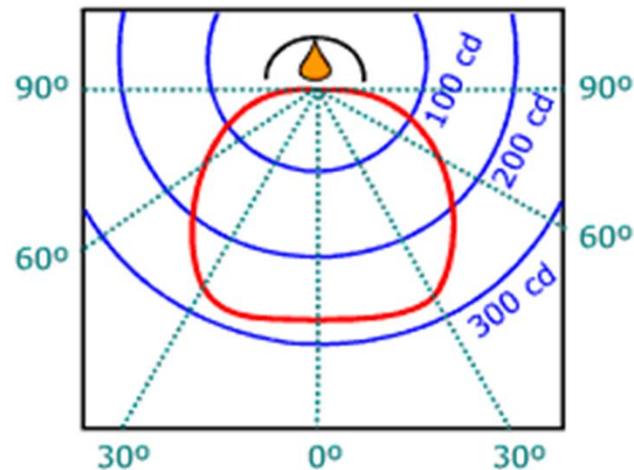


✓ **Intensidade Luminosa (Candela – cd):** É a potência da radiação luminosa numa dada direção ou o fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto



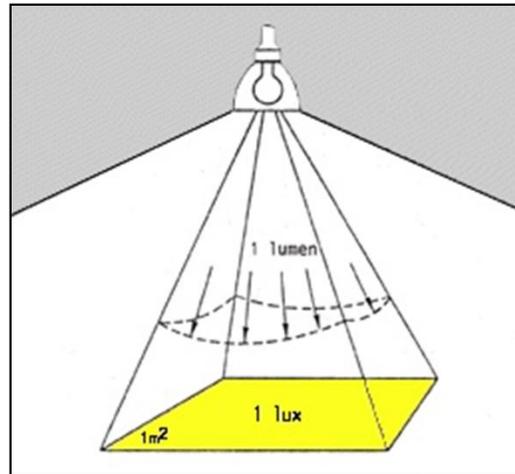
Conceitos fundamentais da luminotécnica

✓ **Curva de Distribuição Luminosa (CDL):** É a representação da intensidade luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada em um determinado plano. As CDL são feitas normalmente para 1000 lumens, ou seja, as curvas representam o valor em candela/1000 lumens



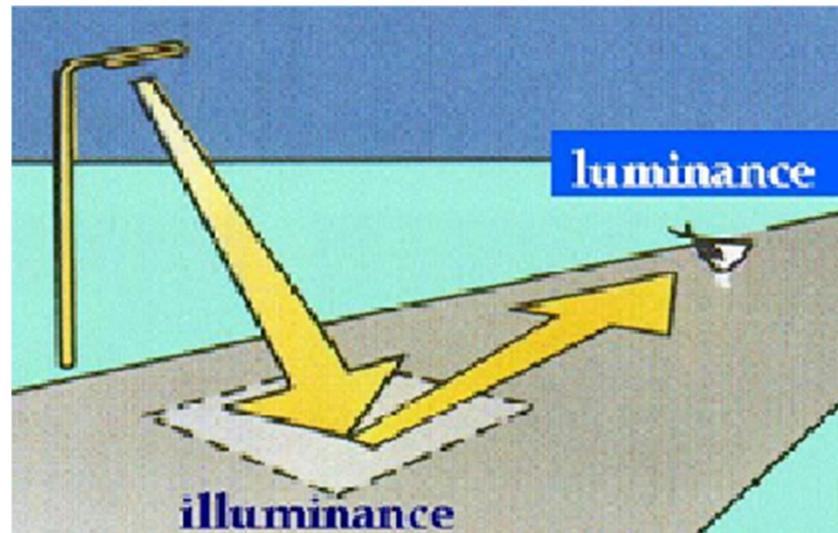
Conceitos fundamentais da luminotécnica

- ✓ **Iluminamento ou Iluminância (Lux (E) – lm/m^2):** É a relação entre o fluxo luminoso que incide sobre uma determinada superfície e a superfície sobre a qual ele incide



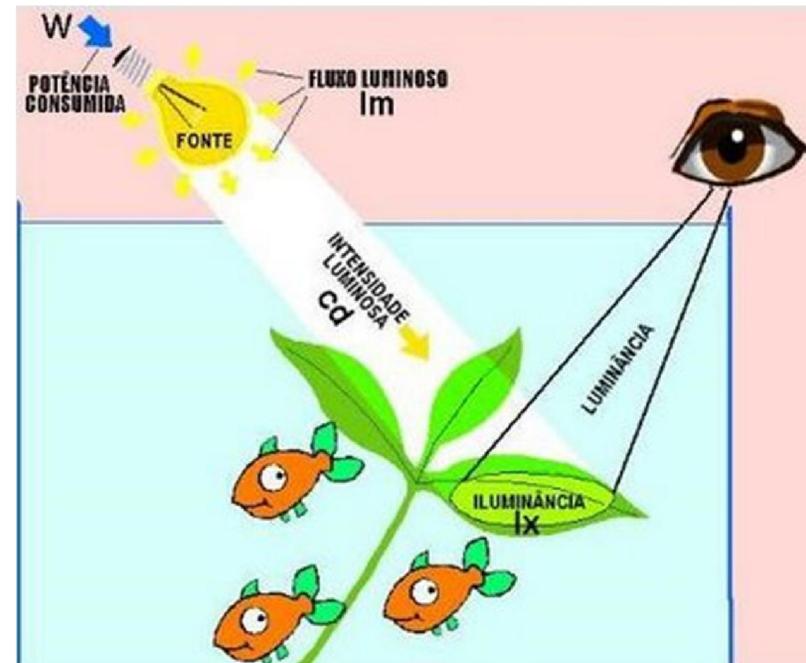
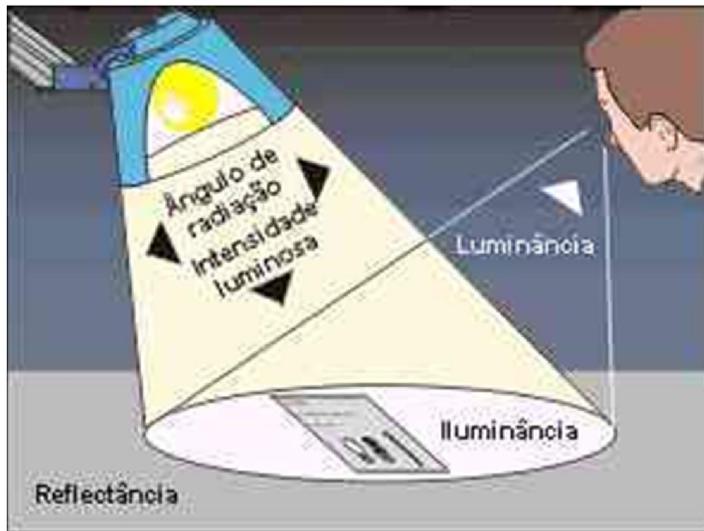
Conceitos fundamentais da luminotécnica

✓ **Luminância (cd/m^2):** É a intensidade luminosa de uma superfície dividida pela área da superfície iluminada. Também pode ser definida como a “*sensação de claridade*” produzida pelo reflexo dos raios luminosos (invisíveis) sobre uma superfície e transmitida aos olhos



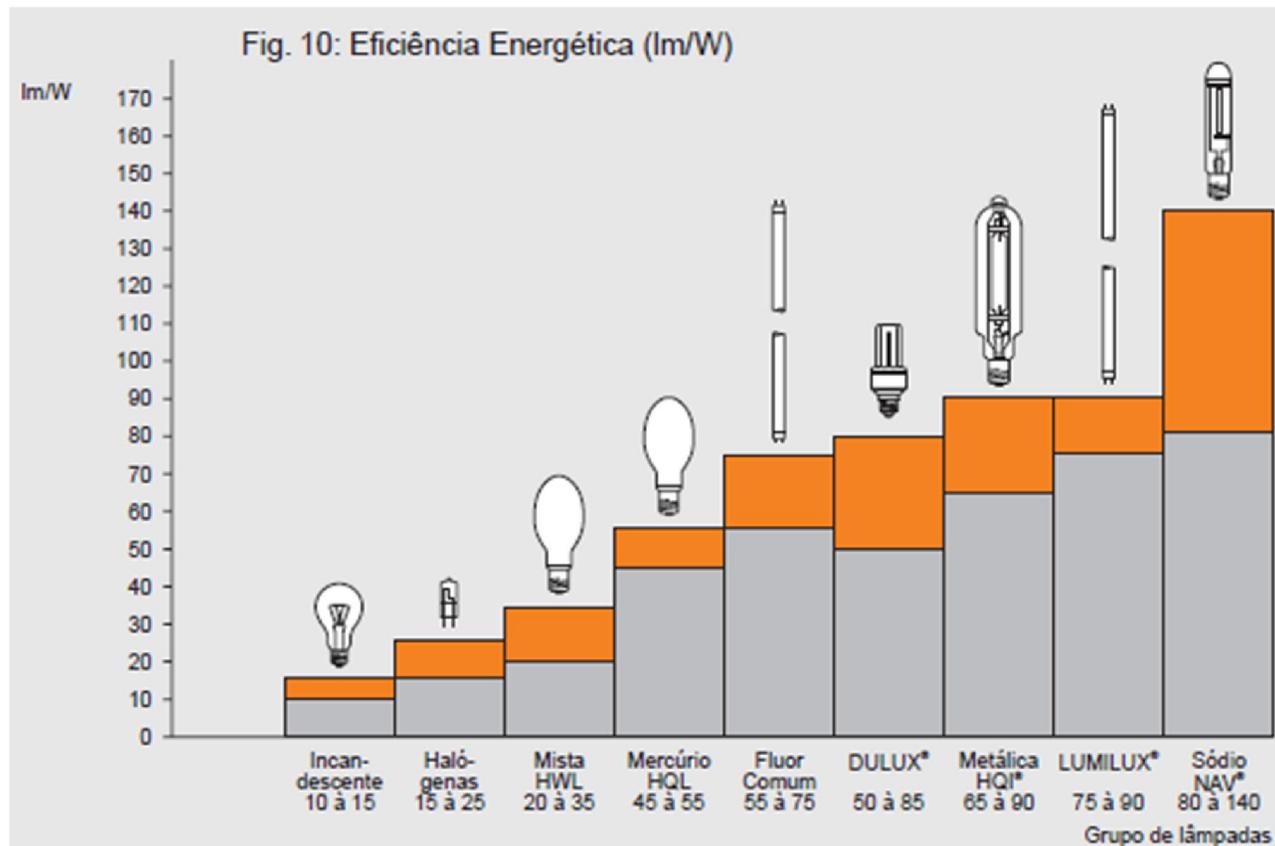
Conceitos fundamentais da luminotécnica

✓ Exemplificação



Conceitos fundamentais da luminotécnica

✓ **Eficiência Luminosa (lm/W):** É a relação entre o fluxo luminoso emitido pela lâmpada e a potência absorvida ou quantos lumens são gerados por Watt absorvido



Conceitos fundamentais da luminotécnica

✓ **Temperatura de cor:** Descreve a aparência da luz emitida por uma fonte luminosa:

- ❑ Entre 2700 e 3000 K: Tonalidade de luz quente (branco-avermelhada), similar a lâmpada incandescente
- ❑ Entre 4000 e 4500 K: Tonalidade intermediária, entre quente e fria (branca)
- ❑ Entre 5000 e 7500 K: Tonalidade fria (branco-azulada)



Conceitos fundamentais da luminotécnica

✓ **Índice de Reprodução de Cor (IRC):** Uma lâmpada acesa tem a capacidade de reproduzir as cores de um determinado ambiente ou objeto. Essa capacidade é medida por um índice, o IRC, o qual varia de 0 a 100, da seguinte maneira:

- ❑ IRC até 70: Moderada reprodução das cores;
- ❑ IRC entre 70 e 85: Boa reprodução das cores;
- ❑ IRC acima de 85: Excelente reprodução das cores.



Branca Fria
IRC= 62



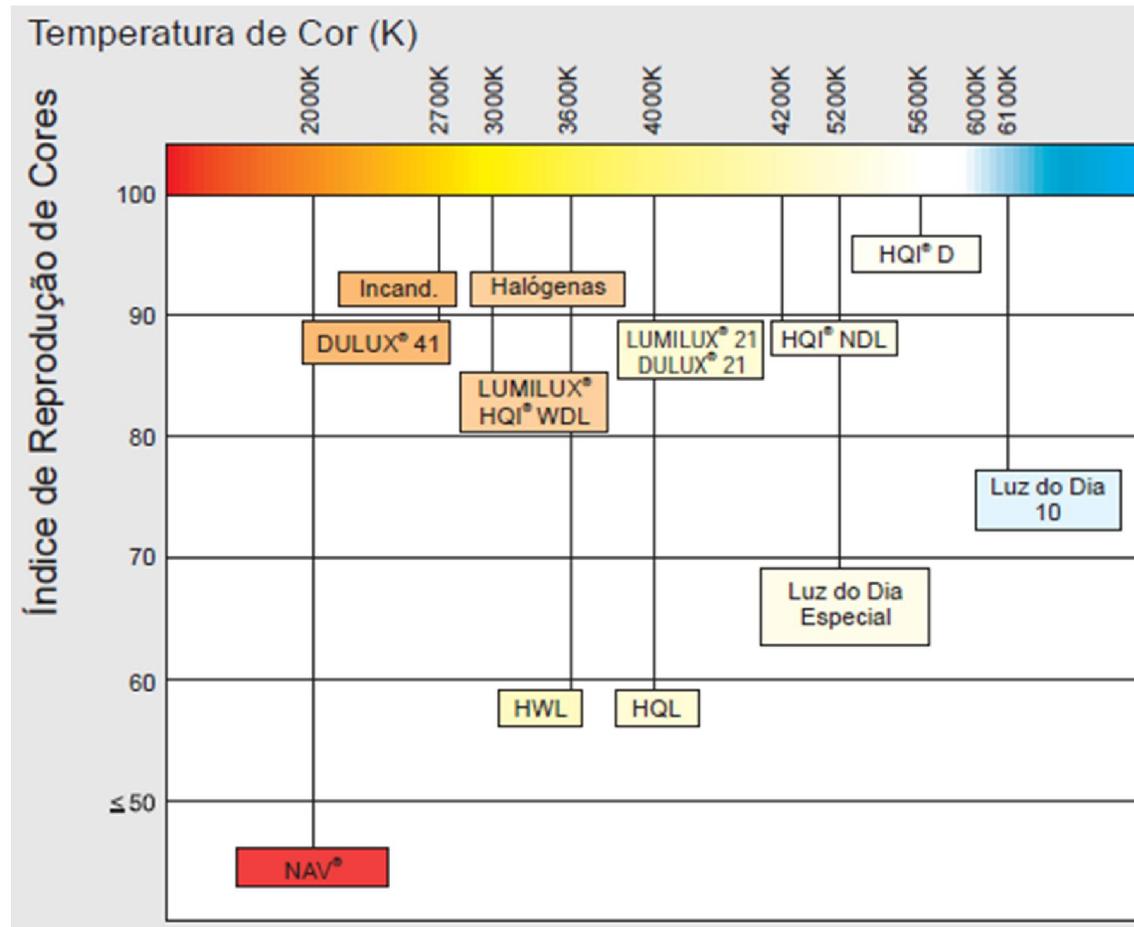
GE SP35
Boa reprodução de cor
IRC= 74 -76



GE SPX 35
Excelente reprodução de cor
IRC= 84 - 86

Conceitos fundamentais da luminotécnica

✓ IRC x Temperatura de Cor



Lâmpadas - Classificação

✓ Lâmpadas incandescentes

- Iluminação geral
- Decorativas
- Refletores
- iluminação específica
- Halógenas

✓ Lâmpadas LED

✓ Lâmpadas de descarga

- Fluorescentes
- Vapor de mercúrio
- Luz mista
- Vapores metálicos
- Multi-vapores metálicos
- Vapor de Sódio

Lâmpadas Incandescentes

✓ **Lâmpadas incandescentes:** Possuem um bulbo de vidro em cujo interior existe um filamento de tungstênio (com alto ponto de fusão) que é aquecido pela passagem da corrente elétrica até a incandescência. Para evitar a oxidação do filamento é realizado vácuo no interior do bulbo ou substitui-se o oxigênio por um gás inerte (nitrogênio ou argônio).



Lâmpadas Incandescentes

✓ Lâmpadas incandescentes

■ LÂMPADAS INCANDESCENTES PARA ILUMINAÇÃO GERAL

- ✓ Podem ser de bulbo transparente, translúcido ou opalizado. São fabricadas, normalmente, com potências que variam de 25 a 200W.
- ✓ Podem ser utilizadas na iluminação de residências, lojas e em locais de trabalho que não exijam grandes níveis de iluminação.



■ LÂMPADAS INCANDESCENTES DECORATIVAS

- ✓ Possuem bulbos com formatos especiais ou coloridos e têm a finalidade de produzir efeitos de luz atrativos e decorativos.



■ LÂMPADAS INCANDESCENTES REFLETORAS

- ✓ Possuem o bulbo de formatos especiais e um revestimento interno de alumínio em parte da sua superfície, com o objetivo de concentrar e orientar o fecho de luz.
- ✓ Seu rendimento luminoso é alto e as dimensões são reduzidas.
- ✓ Indicadas na iluminação de lojas, residências, galerias de arte, hotéis, restaurantes e em qualquer local onde o objetivo seja promover uma atmosfera com iluminação diferenciada e sofisticada.



Lâmpadas Incandescentes

✓ Lâmpadas incandescentes

■ LÂMPADAS INCANDESCENTES PARA ILUMINAÇÃO ESPECÍFICA

- ✓ Nessa classificação estão as lâmpadas empregadas em faróis de veículos, as miniaturas, as lâmpadas de luz negra e as germicidas, entre outras.

- * Lâmpadas infravermelhas: empregadas no aquecimento de estufas, em fisioterapia e na criação de animais, entre outras utilidades. Emitem radiação na faixa de ondas caloríficas, não podendo ser utilizadas na iluminação geral. Entre as suas principais características estão o alto coeficiente de reflexão, o alto rendimento e as dimensões reduzidas.



■ LÂMPADAS COM BULBO DE QUARTZO OU HALÓGENAS

- ✓ São tipos aperfeiçoados de lâmpadas incandescentes, constituídas por um bulbo tubular de quartzo onde são colocados: um filamento de tungstênio e partículas de iodo ou bromo (halogênios).
- ✓ Quando o filamento de tungstênio é aceso, a alta temperatura provoca a combinação do halogênio com os átomos que se desprendem do filamento, gerando um terceiro elemento (o iodeto de tungstênio).
- ✓ Esse último é responsável por provocar um ciclo regenerativo e fazer com que as partículas de tungstênio retornem novamente ao filamento (por efeito de convecção), evitando o enegrecimento do bulbo.

Lâmpadas - Classificação

✓ Lâmpadas incandescentes

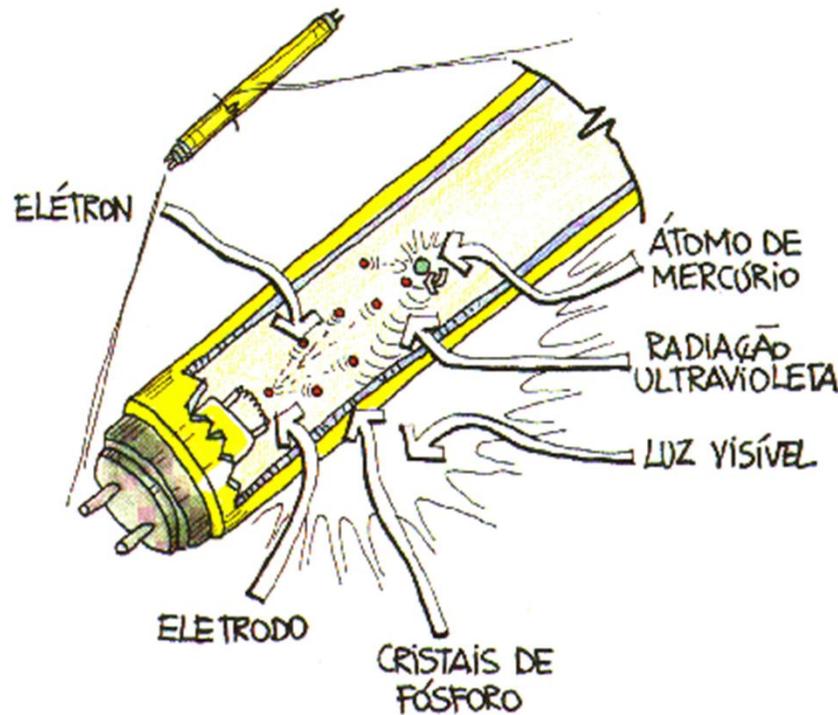
■ LÂMPADAS COM BULBO DE QUARTZO OU HALÓGENAS

- ✓ Possuem alta eficiência luminosa, maior durabilidade que as lâmpadas incandescentes comuns além de ótima reprodução de cores. As que são fabricadas com potências maiores (entre 200 e 1000 W) podem ser utilizadas na iluminação de praças de esportes, em pátios de armazenamento de mercadorias, em museus, estúdios de TV, estacionamentos, jardins e na iluminação externa em geral.
- ✓ Existem também as lâmpadas halógenas de menores potências (entre 50 e 100 W), que são indicadas para a iluminação de emergência, em sistemas de segurança e para a iluminação geral de lojas, museus, hotéis e escritórios, entre outros.
- ✓ Podem também ser citadas as lâmpadas **dicroicas**, que são um tipo de lâmpada halógena que possui um refletor com espelho multifacetado e base bipino.
- ✓ Suas dimensões são reduzidas e a tensão de funcionamento é de 127V ou 12V, sendo necessária a utilização de transformador nesse último caso. Utilizadas com fins decorativos, essas lâmpadas transmitem menos calor ao ambiente, possuem um fecho de luz bem dirigido e podem ser utilizadas em ambientes comerciais, residenciais e em galerias, entre outros.



Lâmpadas de Descarga

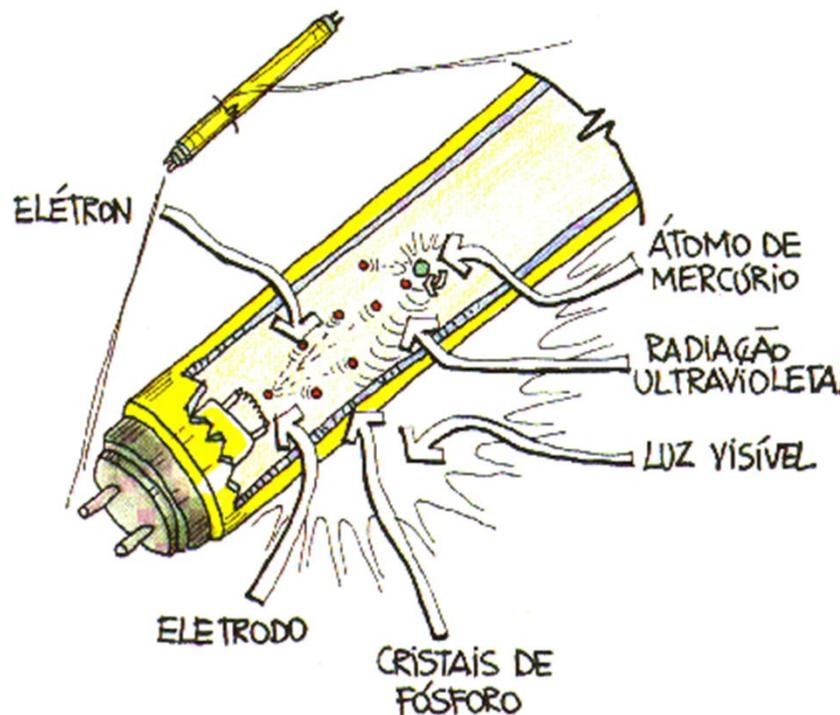
✓ **Lâmpadas de descarga:** Nesse tipo de lâmpada a energia é emitida sob forma de radiação, provocando uma excitação de gases ou vapores metálicos, devido à tensão existente entre os seus eletrodos.



- Fluorescentes
- Vapor de mercúrio (Alta ou baixa pressão)
- Luz mista
- Vapores metálicos
- Multi-vapores metálicos
- Vapor de Sódio

Lâmpadas Fluorescentes

✓ São constituídas por um bulbo tubular de vidro em cujas paredes internas é fixado material fluorescente*. Nas extremidades do bulbo encontram-se eletrodos de tungstênio (cátodos) e no seu interior existe vapor de mercúrio e argônio a baixa pressão

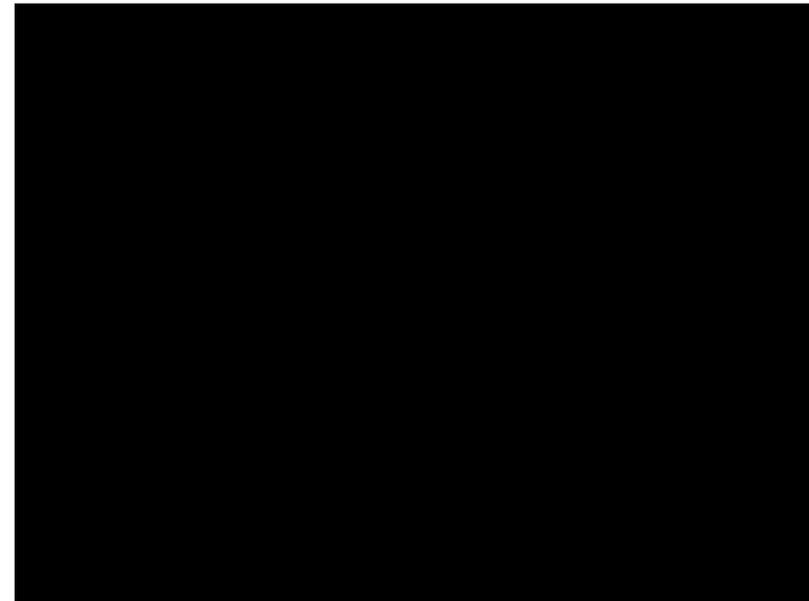
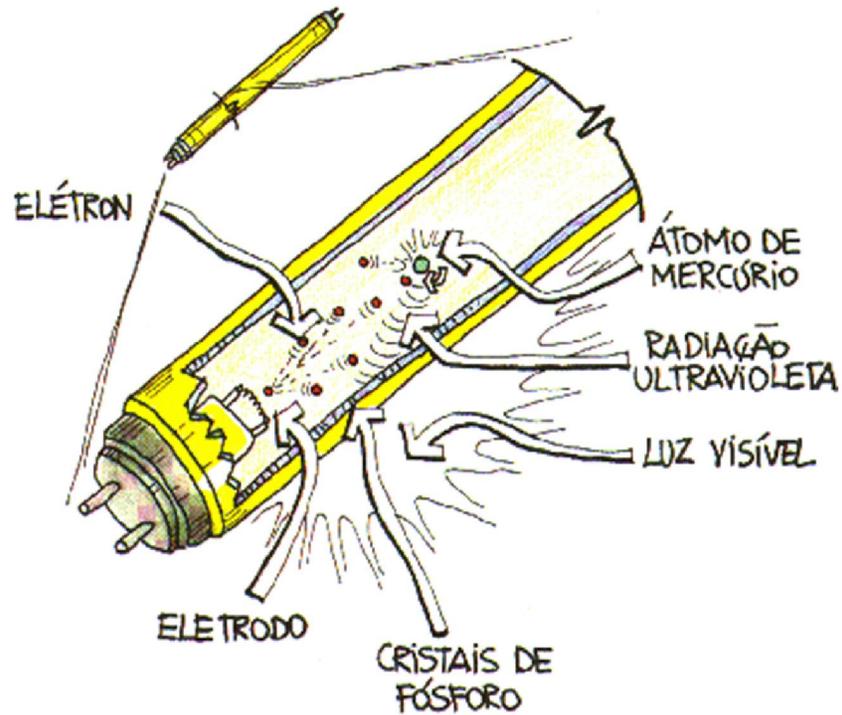


□ A descarga elétrica provocada no interior da lâmpada produz uma radiação ultravioleta que, em presença do material fluorescente existente nas paredes do bulbo (cristais de fósforo), transforma-se em luz visível

*Entende-se por fluorescência a propriedade que algumas substâncias possuem, após serem excitadas com radiação de baixo comprimento de onda, resultando na emissão de radiação de maior comprimento de onda

Lâmpadas Fluorescentes

✓ Simulação



Lâmpadas Fluorescentes

✓ Todas as lâmpadas de descarga, com exceção das lâmpadas de mercúrio de alta pressão, necessitam de uma **tensão superior à da rede para iniciar a descarga**, por isso são utilizados equipamentos auxiliares para ajudar na partida dessas lâmpadas (**REATOR E/OU IGNITOR - Starter**).

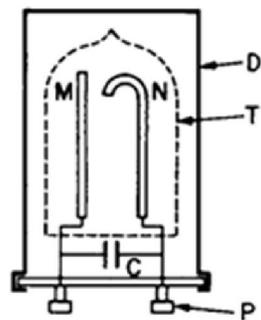
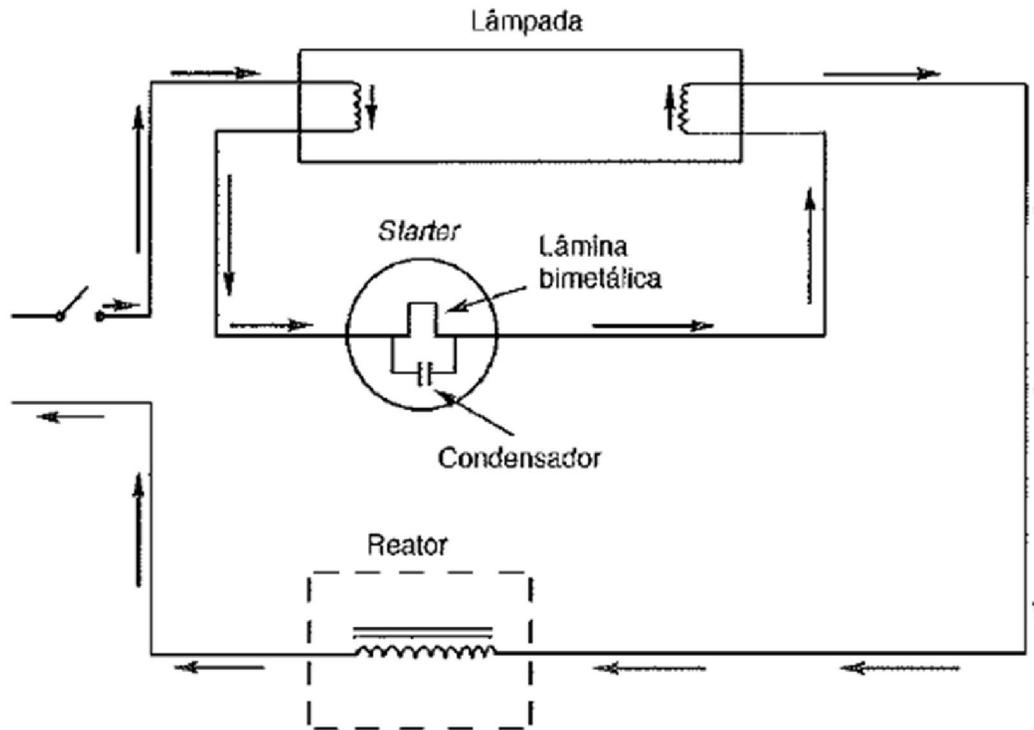
✓ Para as lâmpadas fluorescentes existem atualmente três tipos de REATORES:

- Eletromagnético para partida convencional;
- Eletromagnético para partida rápida;
- Eletrônico.



Lâmpadas Fluorescentes

✓ Reator eletromagnético para partida convencional – Funcionamento

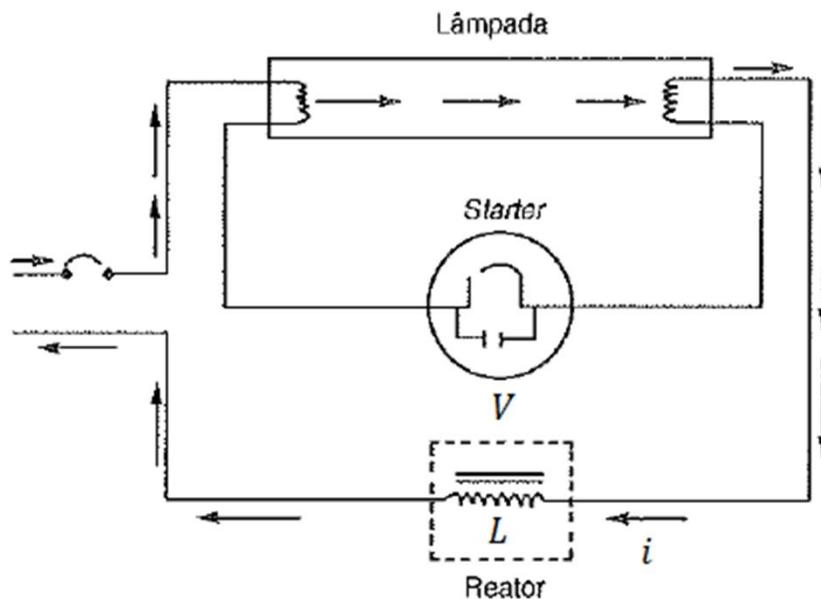


- C – Capacitor;
- D – Capa cilíndrica de proteção;
- M – Eletrodo fixo;
- N – Lâmina bimetálica recurvada;
- P – Terminais;
- T – Tubo de vidro.

❑ Etapa 1: **Ignição** – Ao se energizar o circuito através da chave, a tensão da rede elétrica é suficiente para produzir um arco elétrico entre os dois eletrodos do *starter*. O calor gerado pelo arco faz distender a lâmina bimetálica estabelecendo o contato elétrico direto entre os eletrodos do *starter*. Este processo fornece a corrente de pré-aquecimento dos eletrodos da lâmpada.

Lâmpadas Fluorescentes

✓ Reator eletromagnético para partida convencional – Funcionamento

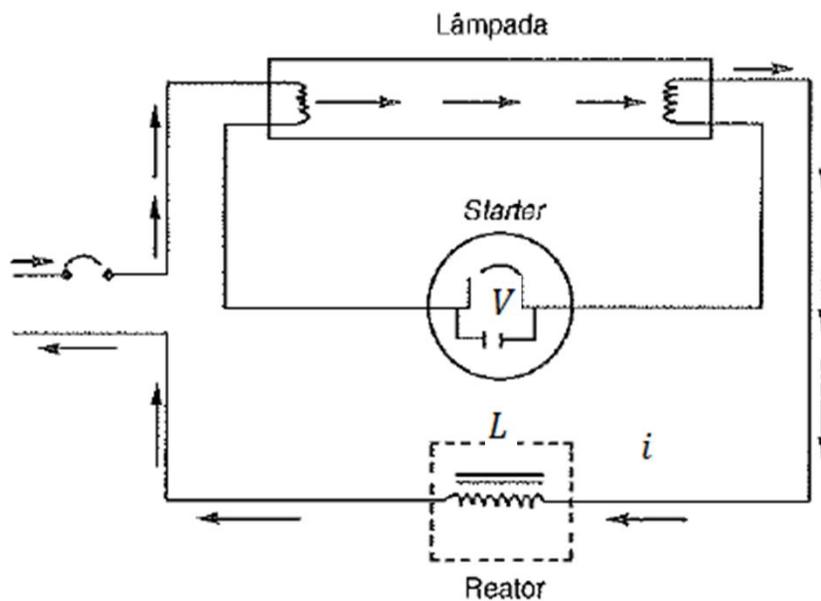


$$V = L * \frac{di}{dt}$$

❑ Etapa 2: **Acendimento** – Como não existe mais o arco elétrico entre os eletrodos do *starter* após o contato elétrico direto entre eles, a lâmina bimetálica resfria-se voltando à posição original e, conseqüentemente, interrompe abruptamente a corrente no circuito de partida. Esta interrupção abrupta é responsável pela produção de sobretensão entre as extremidades do reator. Finalmente, inicia-se o processo de acendimento da lâmpada (segundo descrito no slide 19) em virtude da sobretensão gerada entre os eletrodos da lâmpada estar acima do nível de tensão da rede elétrica.

Lâmpadas Fluorescentes

✓ Reator eletromagnético para partida convencional – Reator



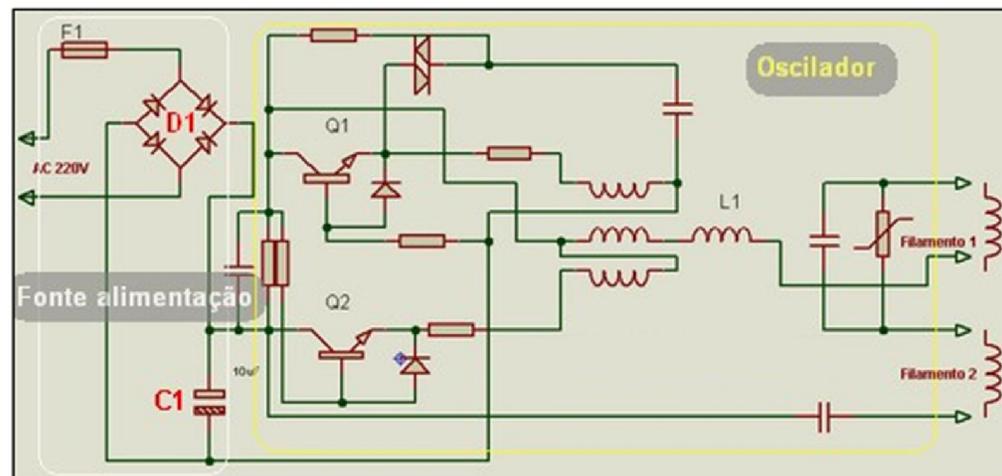
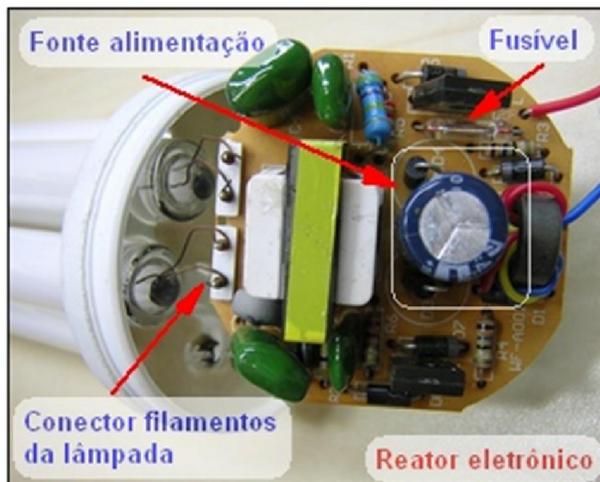
➤ Como a resistência oposta ao deslocamento de elétrons é muito pequena, a tendência da corrente é se elevar muito, porém o reator age como elemento limitador da corrente, pois nada mais é do que uma impedância.

➤ O reator é uma bobina com núcleo de ferro ligada em série e tem dupla função: produzir a sobretensão e limitar a corrente. Atualmente são mais utilizados os reatores eletrônicos.

Lâmpadas Fluorescentes

✓ Reator eletromagnético Eletrônico – Funcionamento

□ A corrente elétrica AC (tensão da rede igual a 220V) após passar pelo fusível (F1) é aplicada na ponte retificadora (D1) composta por quatro diodos 1N4007. Transformada em corrente DC é filtrada pelo capacitor eletrolítico (C1) de 10uF/400V. Neste ponto tem-se aproximadamente 380V que será aplicado ao circuito oscilador formado por dois transistores 13003 (Q1 e Q2). O circuito oscilador é responsável em produzir uma corrente pulsada de alta frequência que é aplicada aos filamentos da lâmpada fluorescente fazendo-a acender.



Lâmpadas Fluorescentes

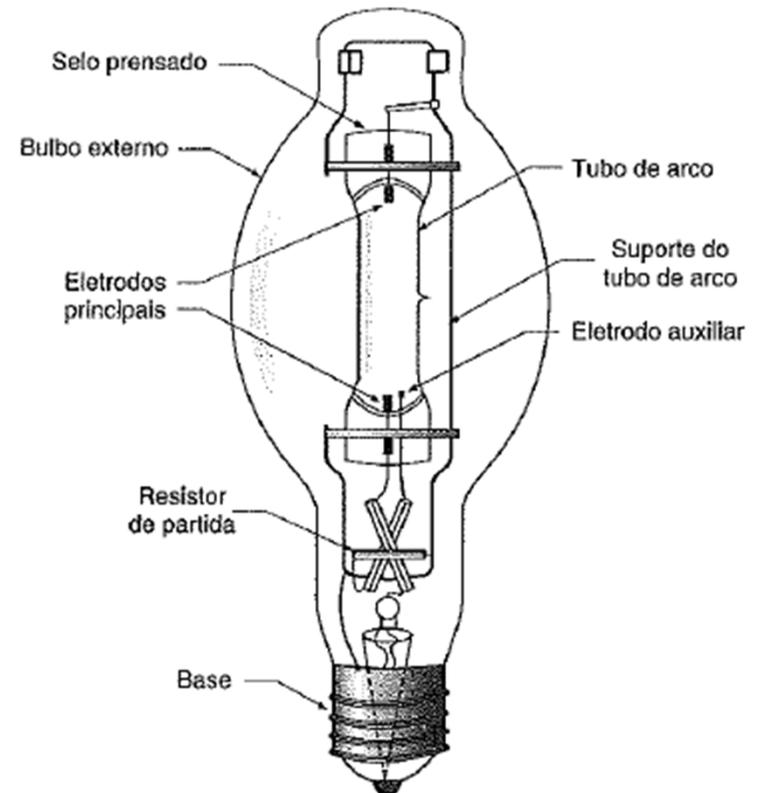
✓ **Modelos:** As lâmpadas fluorescentes possuem um ótimo rendimento, porém não permitem o destaque perfeito das cores. Entre as suas grandes vantagens estão a **elevada eficiência luminosa e a vida útil prolongada.**



Vapor de Mercúrio (Alta pressão)

✓ A lâmpada a vapor de mercúrio utiliza o princípio da descarga elétrica através de gases, de forma semelhante à luz fluorescente.

✓ Basicamente, consta de um bulbo de vidro duro (tipo borossilicato ou nonex) que encerra em seu interior um **tubo de arco**, onde será produzido o efeito luminoso. Dentro deste tubo existe mercúrio e uma pequena quantidade de argônio, que são vaporizados a alta pressão.

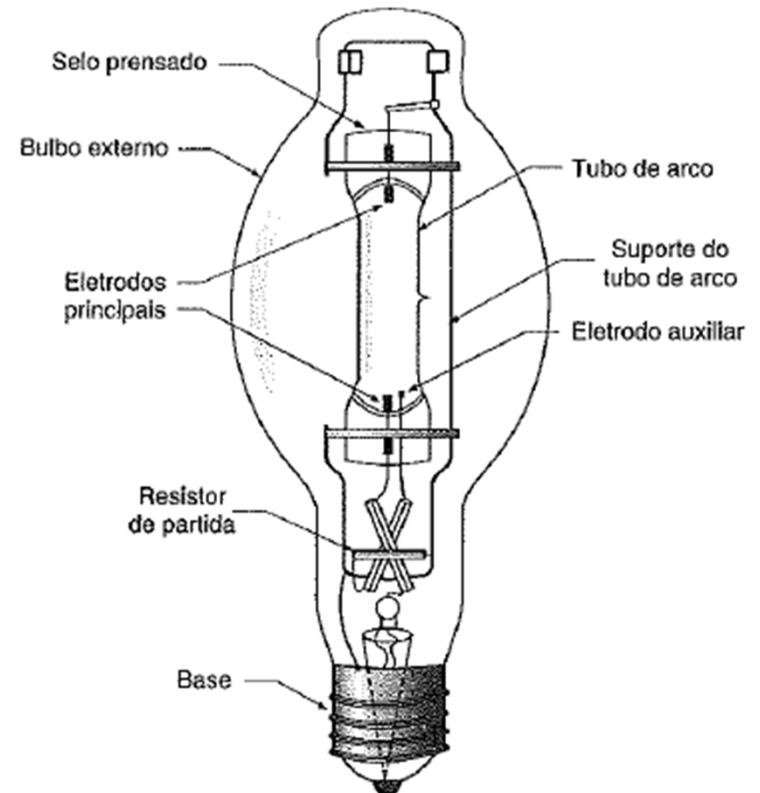


Vapor de Mercúrio (Alta pressão)

✓ Equipamento Auxiliar

❑ **Reator:** Do mesmo modo que a lâmpada fluorescente, a lâmpada a vapor de mercúrio exige um reator cujas finalidades são conectar a lâmpada à rede e limitar a corrente de operação.

❑ **Resistor de partida:** É uma resistência elétrica de alto valor (cerca de $40k\Omega$) cuja finalidade é interromper a corrente de partida através do eletrodo auxiliar, criando um caminho de alta impedância para o eletrodo auxiliar. Esta resistência é parte integrante da lâmpada.

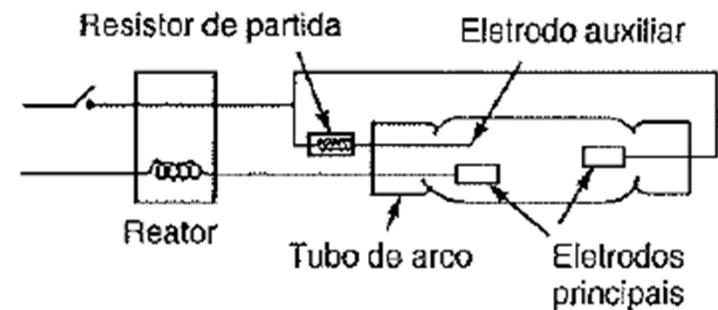


Vapor de Mercúrio (Alta pressão)

✓ Funcionamento:

1. Fechando o contato do interruptor, uma tensão é aplicada entre o eletrodo principal e o eletrodo auxiliar, formando-se um arco elétrico. Este arco ioniza o argônio que aquece o tubo de arco e vaporiza o mercúrio. O vapor de mercúrio formado possibilita o aparecimento de um arco entre os eletrodos principais, e o impacto dos elétrons do arco com os átomos de mercúrio **libera energia luminosa***.

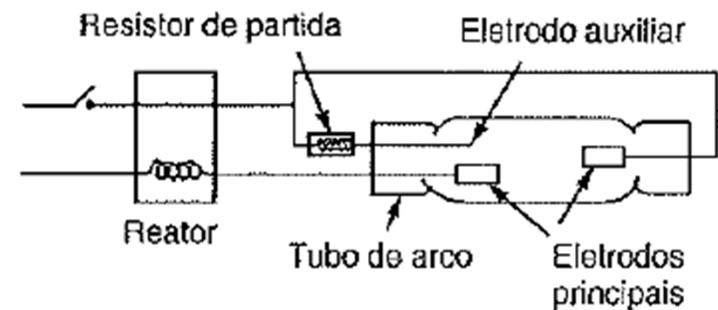
* Sem necessidade de material fluorescente



Vapor de Mercúrio (Alta pressão)

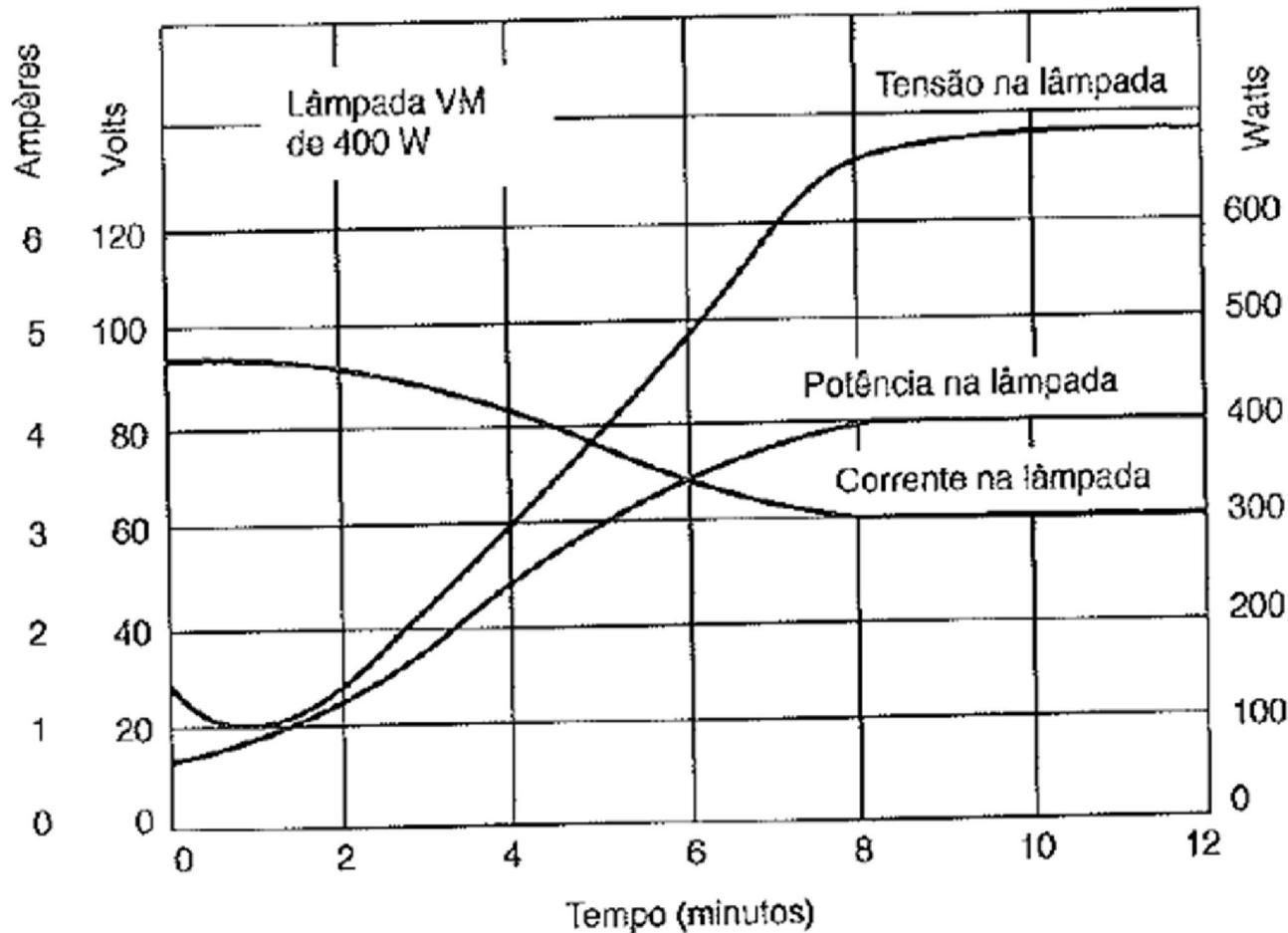
✓ Funcionamento:

- Depois de iniciada a descarga entre os eletrodos principais, deixa de existir a descarga entre o eletrodo principal e o auxiliar, em virtude da grande resistência oposta pelo resistor de partida. O calor desenvolvido pela descarga principal e o aumento da pressão no tubo do arco fazem vaporizar o restante do mercúrio que ainda estiver no estado líquido, e assim a lâmpada atinge sua luminosidade máxima.



Vapor de Mercúrio (Alta pressão)

✓ **Características de partida:** Lâmpada VM de 400W, da *General Electric*



Outros tipos

✓ **Vapor Metálico***: São lâmpadas de duplo contato, com um tubo de descarga de quartzo e um bulbo externo, também de quartzo, preenchido com mercúrio a alta pressão e uma mistura de vapores.



✓ **Multivapor metálico***: Possuem um tubo de descarga de quartzo no interior de um bulbo que pode ser ovóide ou tubular. O bulbo tubular é revestido com material fluorescente. São também produzidas com duplo contato.



✓ **Vapor de sódio***: As lâmpadas de vapor de sódio a alta pressão são as que apresentam a melhor eficiência luminosa e vida útil mais longa, entre todos os tipos de lâmpadas. Utilizam reator e ignitor para auxiliar na partida e levam alguns minutos para atingir 80% do fluxo luminoso total



✓ **Mista**: Possuem, ao mesmo tempo, características das lâmpadas incandescentes, fluorescentes e de vapor de mercúrio. O bulbo ovóide é revestido internamente com material fluorescente e contém um tubo de descarga a vapor de mercúrio que emite radiação visível e radiação ultravioleta invisível, que é convertida em luz visível através do revestimento interno.



* Necessitam de equipamento auxiliar de partida

Lâmpadas LED

✓ Consideradas as lâmpadas mais modernas – produto de última tecnologia. Convertem energia elétrica diretamente em energia luminosa, através de pequenos chips. É um produto ecologicamente correto, pois seu consumo de energia é muito baixo e apresenta uma vida extremamente longa. Devido a alta eficiência e ao baixo consumo **estão substituindo as lâmpadas fluorescentes no uso residencial e industrial.**



Lâmpadas LED

✓ Vantagens:

- **Durabilidade:** Possuem um tempo de vida útil em média de 50 mil horas. Se ligado durante 8 horas por dia alcança até 17 anos de uso. Comparado, por exemplo, com uma lâmpada Fluorescente Compacta esse tempo chega no máximo a 10 mil horas (fonte: INMETRO).
- **Fluxo Luminoso:** Praticamente não altera o brilho com o seu uso. Uma Fluorescente Compacta chega a perder 84% do seu fluxo luminoso após 2 mil horas de uso (fonte: INMETRO).
- **Não emite nenhuma radiação nociva**, como infravermelho (IR) e ultravioleta (UV). Isso faz com que os objetos iluminados por sua irradiação luminosa não sejam agredidos, a lâmpada não atrai insetos e não agride o meio ambiente (não contem mercúrio ou outros elementos pesados).
- **Compromisso com meio ambiente:** É considerado lixo comum, não demandando tratamento especial em sua fabricação ou descarte. Não tem em sua composição substâncias tóxicas, nem mercúrio, nem filamentos.
- **Não gera muito calor:** conversão de 90% a 95% da energia em luz.
- **A alta luminosidade** inerente à tecnologia LED acarreta em excelente eficiência energética (lm/W), produzindo um baixo consumo de energia.

Lâmpadas LED

✓ Vantagens:

- **Economia de energia** – Este é um ponto que sempre é bastante explorado e dependerá de qual tipo de lâmpada e projeto de iluminação se está comparando com uma luminária a LED. Normalmente é prevista uma economia de 10 a 30% (podendo chegar a uma economia ainda maior), porém dependerá de qual o resultado final é esperado para o ambiente.
- **Custo benefício:** Apesar dos LEDs possuírem um custo inicial elevado, a médio e longo prazo (1,5 a 10 anos – dependendo do valor do produto) todo este custo é recuperado.
- **Robustez:** Uma vez que as lâmpadas LEDs não têm filamento, e serem sólidas, estas suportam melhor as batidas e vibrações de transporte e manuseio.
- **É facilmente aplicável em circuitos com *dimmer*.** Nenhum outro sistema de iluminação possui essa facilidade sem afetar o desempenho.
- **Segurança:** Não oferece risco de fogo, explosão ou eletrocução, não gera campos de alta frequência ou eletromagnéticos, nem descarga de gases, além de não necessitar de reatores eletromagnéticos e soquetes especiais para a tecnologia.
- **Adaptação de luminárias já existentes:** Nem sempre a substituição imediata de uma lâmpada convencional por uma solução de LED é direta. No mercado encontram-se algumas soluções de “*retrofit*”, mas o ideal é quando se pode adequar a solução de forma a conseguir um resultado final com o efeito desejado a um preço mais em conta.

Lâmpadas LED

✓ Desvantagens:

- **Investimento e retorno em curto prazo:** Se comparar de forma imediatista certamente o preço de uma luminária de LED pode desmotivar a sua compra. Porém, “na ponta do lápis”, o investimento se paga em médio ou longo prazo. O preço desta tecnologia vem caindo a cada dia e já é possível encontrar uma redução de até 50% no preço de uma luminária em alguns fabricantes.

Lâmpadas LED

TABELA COMPARATIVA - PHILIPS

Lâmpadas Halógenas		X	Lâmpadas AmbientLED	
 35W	Halógena Mini Dicroica 35W Potência: 35W Vida útil: 2.000h Tensão: 12V Temperatura de cor: 2.800K Abertura de fecho: 36°	 ECONOMIA de até 80% DE ENERGIA DURA 12 VEZES MAIS	 7W	AmbientLED MR16 7W Potência: 7W Vida útil: 25.000h Tensão: 12V Temperatura de cor: luz suave 2.700K Abertura de fecho: 36° Dimerizável <i>Compatível com qualquer transformador do mercado</i>
 50W	Halógena Mini Dicroica 50W Potência: 50W Vida útil: 2.000h Tensão: 12V Temperatura de cor: 3.200K Abertura de fecho: 36° Dimerizável com transformador apropriado	 ECONOMIA de até 80% DE ENERGIA DURA 12 VEZES MAIS	 10W	AmbientLED MR16 10W Potência: 10W Vida útil: 25.000h Tensão: 12V Temperatura de cor: luz suave 2.700K Abertura de fecho: 36° Dimerizável <i>Compatível com qualquer transformador do mercado</i>

Lâmpadas LED

TABELA COMPARATIVA - PHILIPS

Lâmpadas Incandescentes e Halógenas		X	Lâmpadas MASTER LED	
 60W	Standard Incandescente Potência: 60W Vida útil: 1.000h Tensão: 127V e 220V Temperatura de cor: 2.700K Dimerizável		 12W	MASTER LED A19 Potência: 12W Vida útil: 25.000h Tensão: 110-130V e 220-240V Temperatura de cor: luz suave 2.700K Dimerizável
 50W	Halógena TwistLine Potência: 50W Vida útil: 2.000h Tensão: 127V Temperatura de cor: 2.800K Abertura de fecho: 20° Dimerizável		 7W	MASTER LED GU10 Potência: 7W Vida útil: 40.000h Tensão: 220-240V ou 100-240V (multitensão) Temperatura de cor: luz suave 2.700K Abertura de fecho: 25° (220-240V) 25° ou 40° (multitensão) Dimerizável (220-240V)
 50W	Halógena PAR20 Potência: 50W Vida útil: 2.500h Tensão: 127V ou 220V Temperatura de cor: 2.700K Abertura de fecho: 25° Dimerizável		 7W	MASTER LED PAR20 Potência: 7W Vida útil: 45.000h Tensão: 110-130V ou 220-240V Temperatura de cor: luz suave 2.700K Abertura de fecho: 25° Dimerizável

Lâmpadas LED

TABELA COMPARATIVA - PHILIPS

 <p>75W</p>	<p>Halógena PAR30S</p> <p>Potência: 75W</p> <p>Vida útil: 2.500h</p> <p>Tensão: 130V ou 220V</p> <p>Temperatura de cor: 2.900K</p> <p>Abertura de fecho: 30°</p> <p>Dimerizável</p>		 <p>12W</p>	<p>MASTER LED PAR30S</p> <p>Potência: 12W</p> <p>Vida útil: 45.000h</p> <p>Tensão: 110-130V ou 220-240V</p> <p>Temperatura de cor: luz suave 2.700K</p> <p>Abertura de fecho: 25°</p> <p>Dimerizável</p>
 <p>75W e 100W</p>	<p>Halógena PAR38</p> <p>Potência: 75W (110V) 100W (220V)</p> <p>Vida útil: 2.500h</p> <p>Tensão: 130V ou 220V</p> <p>Temperatura de cor: 2.900K</p> <p>Abertura de fecho: 30°</p> <p>Dimerizável</p>		 <p>17W e 18W</p>	<p>MASTER LED PAR38</p> <p>Potência: 17W 18W</p> <p>Vida útil: 45.000h</p> <p>Tensão: 110-130V (17W) e 220-240V (18W)</p> <p>Temperatura de cor: luz suave 2.700K</p> <p>Abertura de fecho: 25°</p> <p>Dimerizável</p>

Observações: • Equivalência especificada na tensão 220V.
• Pela frequência da renovação desta tecnologia os produtos podem sofrer alterações em suas especificações.

Lâmpadas Fluorescentes Convencionais

X

Lâmpadas **MASTER LEDtube**

 <p>18W e 36W</p>	<p>TLD</p> <p>Potência: 18W e 36W</p> <p>Vida útil: 7.500h</p> <p>Tensão: 110V ou 220V (com reator)</p> <p>Temperatura de cor: 4.000K</p> <p>Uso com reator eletrônico</p>		 <p>11W e 22W</p>	<p>MASTER LEDtube</p> <p>Potência: 11W e 22W</p> <p>Vida útil: 40.000h</p> <p>Tensão: 100-240V (multitensão)</p> <p>Temperatura de cor: 4.000K ou 6.500K</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Observação: Pela frequência da renovação desta tecnologia os produtos podem sofrer alterações em suas especificações.

Lâmpadas LED – Análise Econômica – Instalação com 100 lâmpadas

Lâmpada	Potência (W)	Fluxo Lum. (Lm)	Custo unit. (R\$)	Custo inicial (R\$)	Custo anual ¹ (R\$)	Vida útil (h)
LED	12	1080	58,00	100*58 R\$5.800,00	$8*30*0,012*100*0,55*12$ 1900,80	40000
Fluorescente	25	1352	10,00	100*10 R\$1.000,00	$8*30*0,025*100*0,55*12$ 3960,00	6000



¹Imaginando-se uma instalação comercial com uso de 8 horas por dia, por 30 dias, 100 lâmpadas, tarifa de R\$0,55/kWh (impostos incluídos).

Fonte: http://www.worldled.com.br/produto.php?cod_produto=3305679

Fonte: http://www.flc.com.br/produto/59/64/13/Eletr%C3%B4nicos-3U_15W_%7C_20W_%7C_25W-3U#.UwbLk_IdWck

Lâmpadas LED – Análise Econômica – Instalação com 100 lâmpadas

Lâmpada	Potência (W)	Fluxo Lum. (Lm)	Custo unit. (R\$)	Custo inicial (R\$)	Custo anual ¹ (R\$)	Vida útil (h)
LED	12	1080	58,00	100*58 R\$5.800,00	8*30*0,012*100*0,55*12 1900,80	40000
Fluorescente	25	1352	10,00	100*10 R\$1.000,00	8*30*0,025*100*0,55*12 3960,00	6000

Segundo o Inmetro, em um ensaio laboratorial entre diversas lâmpadas fluorescentes compactas, a maioria apresentou uma redução média em torno de 30% do seu fluxo luminoso inicial, após 2000h.

1352lm --- 947lm

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/fluorescentes.asp>

Lâmpadas LED – Análise Econômica – Instalação com 100 lâmpadas

Lâmpada	Potência (W)	Fluxo Lum. (Lm)	Custo unit. (R\$)	Custo inicial (R\$)	Custo anual ¹ (R\$)	Vida útil (h)
LED	12	1080	58,00	100*58 R\$5.800,00	$8*30*0,012*100*0,55*12$ 1900,80	40000
Fluorescente	25	1352	10,00	100*10 R\$1.000,00	$8*30*0,025*100*0,55*12$ 3960,00	6000

Após as 2.000 horas necessárias para a realização dos demais ensaios, o laboratório fez um levantamento da quantidade de lâmpadas queimadas, por marca. Neste caso, a conformidade das lâmpadas foi verificada em relação ao tempo de vida declarado na embalagem do produto pelos fabricantes/importadores. Nas marcas analisadas, esse tempo variou de 5.000 a 10.000 horas. A Norma não estabelece nenhum parâmetro relacionado à vida útil deste tipo de lâmpada.

Ao término do ensaio verificou-se que muitas das lâmpadas queimaram e que, em alguns casos, o índice de queima atingiu **90%**.

Das **11 (onze)** marcas analisadas, **apenas quatro** não tiveram nenhuma das suas lâmpadas queimadas durante o ensaio.

Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/fluorescentes.asp>

Lâmpadas LED – Análise Econômica – Instalação com 100 lâmpadas

Lâmpada	Potência (W)	Fluxo Lum. (Lm)	Custo unit. (R\$)	Custo inicial (R\$)	Custo anual ¹ (R\$)	Vida útil (h)
LED	12	1080	58,00	100*58 R\$5.800,00	$8*30*0,012*100*0,55*12$ 1900,80	40000
Fluorescente	25	1352	10,00	100*10 R\$1.000,00	$8*30*0,025*100*0,55*12$ 3960,00	6000

Lâmpada	Ano	Cálculo (R\$)	Total gasto (R\$)
LED	1	5.800,00+1.900,80	7.700,80
LED	2	7.700,80+1.900,80	9.601,60
LED	3	9.601,60+1900,80	11.502,40
Fluorescente	1	1.000,00+3.960	4.960,00
Fluorescente	2	4.960,00+3.960,00	8.920,00
Fluorescente	3	8.920,00+3960+ 1.000,00	13.880,00

1 ano, 8 horas por dia, tem-se: 2880 h

Aplicações



Parte 2 – Instalações Elétricas Prediais
Prof. Alex Vilarindo Menezes

Aplicações – Ruas e Avenidas



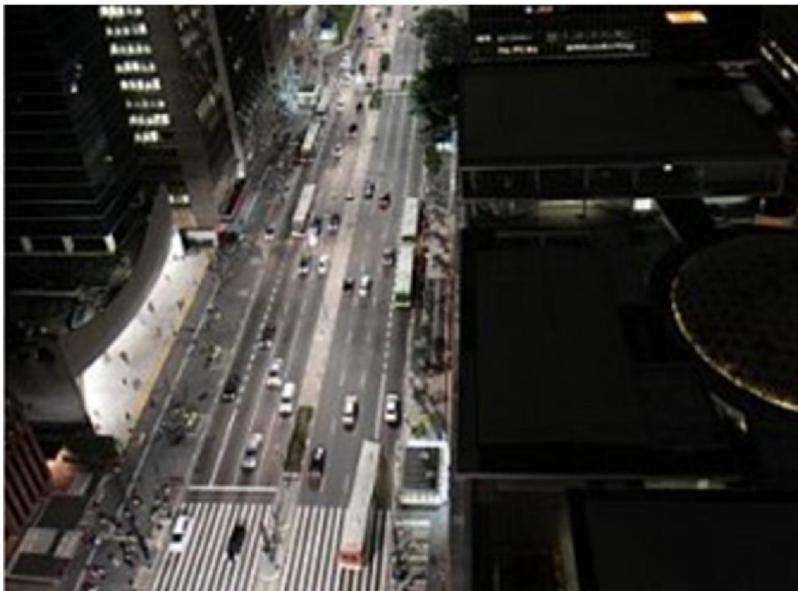
Vapor de Sódio



Vapor Metálico

Eficiência Energética
IRC

Aplicações – Avenida Paulista (Substituição)



Vapor Metálico

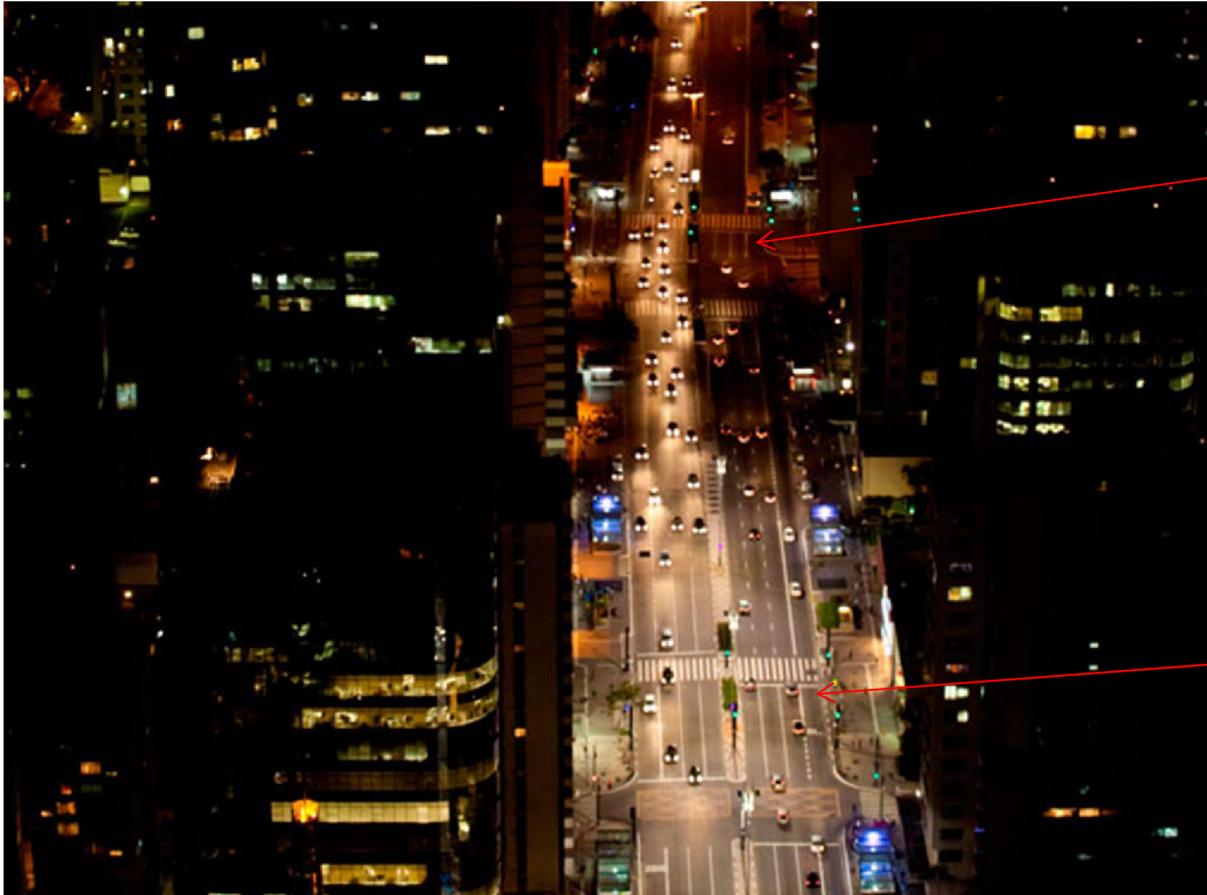
A principal diferença está nas novas lâmpadas, que devem proporcionar a redução de consumo energético em **60%**, o equivalente a uma economia de aproximadamente **R\$100 mil por ano**, segundo estimativa da Eletropaulo.

Outro benefício está no nível de iluminância. Segundo a Philips, fornecedora das lâmpadas, a média na pista da avenida é de 12 lux, mas com o novo sistema o nível será de 48 lux, ou seja, um aumento de **300%** nos níveis de luminosidade. Além disso, o projeto contempla a **iluminação das calçadas**, que passará de 4 lux para 20 lux, o equivalente a um aumento de **400%** nos níveis de luminosidade.



Vapor de Sódio

Aplicações – Avenida Paulista (Substituição)



Iluminação a Vapor de Sódio

Iluminação a Vapor Metálico

Aplicações – Ruas e Avenidas



Vapor de Sódio

Aplicações - Praças

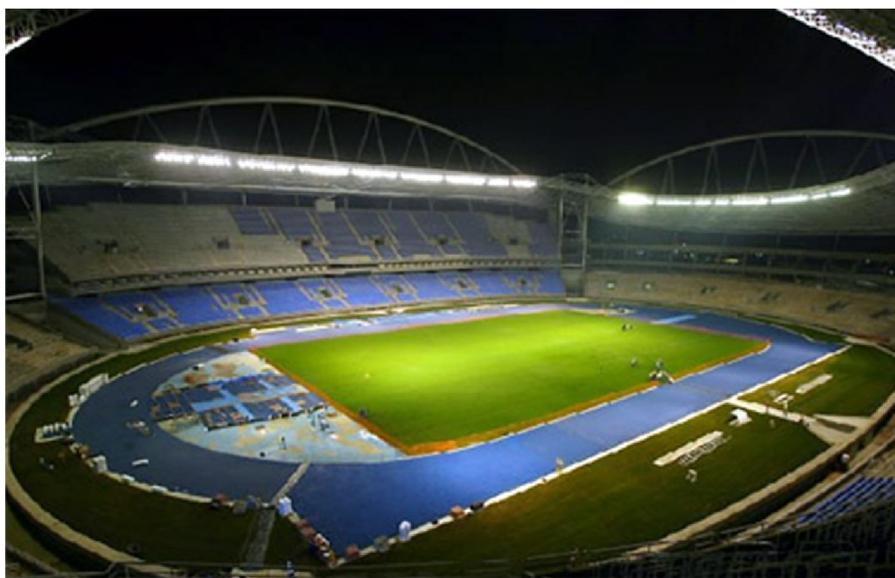


Vapor Metálico

Aplicações – Estádios e Ginásios



Vapor Metálico



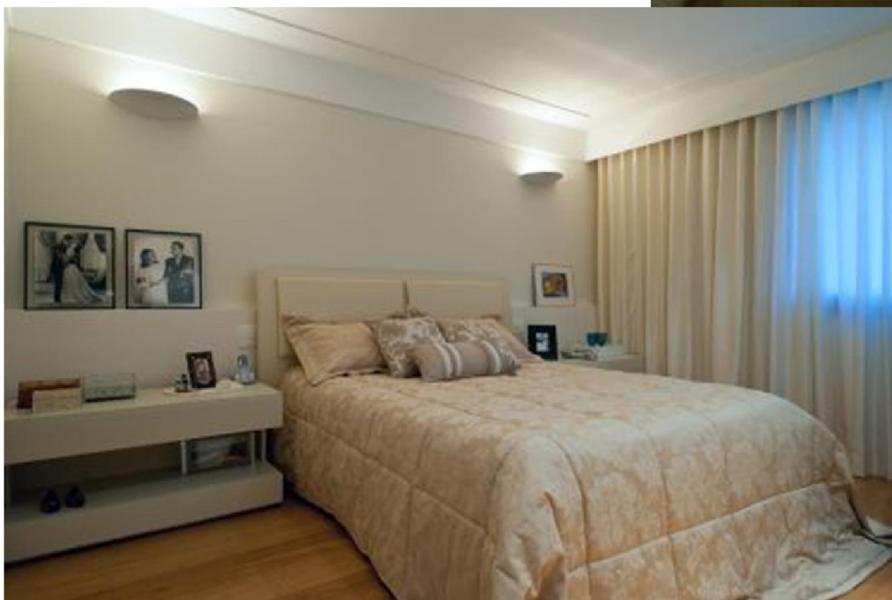
Vapor Metálico

Aplicações – Lojas



Vapor Metálico

Aplicações – Residências



Fluorescente

Aplicações – Lojas



Fluorescente

Aplicações – Comparação: Sódio 150W x LED 60W



Classificação das luminárias

✓ As luminárias para iluminação de interiores podem ser classificadas em função da distribuição espacial do fluxo luminoso emitido, que passa acima ou abaixo de um plano horizontal que atravessa o centro do plano de referência. Essa distribuição, denominada de **Curva de Distribuição Luminosa**, representa a intensidade luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada em um plano, conforme é especificado na tabela abaixo:

Classificação das luminárias para iluminação de interiores

Classificação	Distribuição do Fluxo Luminoso (%)	
	Para o semi-espço superior	Para o semi-espço inferior
Direta	0 - 10	90 - 100
Semidireta	10 - 40	60 - 90
Mista	40 - 60	40 - 60
Semi-indireta	60 - 90	10 - 40
Indireta	90 - 100	0 - 10

Classificação das luminárias

✓ **Iluminação Direta:** Quando o fluxo luminoso é dirigido diretamente ao plano de trabalho.



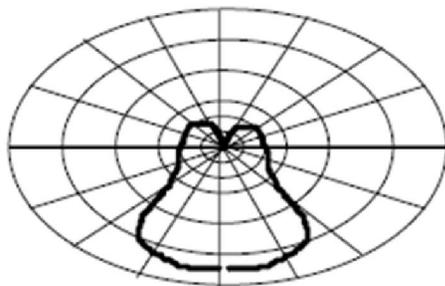
Classificação das luminárias

✓ **Iluminação Indireta:** Quando o fluxo luminoso é dirigido diretamente na direção oposta ao plano de trabalho, atingindo-o somente por reflexão. Normalmente utilizado para provocar efeito decorativo.



Classificação das luminárias

✓ **Iluminação Semidireta ou difusa:** Meio termo entre as duas situações anteriores: Uma parte da luz reflete e outra vai direto ao ponto a ser iluminado, embora predomine o efeito direto.

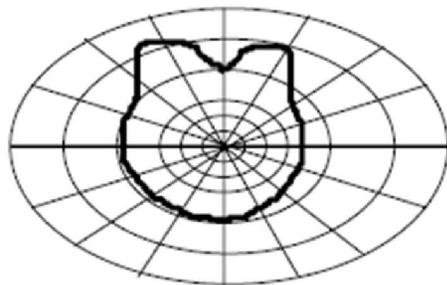


Iluminação semidireta



Classificação das luminárias

✓ **Iluminação Semi-Indireta** : Quando parte do fluxo luminoso chega ao plano de trabalho por efeito indireto e a outra parte é dirigida ao mesmo. Nesse caso, o efeito indireto predomina.

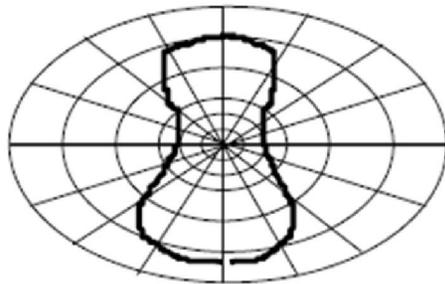


Iluminação semi - indireta



Classificação das luminárias

✓ **Iluminação Mista** : O fluxo luminoso atinge o plano de trabalho proporcionalmente, de forma direta e indireta, não havendo predominância de nenhum dos tipos de iluminação.



Iluminação mista



Projeto de iluminação

✓ O projeto de iluminação de um estabelecimento envolve algumas decisões preliminares relativas ao **local** (residência, ginásio, loja, indústria) e ao **tipo de atividade** que será desenvolvida (trabalho bruto, atividades minuciosas que exijam iluminamento intenso, etc.), sendo necessário determinar:

1. O tipo de lâmpada para os ambientes: fluorescente, LED, etc.
2. O tipo de iluminação: direta, indireta, semidireta, semi – indireta.
3. As dimensões do local e as cores do teto, parede e piso.
4. As alturas das mesas, bancadas de trabalho ou máquinas a serem operadas, conforme o caso.
5. A possibilidade de fácil manutenção das luminárias.

✓ A primeira etapa na elaboração de um projeto luminotécnico é a determinação do nível de iluminamento ou da iluminância (designação adotada pela NBR-5413), que pode ser obtido nas tabelas específicas ou de acordo com o método apresentado a seguir.

Projeto de iluminação

✓ **Pode-se determinar o número de luminárias necessárias para produzir determinado iluminamento das seguintes maneiras:**

- Pela carga mínima exigida por normas – Iluminação residencial;
- Pelo **Método dos Lúmens (PHILIPS e GE)**;
- Pelo Método das cavidades zonais;
- Pelo método do **Ponto a Ponto**.

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

✓ A Philips do Brasil publicou, em Setembro de 1983, um folheto intitulado Cálculo de Iluminação Interna, fruto de sua larga experiência em iluminação e na elaboração dos mais variados projetos, surgindo, então, as **tabelas dos fatores de utilização**.

✓ Passos para elaboração do projeto luminotécnico, segundo prescrições da Philips:

1. Selecionar a iluminância desejada (NBR 5413:1992), seguida da escolha da luminária, lâmpada e reator;
2. Definir o fator do local (K);
3. Encontrar, a partir de K e do fator de reflexão, o fator de utilização (u);
4. Adotar um fator de depreciação (d);
5. Determinar o **Fluxo Luminoso Total** (Φ);
6. Em seguida, encontra-se a quantidade de luminárias (N);
7. Avaliação do consumo energético.

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

1. Selecionar a iluminância desejada (NBR 5413:1992)

Esta norma estabelece um procedimento para a escolha da **iluminância**, a qual pode ser escolhida pelas **classes de tarefas visuais** ou pelo **tipo de atividade**:

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

5.3.3 Auditórios e anfiteatros

- tribuna	300 - 500 - 750
- platéia	100 - 150 - 200
- sala de espera	100 - 150 - 200
- bilheterias	300 - 150 - 750

5.3.3 Bancos

- atendimento ao público	300 - 500 - 750
- máquinas de contabilidade	300 - 500 - 750
- estatística e contabilidade	300 - 500 - 750
- salas de datilógrafas	300 - 500 - 750
- salas de gerentes	300 - 500 - 750

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

1. Selecionar a iluminância desejada (NBR 5413:1992)

Esta norma estabelece um procedimento para a escolha da **iluminância**, a qual pode ser escolhida pelas **classes de tarefas visuais** ou pelo **tipo de atividade**:

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas intermitentemente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo;
B Iluminação geral para áreas de trabalho	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de precisão
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Para a escolha da iluminância em determinado problema, deve-se atender aos três fatores relacionados:

❖ **Idade do observador**

❖ **Velocidade e precisão exigidas na operação**

❖ **Refletância da superfície onde se desenvolve a tarefa**

5.3.3 Auditórios e anfiteatros

- tribuna	300 - 500 - 750
- platéia	100 - 150 - 200
- sala de espera	100 - 150 - 200
- bilheterias	300 - 150 - 750

5.3.3 Bancos

- atendimento ao público	300 - 500 - 750
- máquinas de contabilidade	300 - 500 - 750
- estatística e contabilidade	300 - 500 - 750
- salas de datilógrafas	300 - 500 - 750
- salas de gerentes	300 - 500 - 750

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

1. Selecionar a iluminância desejada (NBR 5413:1992)

Procede-se da seguinte maneira:

a) Determina-se o peso (-1, 0 ou +1) correspondente a cada característica.

Por exemplo:

- Operários, em média, com menos de 40 anos: **-1**
- A precisão é importante: **0**
- O fundo onde se desenvolve a operação tem uma refletância de 30 a 70%: **0**

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

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

1. Selecionar a iluminância desejada (NBR 5413:1992)

Procede-se da seguinte maneira:

b) Soma-se algebricamente os valores encontrados: $- 1 + 0 + 0 = - 1$

c) Se o valor total for igual a -2 ou -3, usa-se a iluminância mais baixa do grupo da tabela (classe de tarefas visuais ou por tipo de atividade). Se a soma for igual a +2 ou +3, usa-se o maior valor da iluminância. Nos demais casos, usa-se o valor central.

5.3.14 Escritórios

- escritórios de:

. registros, cartografia, etc. 750 - 1000 - 1500

. desenho, engenharia mecânica e arquitetura 750 - 1000 - 1500

. desenho decorativo e esboço .. 300 - 500 - 750

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

1. Selecionar a iluminância desejada (NBR 5413:1992)

“Em todos os casos, sempre que possível, o valor médio das iluminâncias deve ser adotado”

O valor **mais alto** das três iluminâncias pode ser adotado quando:

- A tarefa se apresenta com refletâncias e contrastes bastante baixos;
- Os erros são de difícil correção;
- O trabalho visual é crítico;
- Alta produtividade ou precisão é de grande importância;
- A capacidade visual do observador está abaixo da média.

O valor **mais baixo** das três iluminâncias pode ser adotado quando:

- As refletâncias ou contrastes são relativamente altos;
- A velocidade e/ou precisão não são importantes;
- A tarefa é executada ocasionalmente.

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

2. Definir o fator do local (K)

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

Onde:

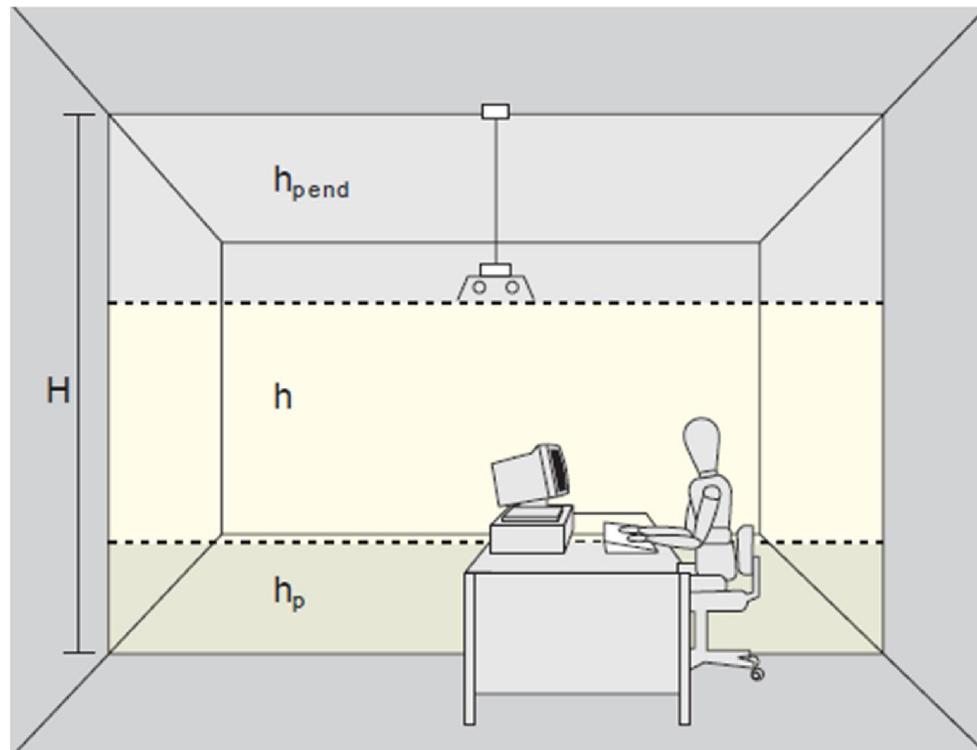
C : Comprimento do local

L : Largura do local

h : Altura da luminária ao plano de trabalho

$$h = H - h_p - h_{pend}$$

$$h_p = 0,75m$$



Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

3. Encontrar, a partir do fator do local e do fator de reflexão, o fator de utilização (u)

Fatores de reflexão ou refletâncias (Tabelas)

Para superfícies de um modo geral

Superfícies brancas	70%
Superfícies claras	50%
Superfícies medianamente claras	30%
Superfícies escuras	10%
Absorção total	0%

Considerando as cores dos revestimentos

Branco	75 a 85 %
Marfim	63 a 80 %
Creme	56 a 72 %
Amarelo claro	65 a 75 %
Marrom	17 a 41 %
Verde claro	50 a 65 %
Verde escuro	10 a 22 %
Azul claro	50 a 60 %
Rosa	50 a 58 %
Vermelho	10 a 20 %
Cinzeno	40 a 50 %

Considerando as cores dos revestimentos das paredes e do teto

Teto branco	75%
Teto claro	50%
Paredes brancas	50%
Paredes claras	30%
Paredes medianamente claras	10%

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

3. Encontrar, a partir do fator do local e do fator de reflexão, o fator de utilização (u)

A partir das tabelas pré-definidas pelos fabricantes de luminárias, encontra-se o fator de utilização u através do fator do local K e da refletância do ambiente, ou seja:



TCS 029 – 2 TLD 32W

ROOM INDEX K	REFLETÂNCIAS								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,60	0,29	0,24	0,31	0,28	0,24	0,21	0,24	0,21	0,20
0,80	0,34	0,30	0,27	0,34	0,30	0,27	0,29	0,26	0,25
1,00	0,39	0,35	0,32	0,38	0,34	0,31	0,34	0,31	0,30
1,25	0,43	0,39	0,36	0,42	0,39	0,36	0,38	0,36	0,34
1,50	0,46	0,43	0,40	0,45	0,42	0,39	0,41	0,39	0,38
2,00	0,51	0,48	0,45	0,50	0,47	0,45	0,46	0,44	0,43
2,50	0,54	0,51	0,49	0,53	0,50	0,48	0,49	0,48	0,46
3,00	0,56	0,53	0,51	0,54	0,52	0,51	0,52	0,50	0,49
4,00	0,58	0,56	0,54	0,57	0,55	0,54	0,54	0,53	0,51
5,00	0,59	0,58	0,56	0,58	0,57	0,55	0,56	0,55	0,53

Na tabela ao lado a refletância é definida por um código de 3 números, os quais são:

- O primeiro refere-se à reflexão do teto;
- O segundo, refere-se à reflexão das paredes;
- O terceiro, refere-se à reflexão do piso.

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

4. Adotar um fator de depreciação (d)

Leva em consideração a diminuição do fluxo luminoso de uma luminária provocado pela utilização das lâmpadas, pela poeira e sujeira que se depositam e pelo escurecimento progressivo das paredes e teto. Desse modo, pode-se adotar a tabela abaixo, fazendo uma hipótese quanto ao número de horas do período de manutenção:

Ambiente	Período de Manutenção		
	2500 h	5000 h	7500 h
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

5. Determinar o **Fluxo Luminoso Total** (Φ)

$$\Phi = \frac{E \times S}{u \times d} \quad (\text{lúmens})$$

6. Finalmente, encontra-se a quantidade de luminárias (N)

$$N = \frac{\Phi}{\varphi}$$

Onde:

φ : Produto do fluxo luminoso de uma lâmpada pelo número de lâmpadas da luminária

S : Área do local (CxL)

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

7. Avaliação do consumo energético

Potência total instalada (P_t): Somatório de todos os aparelhos instalados na iluminação

$$P_t = N \cdot P_{LR} \text{ (W)}$$

Onde:

N = Número de luminárias

P_{LR} = Potência do conjunto lâmpada + reator

Densidade de potência (D): Potência total instalada para cada metro quadrado

$$D = P_t / S \text{ (W/m}^2\text{)}$$

Densidade relativa (D_r): Densidade de potência total instalada para cada 100 lux de iluminância

$$D_r = (D \cdot 100) / E' \text{ (W/m}^2\text{ por 100 lux)}$$

Onde:

E' = Iluminamento final obtido

$$\Phi = \frac{E \times S}{u \times d}$$

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

Exemplo prático 1: Projetar adequadamente a iluminação de um escritório de engenharia, com 18 m de comprimento, 10 m de largura e 3 m de pé-direito (considerar altura do plano de trabalho igual 0,75 m). O teto é branco, as paredes são claras, o piso é escuro, com período de manutenção de 5000 h em um ambiente normal.

Dados:

Tipo de luminária: Embutida no teto, TCS 029 – TLD 2x32W

Comprimento = 1,2 m

Largura = 0,18 m

Tipo de lâmpada: Fluorescente TLDRS HF Electronic

32W, 2700lm, IRC 66, 4100K

Pot. Reator: 6W



Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

Exemplo prático 1: Resolução

1. Iluminância desejada (E)
2. Fator do local (K)
3. Fator de utilização (u)
4. Fator de depreciação (d)
5. Fluxo luminoso total (Φ)
6. Quantidade de luminárias (N)
7. Avaliação do consumo energético

Para superfícies de um modo geral

Superfícies brancas	70%
Superfícies claras	50%
Superfícies medianamente claras	30%
Superfícies escuras	10%
Absorção total	0%

Dados:

Tipo de luminária: TCS 029 – TLD 2x32W

Tipo de lâmpada: Fluorescente TLDRS HF Electronic,
32W, 2700lm, IRC 66, 4100K

TCS 029 – 2 TLD 32W

ROOM INDEX K	REFLETÂNCIAS								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,60	0,29	0,24	0,31	0,28	0,24	0,21	0,24	0,21	0,20
0,80	0,34	0,30	0,27	0,34	0,30	0,27	0,29	0,26	0,25
1,00	0,39	0,35	0,32	0,38	0,34	0,31	0,34	0,31	0,30
1,25	0,43	0,39	0,36	0,42	0,39	0,36	0,38	0,36	0,34
1,50	0,46	0,43	0,40	0,45	0,42	0,39	0,41	0,39	0,38
2,00	0,51	0,48	0,45	0,50	0,47	0,45	0,46	0,44	0,43
2,50	0,54	0,51	0,49	0,53	0,50	0,48	0,49	0,48	0,46
3,00	0,56	0,53	0,51	0,54	0,52	0,51	0,52	0,50	0,49
4,00	0,58	0,56	0,54	0,57	0,55	0,54	0,54	0,53	0,51
5,00	0,59	0,58	0,56	0,58	0,57	0,55	0,56	0,55	0,53

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

Exemplo prático: Resolução

1. Iluminância desejada (E) = 1000 lux

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

2. Fator do local (K) = 2,857 \approx 3

3. Fator de utilização (u) = 0,56 (Refletância - 751)

4. Fator de depreciação (d) = 0,85

$$\Phi = \frac{E \times S}{u \times d} \quad (\text{lúmens})$$

5. Fluxo luminoso total (Φ) = 378.151,2605 lm

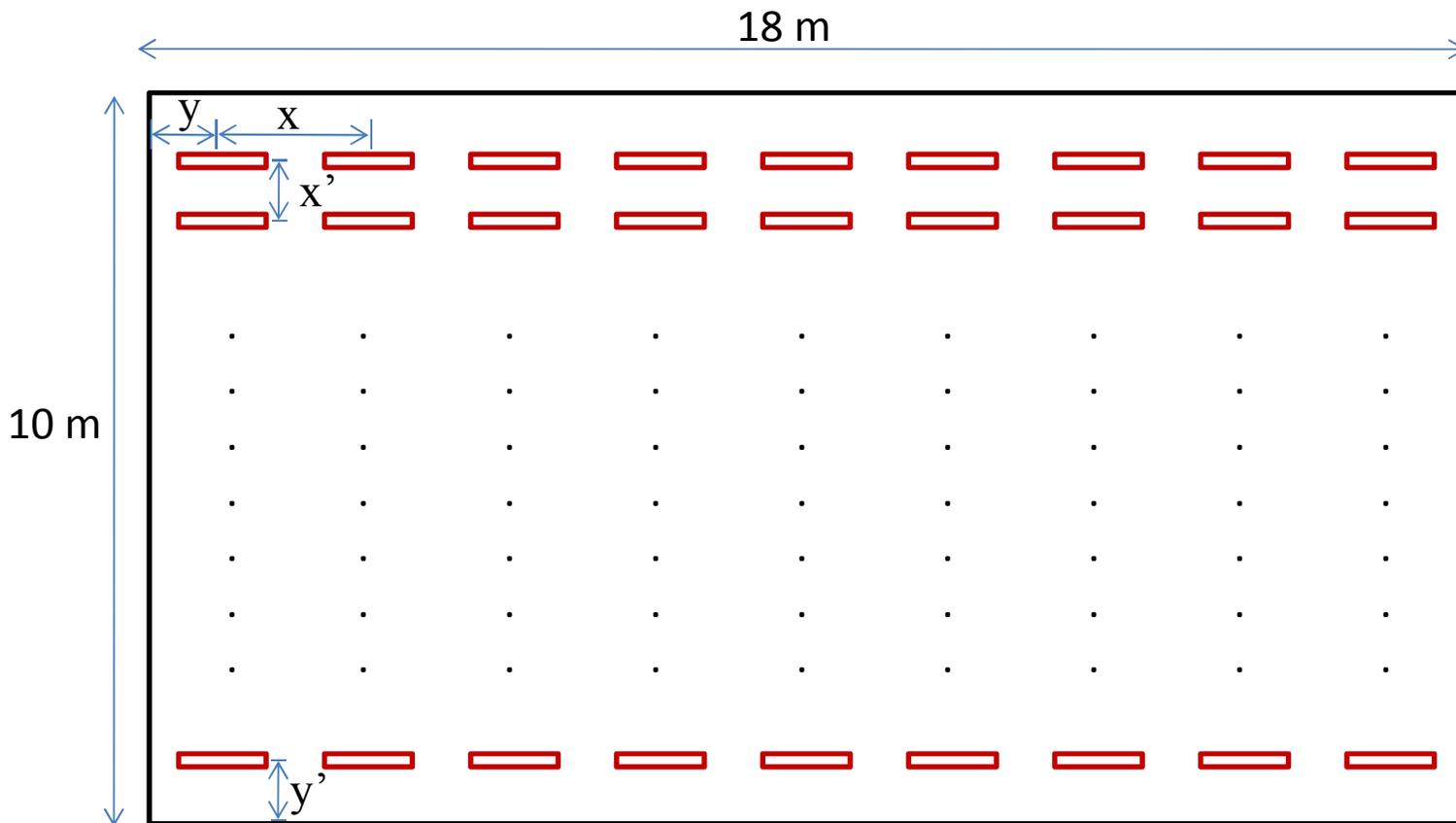
6. Quantidade de luminárias (N) = 70,028

$$N = \frac{\Phi}{\phi}$$

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

Exemplo prático: Resolução

Disposição das luminárias - $N = 70,028$ luminárias



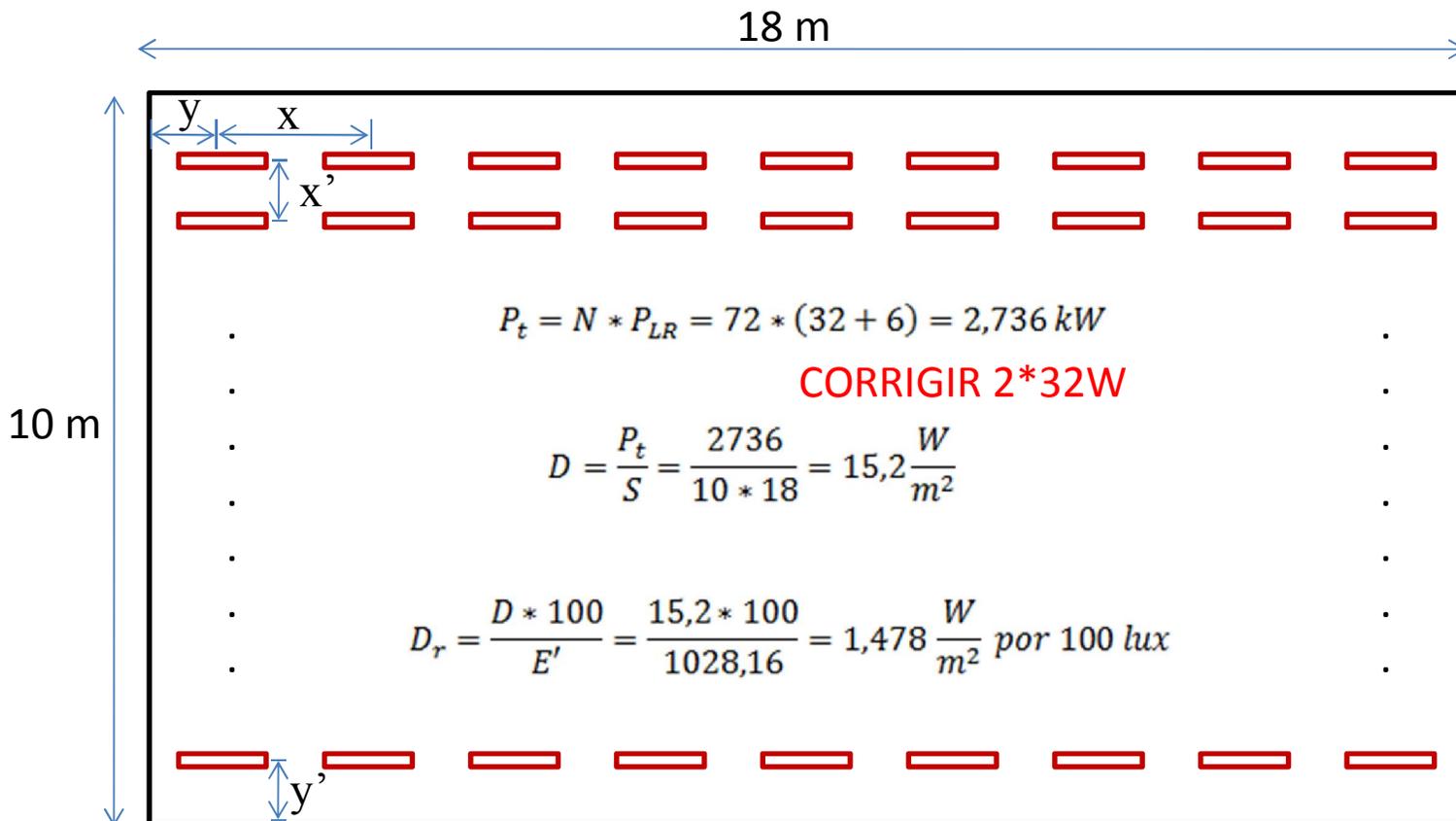
Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

Exemplo prático: Resolução

Avaliação do consumo energético

$$E' = \frac{\Phi' * u * d}{S} = \frac{388800 * 0,56 * 0,85}{10 * 18} = 1028,16 \text{ lux}$$

$$N = \frac{\Phi}{\varphi} \rightarrow \Phi' = N * \varphi = 72 * 5400 = 388800 \text{ lm}$$



Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

Exemplo prático 2: Projetar a iluminação de uma sala de projetos com 18 m de comprimento, 10 m de largura e 3 m de pé-direito (considerar altura do plano de trabalho igual 0,75 m e forro de 0,25 m). O teto é branco, as paredes são claras, o piso é escuro, com período de manutenção de 5000 h em um ambiente limpo. Além disso, a maior parte dos funcionários tem idade inferior a 40 anos, velocidade e precisão são importantes para execução das tarefas e a refletância de fundo da tarefa é de 68%. Considerar a iluminância pela classe de tarefas visuais.

Dados:

Tipo de luminária: Embutida no teto, TCS 029 – TLD 2x32W

Comprimento = 1,2 m

Largura = 0,18 m

Tipo de lâmpada: Fluorescente TLDRS HF Electronic

32W, 2700lm, IRC 66, 4100K, Pot. Reator = 6W



Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

Exemplo prático 2: Resolução

1. Iluminância desejada (E)
2. Fator do local (K)
3. Fator de utilização (u)
4. Fator de depreciação (d)
5. Fluxo luminoso total (Φ)
6. Quantidade de luminárias (N)

Dados:

Tipo de luminária: TCS 029 – TLD 2x32W

Tipo de lâmpada: Fluorescente TLDRS HF Electronic, 32W, 2700lm, IRC 66, 4100K

TCS 029 – 2 TLD 32W

ROOM INDEX K	REFLETÂNCIAS								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,60	0,29	0,24	0,31	0,28	0,24	0,21	0,24	0,21	0,20
0,80	0,34	0,30	0,27	0,34	0,30	0,27	0,29	0,26	0,25
1,00	0,39	0,35	0,32	0,38	0,34	0,31	0,34	0,31	0,30
1,25	0,43	0,39	0,36	0,42	0,39	0,36	0,38	0,36	0,34
1,50	0,46	0,43	0,40	0,45	0,42	0,39	0,41	0,39	0,38
2,00	0,51	0,48	0,45	0,50	0,47	0,45	0,46	0,44	0,43
2,50	0,54	0,51	0,49	0,53	0,50	0,48	0,49	0,48	0,46
3,00	0,56	0,53	0,51	0,54	0,52	0,51	0,52	0,50	0,49
4,00	0,58	0,56	0,54	0,57	0,55	0,54	0,54	0,53	0,51
5,00	0,59	0,58	0,56	0,58	0,57	0,55	0,56	0,55	0,53

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

Para superfícies de um modo geral

Superfícies brancas	70%
Superfícies claras	50%
Superfícies medianamente claras	30%
Superfícies escuras	10%
Absorção total	0%

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

Exemplo prático: Resolução

1. Iluminância desejada (E) = 750 lux

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

2. Fator do local (K) = 3,2 \approx 3

3. Fator de utilização (u) = 0,56 (Refletância - 751)

$$\Phi = \frac{E \times S}{u \times d} \quad (\text{lúmens})$$

4. Fator de depreciação (d) = 0,91

5. Fluxo luminoso total (Φ) = 264.913,65 lm

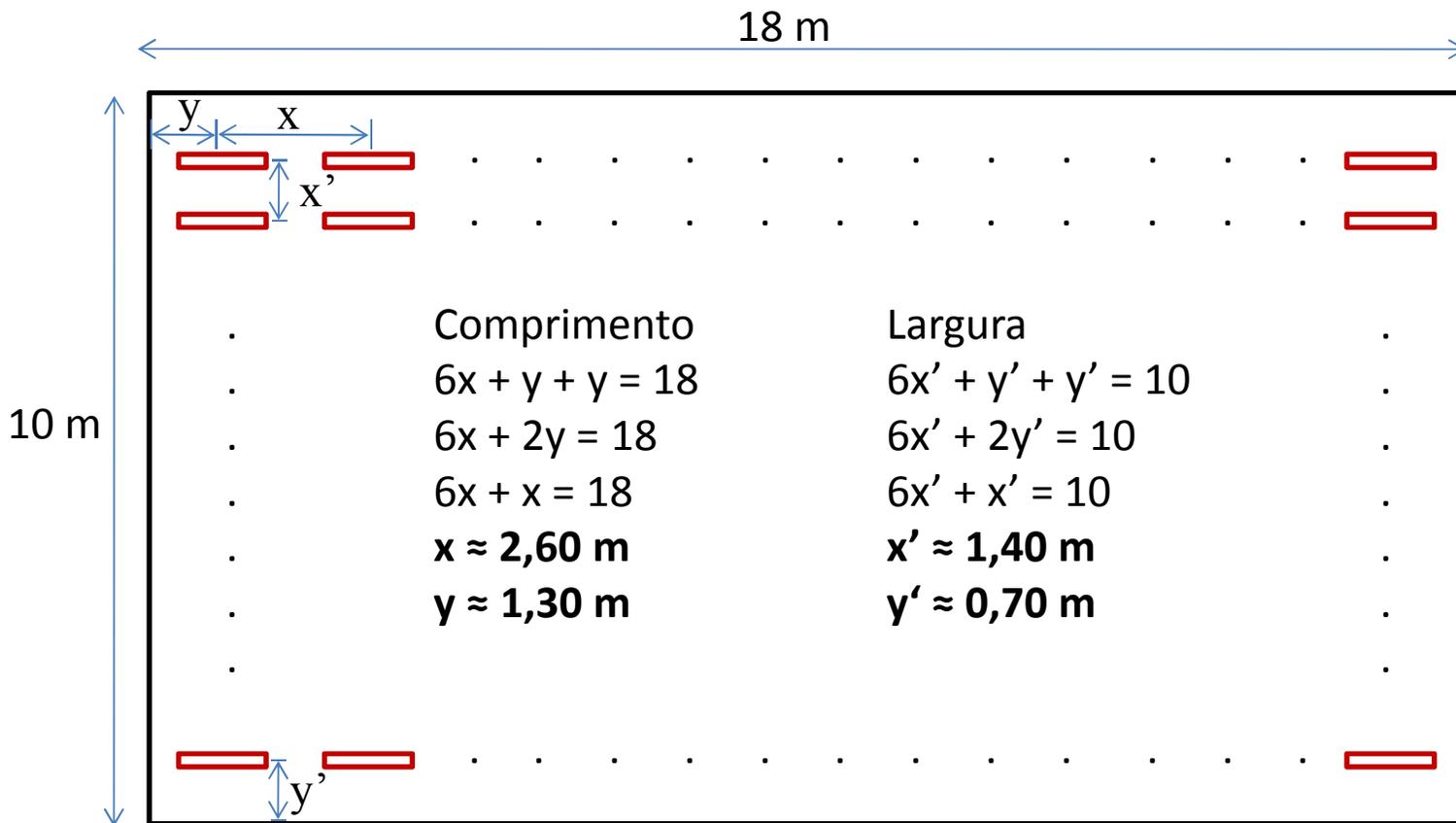
$$N = \frac{\Phi}{\phi}$$

6. Quantidade de luminárias (N) = 49,05

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

Exemplo prático: Resolução

Disposição das luminárias - $N = 49$ luminárias (aproximar para 49 luminárias – 7x7)



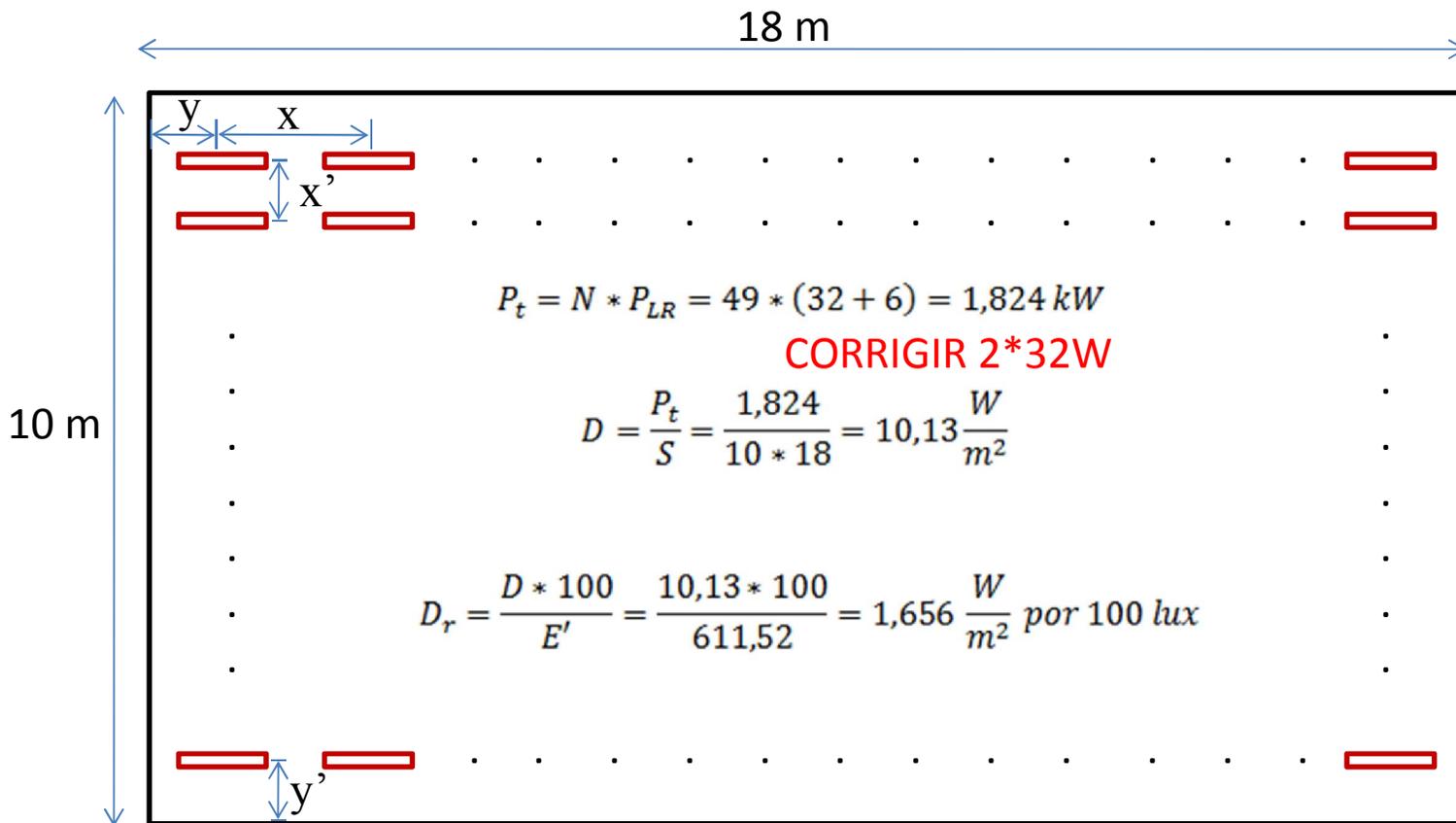
Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

Exemplo prático: Resolução

$$E' = \frac{\Phi' * u * d}{S} = \frac{216000 * 0,56 * 0,91}{10 * 18} = 611,52 \text{ lux}$$

Avaliação do consumo energético

$$N = \frac{\Phi}{\varphi} \rightarrow \Phi' = N * \varphi = 40 * 5400 = 216000 \text{ lm}$$



Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

Observação

Avaliação do consumo energético

- A comparação entre projetos luminotécnicos somente se torna efetiva quando se leva em conta **níveis de Iluminância iguais para diferentes sistemas**. Em outras palavras, um sistema luminotécnico só é mais eficiente do que outro, se, ao apresentar o mesmo nível de Iluminância do outro, **consumir menos watts por metro quadrado**.

Projeto de iluminação – Método dos Lúmens

ANEXO – PLANILHA DE PROJETO LUMINOTÉCNICO

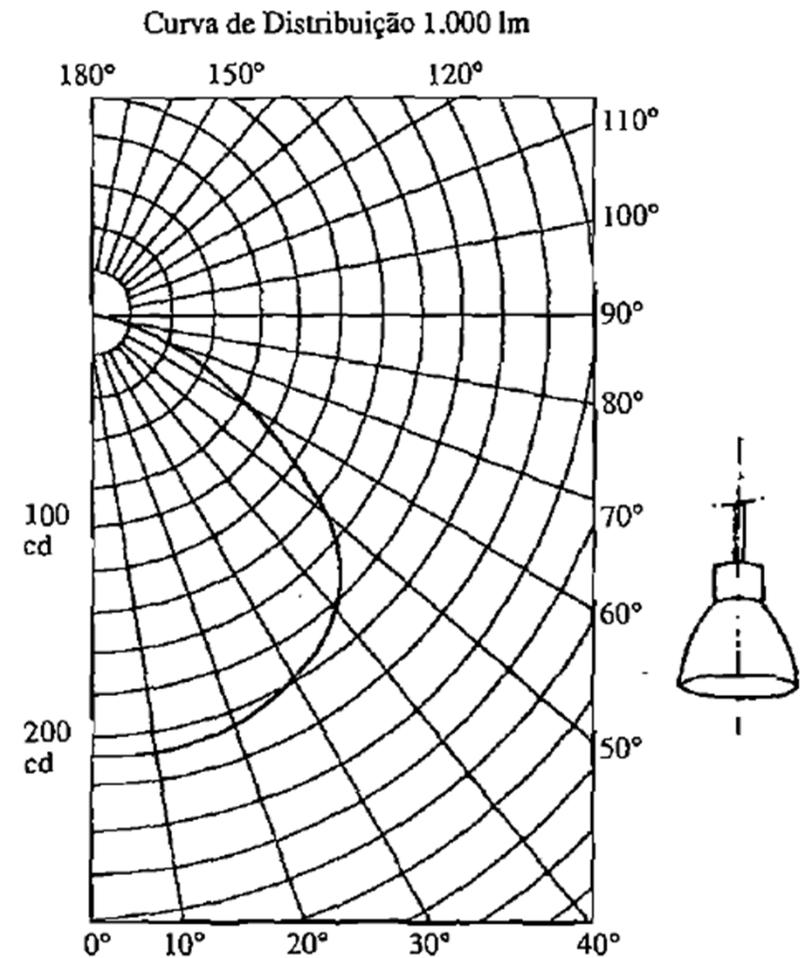
Empresa:				
Obra:				
Projetista:				
Recinto:			Data:	
Descrição do Ambiente	01	Comprimento	a	m
	02	Largura	b	m
	03	Área	$S = a.b$	m^2
	04	Pé-direito	H	m
	05	Pé-direito útil	$h = H - h_{\text{plano traç.}} - h_{\text{Teto ou pendente}}$	m
	06	Fator do local ou índice do recinto	$k = \frac{a.b}{(a+b).h}$	
	07	Fator de depreciação	F_d	
	08	Coeficiente de reflexão	$Teto$	
	09	Coeficiente de reflexão	$Paredes$	
	10	Coeficiente de reflexão	$Piso$	
Características da Iluminação	11	Iluminância planejada	E	lux
	12	Tonalidade ou temperatura de cor	K	K
	13	Índice de reprodução de cores	IRC	
Lâmpadas e Luminárias	14	Tipo de lâmpada		
	15	Fluxo luminoso de cada lâmpada	ϕ	lm
	16	Lâmpadas por luminária	n	
	17	Tipo de luminária		
	18	Fator de utilização	F_u	
	19	Fluxo luminoso total	$\Phi = \frac{E.S}{F_u.F_d}$	lm
20	Número de luminárias	$N = \frac{\Phi}{n.\phi}$	$unid.$	
Cálculo de Controle	21	Quantidade de luminárias no recinto	N_{adotado}	$unid.$
	22	Iluminância alcançada	E_{real}	lux
Cálculo do Consumo	23	Potência total instalada	$P_t = \frac{N.W^*}{1000}$	kW
	24	Densidade de potência	$D = \frac{P_t.1000}{S}$	W/m^2
	25	Densidade de potência relativa	$D_r = \frac{D.100}{E}$	W/m^2 por 100 lux

* W = potência do conjunto lâmpada + acessório

Projeto de iluminação – Método “Ponto a Ponto”

✓ Curva de Distribuição Luminosa (CDL):

“É a maneira pela qual os fabricantes de luminárias representam a distribuição da intensidade luminosa nas diferentes direções. Trata-se de um **diagrama polar**, em que a luminária é reduzida a um ponto no centro do diagrama, onde as intensidades luminosas, em função do ângulo formado com a vertical, são medidas e registradas. Como o fluxo inicial das lâmpadas depende do tipo escolhido, as curvas de distribuição luminosa são feitas, normalmente, para 1000 lumens. Para outros valores do fluxo, basta multiplicar por sua relação a 1000 lumens”



Projeto de iluminação – Método “Ponto a Ponto”

- ✓ Quando as dimensões da fonte luminosa são muito pequenas em relação ao plano que deve ser iluminado, pode-se admitir a fonte como **puntiforme** e utilizar o método do iluminamento conhecido como de “Ponto a Ponto”. Usualmente considera-se que quando o diâmetro da fonte **for menor que 20% da distância que a separa do ponto considerado**, ela atua como puntiforme.
- ✓ A lei que rege o iluminamento ponto a ponto permite o cálculo do iluminamento de um ponto de uma superfície situada a uma distância d de uma fonte luminosa puntiforme. Podemos exprimi-la dizendo que:

“O iluminamento, nas condições mencionadas, varia inversamente com o quadrado da distância d do ponto iluminado ao foco luminoso”

Projeto de iluminação – Método “Ponto a Ponto”

✓ Matematicamente:

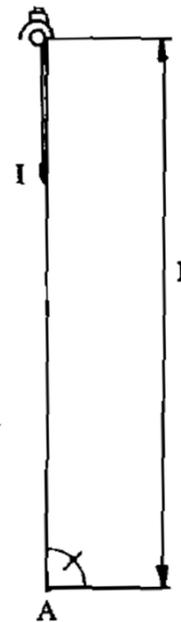
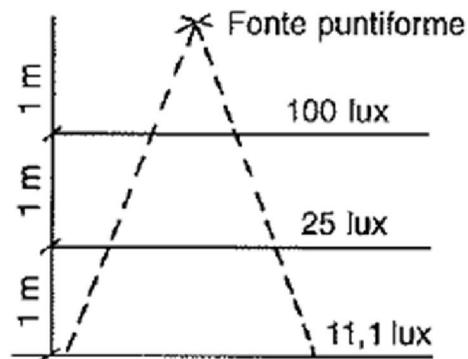
Onde:

I : Intensidade luminosa, em *candelas*;

d : distância do foco luminoso ao ponto, em metros;

E : Iluminamento, em *lux*.

$$E = \frac{I}{d^2} = \frac{I}{h^2}$$



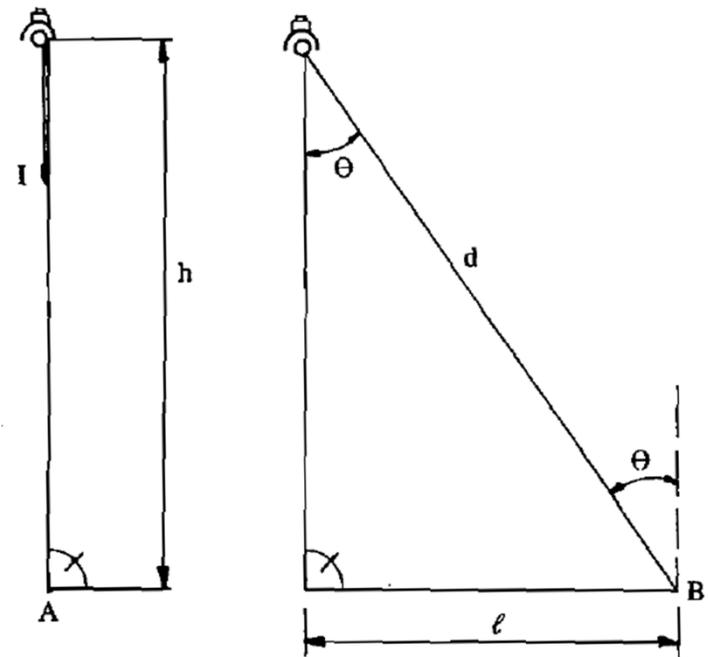
Projeto de iluminação – Método “Ponto a Ponto”

✓ Quando o ponto iluminado da superfície não se acha na vertical do foco luminoso em relação à superfície, haverá um iluminamento no plano horizontal no qual se acha o ponto B iluminado e outro no plano vertical que passa pelo mesmo. O iluminamento E_h , no plano horizontal, é dado por:

$$E_h = \frac{I(\theta) * \cos^3 \theta}{h^2}$$

$$E_h = \frac{I(\theta)}{d^2} * \cos(\theta)$$

$$h = d * \cos \theta$$



Projeto de iluminação – Método “Ponto a Ponto”

✓ Exemplo: Se usarmos a luminária HDK da Philips, obteremos da figura ao lado:

Para $\theta = 0^\circ$, intensidade luminosa por 1000 lm \approx **208 cd**

Para $\theta = 30^\circ$, intensidade luminosa por 1000 lm \approx **200 cd**

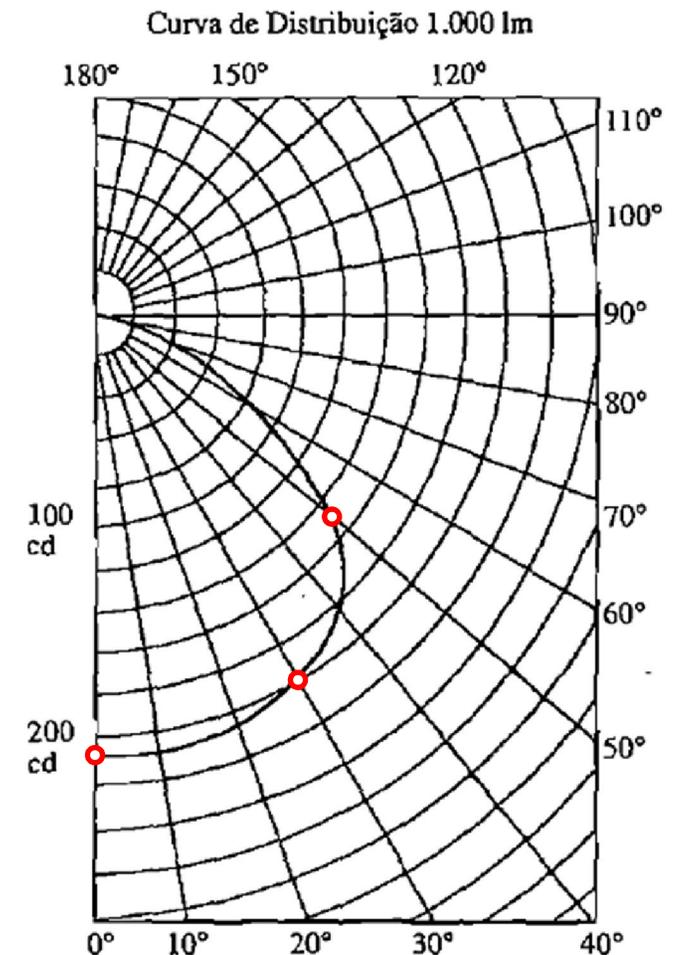
Para $\theta = 50^\circ$, intensidade luminosa por 1000 lm \approx **145 cd**

Se nessa luminária for utilizada uma lâmpada de vapor de mercúrio da Philips do tipo HPL-N 400 (400W, 22000 lumens), então os valores de intensidade luminosa, para cada um dos ângulos, será:

$$\theta = 0^\circ : (208/1000) \times 22000 = 4576 \text{ cd}$$

$$\theta = 30^\circ : (200/1000) \times 22000 = 4400 \text{ cd}$$

$$\theta = 50^\circ : (145/1000) \times 22000 = 3190 \text{ cd}$$



Projeto de iluminação – Método “Ponto a Ponto”

- ✓ Suponhamos que a luminária encontra-se a uma altura h igual a 6 metros. Pode-se calcular os iluminamentos segundo estes ângulos:

$$\theta = 0^\circ : I(0^\circ) \approx 4576 \text{ cd}$$

$$\theta = 30^\circ : I(30^\circ) \approx 4400 \text{ cd}$$

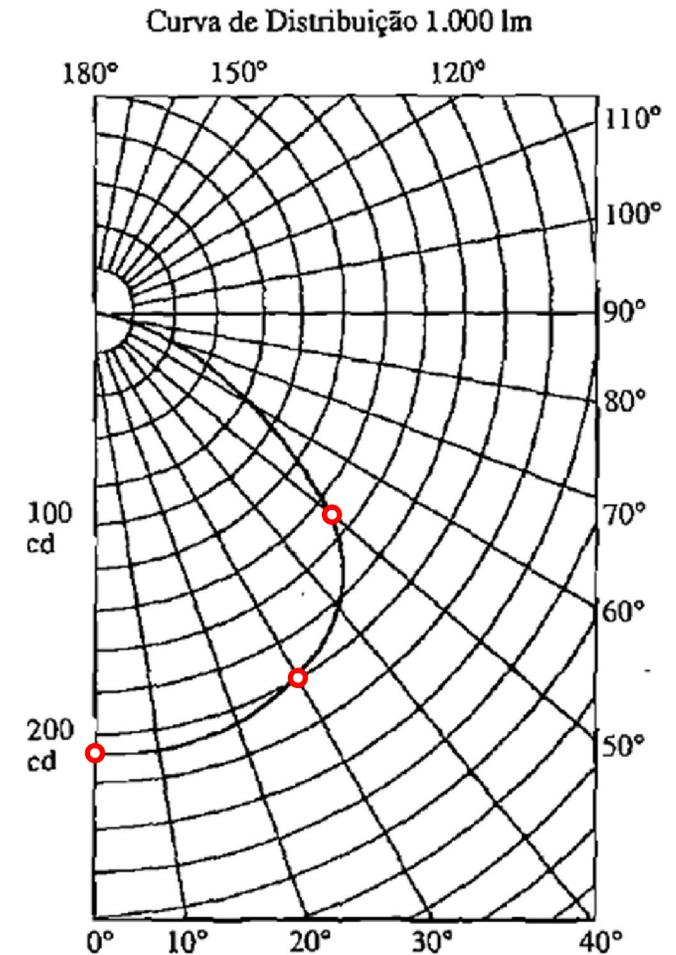
$$\theta = 50^\circ : I(50^\circ) \approx 3190 \text{ cd}$$

$$E_h = \frac{I(\theta) * \cos^3 \theta}{h^2}$$

$$\theta = 0^\circ : E_h = 4576 \times 1^3 / 6^2 = 127,11 \text{ lux}$$

$$\theta = 30^\circ : E_h = 4400 \times 0,866^3 / 6^2 = 79,38 \text{ lux}$$

$$\theta = 50^\circ : E_h = 3190 \times 0,643^3 / 6^2 = 23,55 \text{ lux}$$



Iluminação por projetores (refletores)

✓ Classificação

a) Quanto à construção:

- **Abertos:** Possuem somente a fonte de luz e o refletor. Oferecem pouca proteção à lâmpada, permitem grande acúmulo de poeira em seu interior, aumentando o fator de depreciação.
- **Fechados:** Possuem refletores de alumínio ou de ligas de alta refletância, que melhoram o rendimento e proporcionam melhor controle do fecho luminoso emitido e maior proteção à lâmpada.



Iluminação por projetores (refletores)

✓ Classificação

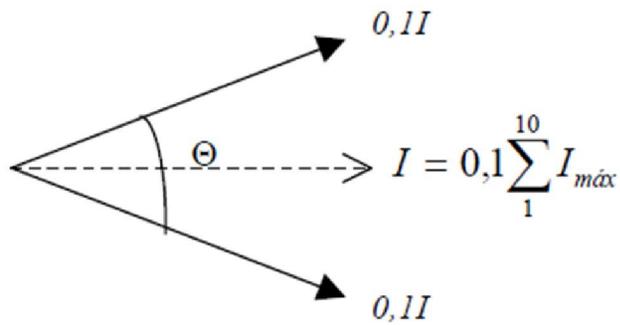
b) Quanto ao ângulo de abertura dos fechos luminosos:

- Facho estreito: $\theta < 25^\circ$
- Facho médio: $35^\circ < \theta < 70^\circ$
- Facho largo: $\theta > 70^\circ$

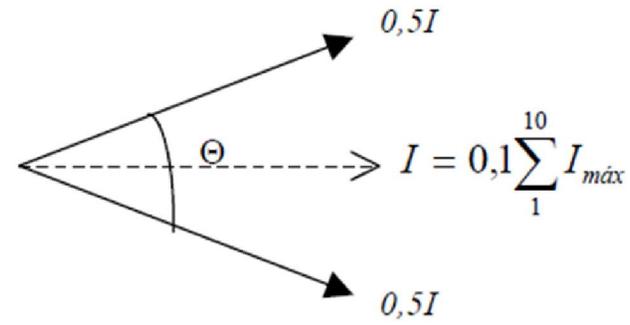


Iluminação por projetores (refletores)

- ✓ A abertura do fecho luminoso de um projetor é definida como o ângulo Θ compreendido entre dois vetores cujos módulos correspondem a 10% ou a 50% da média das dez maiores intensidades luminosas proporcionadas pelo projetor.



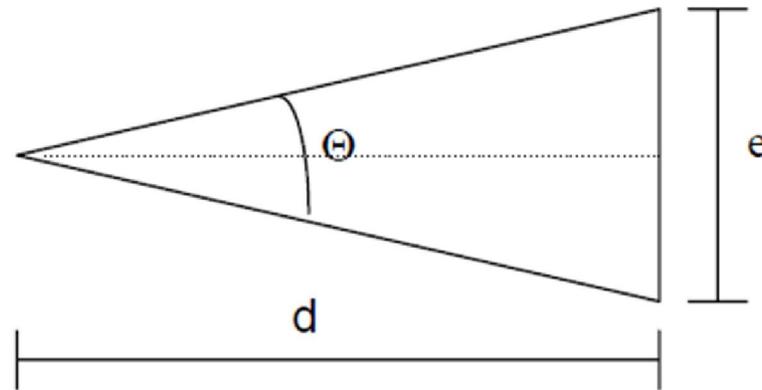
Ângulo de abertura
do fecho luminoso de um projetor segundo a
norma norte-americana



Ângulo de abertura
do fecho luminoso de um projetor
segundo a norma europeia

Iluminação por projetores (refletores)

- ✓ De acordo com a norma Norte Americana, o fator (F) de um projetor é uma constante que, multiplicada pela distância (d) do projetor à superfície a ser iluminada, fornece o diâmetro (e) do fecho sobre essa superfície. Logo:



Ângulo de abertura de um projetor

Onde: $0,5 e = d \operatorname{tg} (\Theta / 2)$ ou $e = 2 d \operatorname{tg} (\Theta / 2)$

Fazendo: $2 \operatorname{tg} (\Theta / 2) = F \Rightarrow e = d F$

Iluminação por projetores (refletores)

- ✓ Níveis de iluminação recomendado

Iluminação de monumentos e fachadas de edificações

Refletância da superfície a ser iluminada (%)	Nível de iluminação nas redondezas (lux)	
	Baixo	Elevado
70 – 85	50	150
45 – 70	100	200
20 – 45	150	300
10 – 20	200	500

Iluminação por projetores (refletores)

- ✓ Níveis de iluminamento recomendado

Iluminação de ambientes esportivos

Esporte	E (lux)	Esporte	E (lux)
Basquetebol - Profissional	500 – 800	Ginástica - Exercícios	200
Clube	300	Exibições	300
Recreio	100	Piscinas	100
Boxe - Campeonatos	5000	Pistas de corrida	200
Profissional	2000	Tênis - Torneio	300 – 500
Amador	1000	Clube	200 – 300
Futebol - Profissional	500 – 1500	Recreio	100 – 150
Clube	250	Voleibol - Clube	200
Recreio	100	Recreio	100

Iluminação por projetores (refletores)

- ✓ Níveis de iluminação recomendado

Iluminação de áreas abertas

Tipo de Local	E (lux)
Parques de estacionamento	15 – 30
Cais de porto	50
Depósito ao ar livre	10 – 20
Postos de gasolina (geral)	100
Lubrificação	200
Trabalhos de construção civil	50 – 100
Trabalhos de escavações	20 – 50

Iluminação por projetores (refletores)

- ✓ Cálculo de iluminação por projetor

MÉTODO DO FLUXO LUMINOSO

- Fluxo luminoso total que deverá atingir a área iluminada (Φ): $\Phi = \frac{E \times S}{F_d}$ (lúmens)

Onde:

E : Nível de iluminamento desejado

S : Área a ser iluminada

F_d : Fator de depreciação do projetor (Aberto: 0,65 / Fechado: 0,75)

- Número de projetores necessários (N): $N = \frac{\Phi}{\varphi}$

Onde:

φ : Fluxo luminoso da lâmpada do projetor

Iluminação por projetores (refletores)

- ✓ Cálculo de iluminação por projetor

MÉTODO DO FLUXO LUMINOSO

- Fator de utilização da instalação (**F_u**): será considerado quando for verificado o **nível final de iluminação obtido (E')**. É definido como a relação entre o fluxo luminoso que incide sobre a superfície e o fluxo luminoso total emitido pelo fecho do projetor, assumindo normalmente os seguintes valores:

$$E' = \frac{N\phi F_d F_u}{S} \text{ (lux)}$$

- Se todos os projetores têm seus fochos totalmente dentro da área a ser iluminada: **F_u = 1,0**
- Se 50% ou mais dos projetores têm seus fochos totalmente dentro da área a ser iluminada: **F_u = 0,75**
- Se de 25% a 50% dos projetores têm seus fochos dentro da área a ser iluminada: **F_u = 0,60**
- Se menos de 25% dos projetores têm seus fochos dentro da área a ser iluminada: **F_u = 0,40**

Iluminação por projetores (refletores)

✓ *Montagem*

Calculado o número de projetores necessário, deve-se localizá-los de maneira que o iluminamento seja o mais uniforme possível. Para isso, deve-se considerar que:

- ❑ O espaçamento entre os projetores não deve exceder quatro vezes a sua altura de montagem.
- ❑ O espaçamento máximo entre os projetores também deverá ser menor que a metade do diâmetro do fecho luminoso sobre a superfície, ou seja, cada área elementar (principal) deverá ser iluminada pelo menos por dois projetores.
- ❑ Devem ser utilizados projetores de fecho o mais aberto possível, compatível com a instalação.

Iluminação por projetores (refletores)

✓ *Montagem*

A tabela a seguir apresenta algumas alturas mínimas recomendadas para a montagem de projetores:

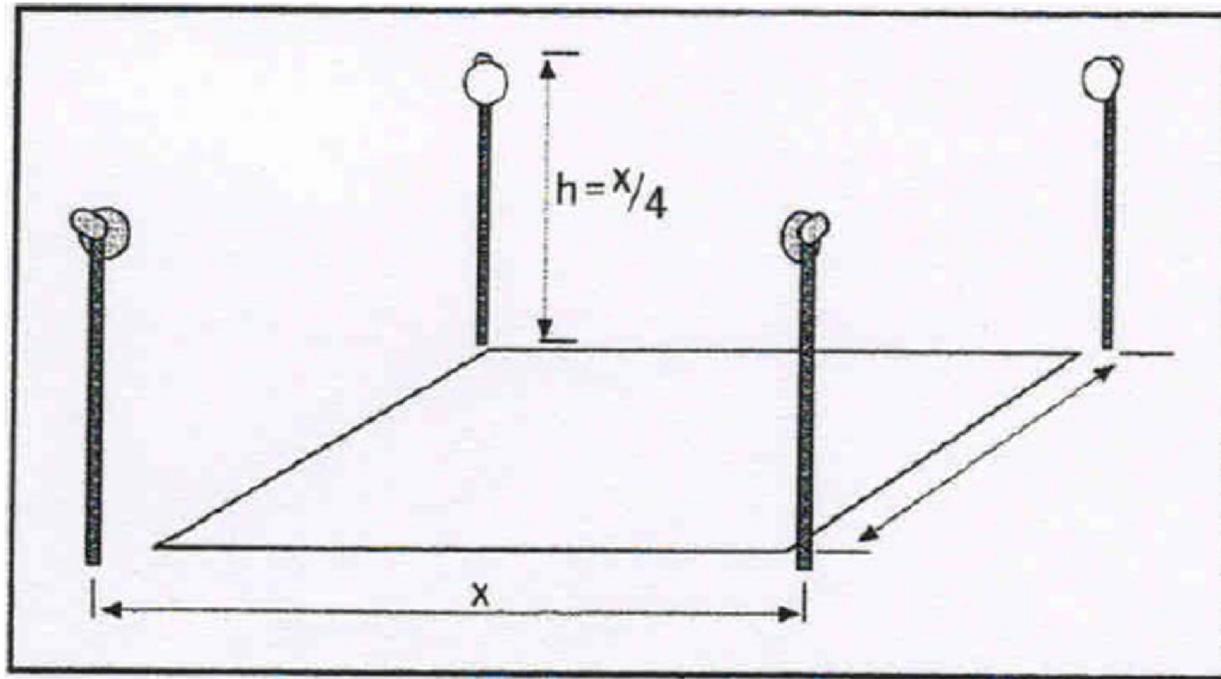
Alturas de montagem recomendadas para projetores

Altura Mínima (m)	Lâmpadas (tipo e potência)
5	M (125W), VM (70W), S (70W)
6	M (250W), VM (150W), S (150W)
7	VM (250W)
8	M (400W), S (250W)
9	VM (400W)
10	S (400W)
12	VM (1000W)
14	S (1000W)
15	VM (2000W)

Iluminação por projetores (refletores)

✓ *Montagem*

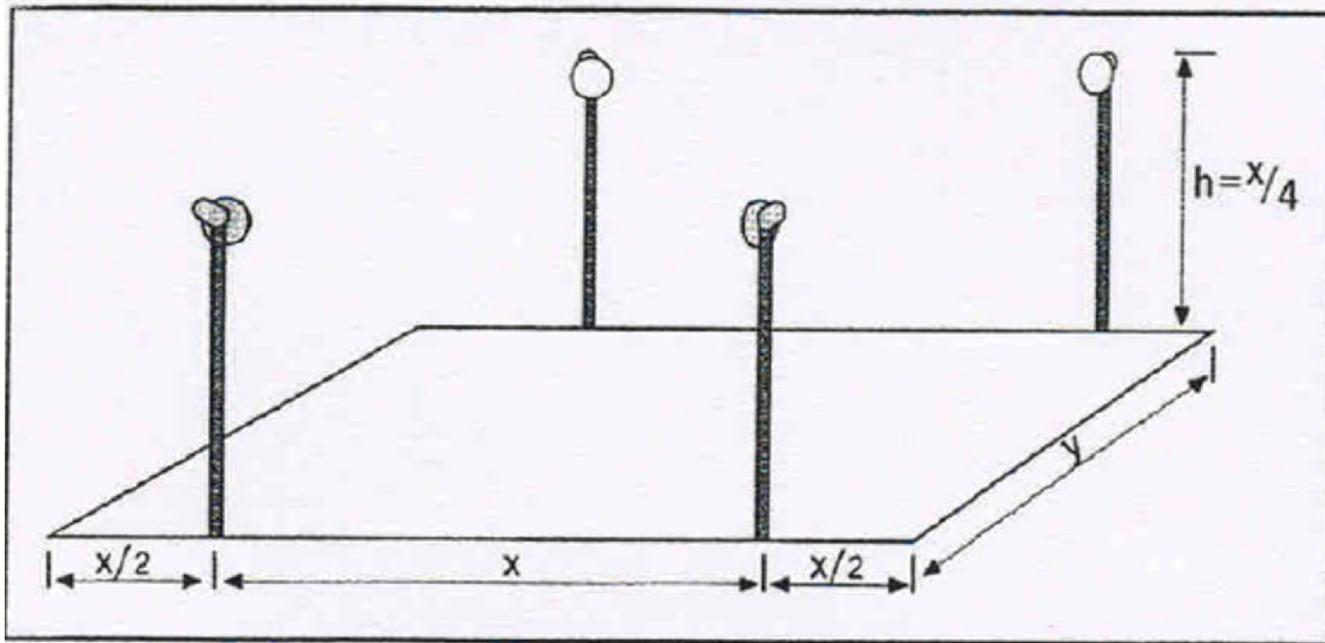
Disposições típicas de montagens: Disposição de projetores para pequenas áreas



Iluminação por projetores (refletores)

✓ Montagem

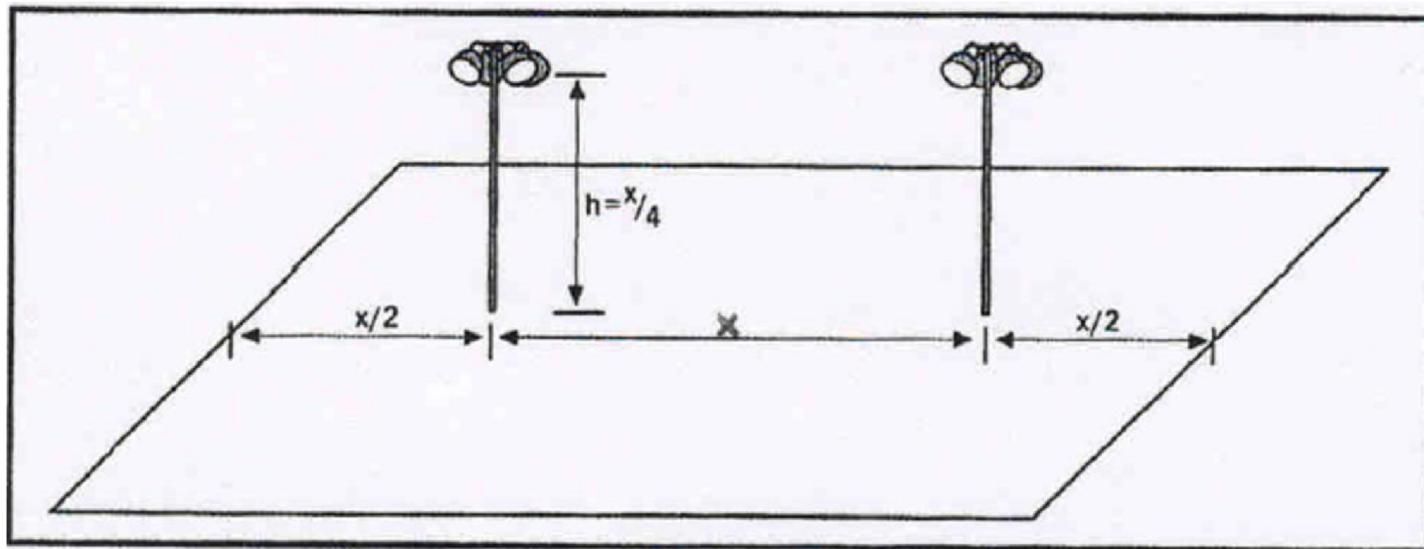
Disposições típicas de montagens: Disposição de projetores para pequenas áreas



Iluminação por projetores (refletores)

✓ Montagem

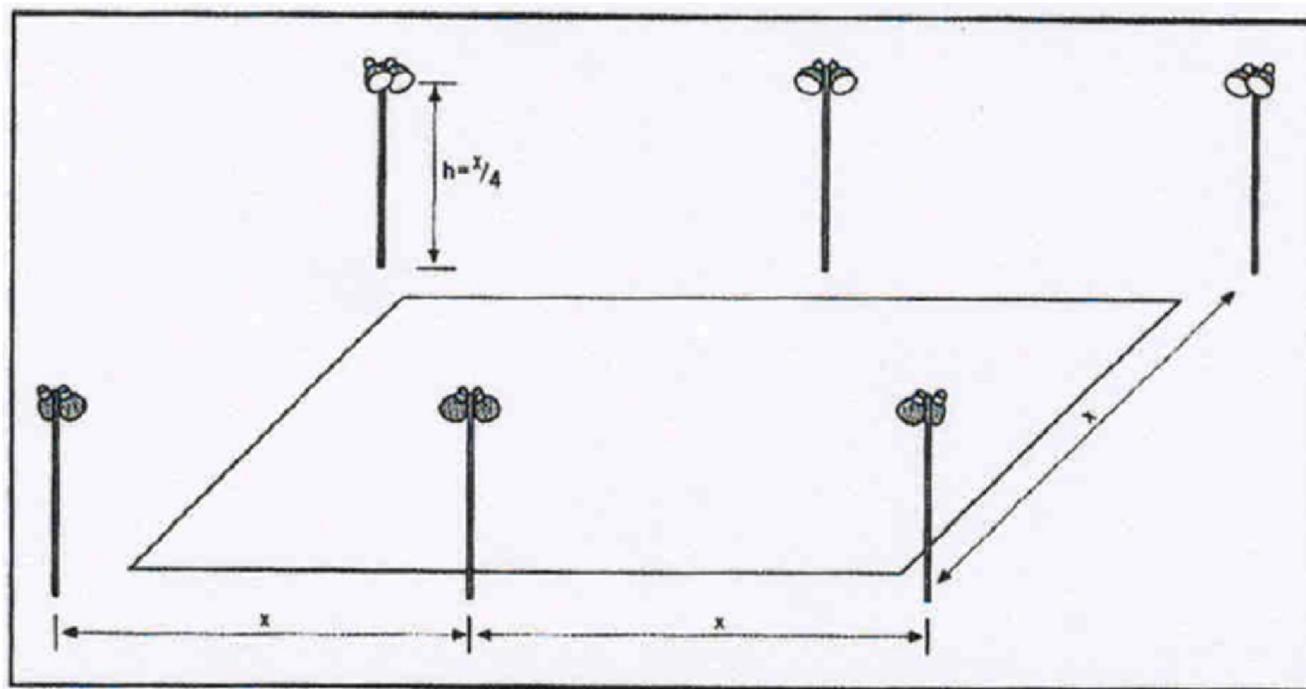
Disposições típicas de montagens: Disposição de projetores em grandes áreas



Iluminação por projetores (refletores)

✓ *Montagem*

Disposições típicas de montagens: Disposição de projetores em grandes áreas

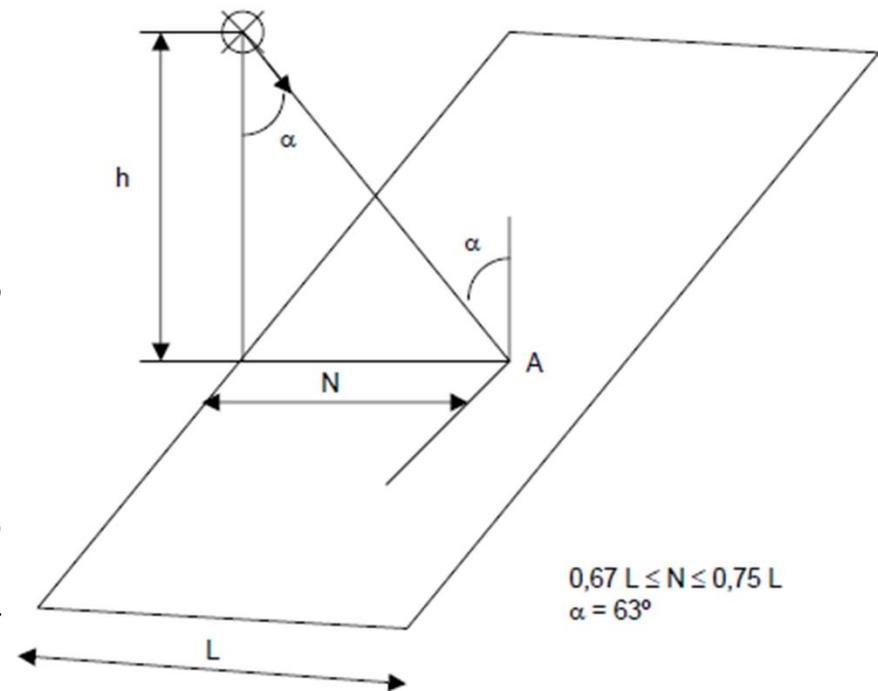


Iluminação por projetores (refletores)

✓ Focalização

Algumas regras que ajudam na determinação da localização do foco dos projetores são apresentadas a seguir e ilustradas na figura ao lado:

- ❑ O foco dos projetores (ponto de apontamento) deve ser localizado a uma distância entre 67% e 75% da largura do local a ser iluminado;
- ❑ O nível máximo de iluminância horizontal promovido por um projetor de fecho vertical simétrico é obtido quando ele é apontado com um ângulo α igual a 53° com a vertical;
- ❑ Deve-se procurar manter um ângulo de incidência inferior a 63° , a fim de minimizar o ofuscamento.

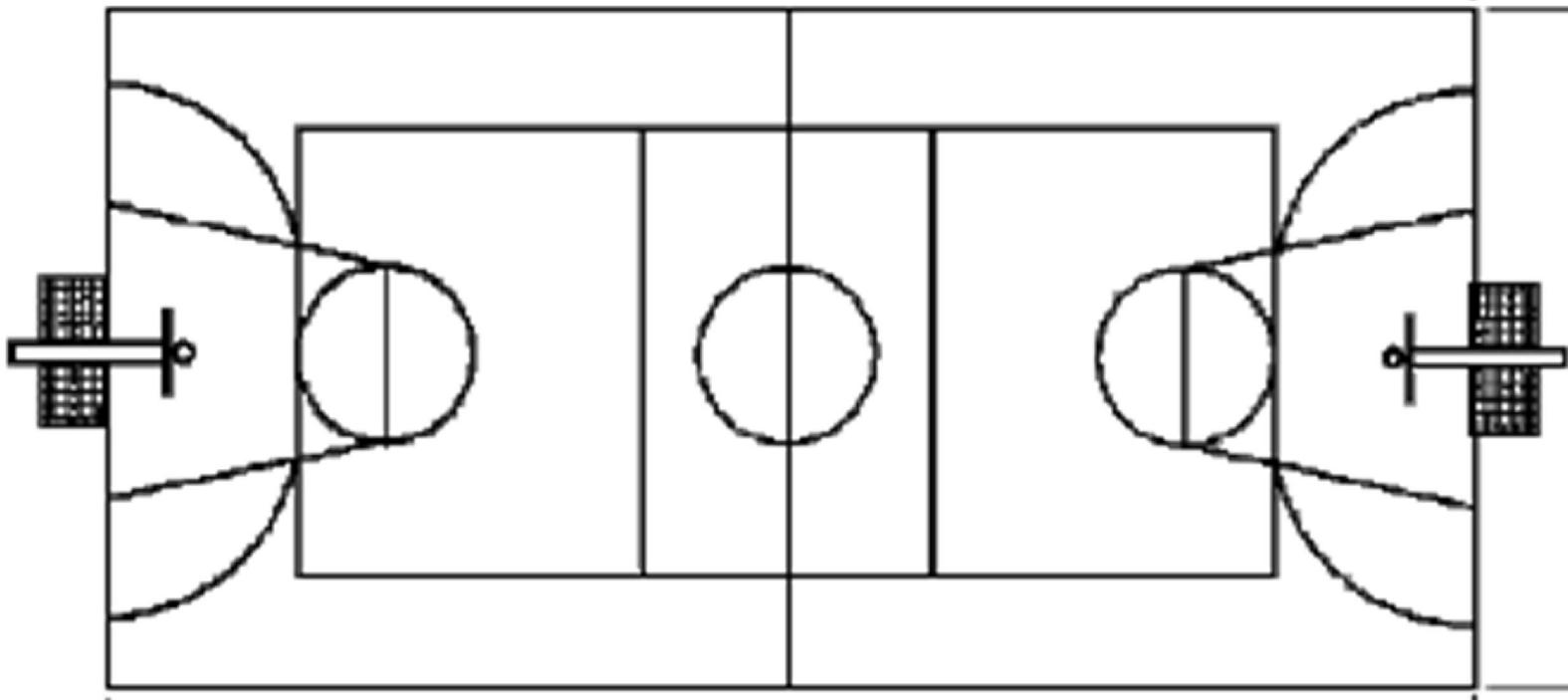


Iluminação por projetores (refletores)

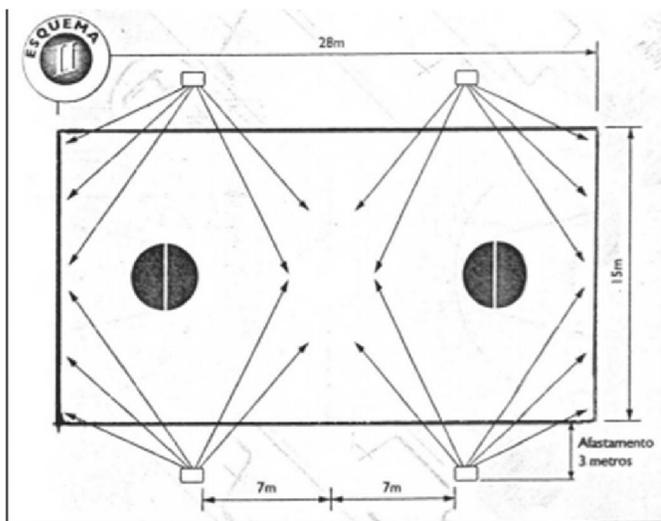
MÉTODO DO FLUXO LUMINOSO

- Projetar a iluminação de uma quadra poliesportiva de 14x28m:

Utilizar refletor vapor metálico 400W – 30000lm



Iluminação por projetores (refletores)



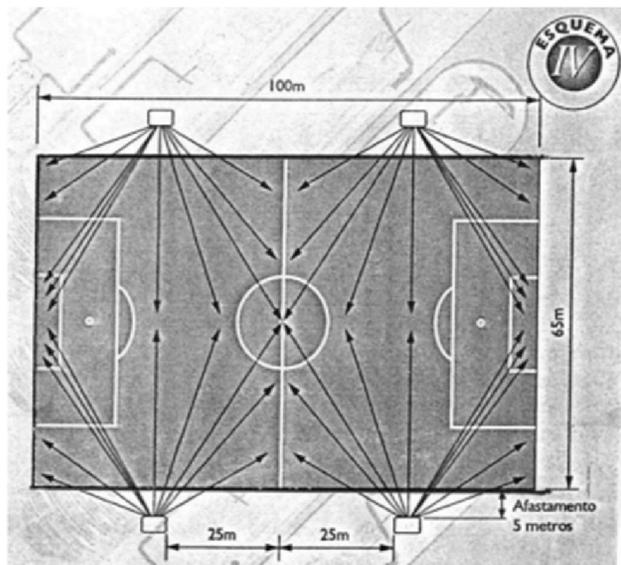
Projetos de Iluminação de quadras Esportivas

Ref: Philips (www.philips.com.br)

Fonte: http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/15_iluminacao.pdf

Esporte (dimensões em m)	Atividade	Tipo de Projetor	Lâmpada	Quantidade	Nível Iluminação (lux)
Quadra de Tênis (11 x 24)	Recreação	HLF 432 ou HLF 400	HPI/T 400W	12	273
Quadra de Tênis (11 x 24)	Competição	HLF 432 ou HLF 400	HPI/T 400W	16	354
Poliesportiva (15 x 28)	Recreação	HLF 432 ou HLF 400	HPI/T 400W	12	179
Poliesportiva (15 x 28)	Competição	HLF 432 ou HLF 400	HPI/T 400W	20	335
Mini Campo (18 x 36) af. 3m	Recreação	HLF 432 ou HLF 400	HPI/T 400W	16	176
Mini Campo (18 x 36) af. 3m	Competição	HLF 432 ou HLF 400	HPI/T 400W	28	303
Mini Campo (25 x 40) af. 3m	Recreação	HLF 432 ou HLF 400	HPI/T 400W	20	157
Mini Campo (25 x 40) af. 3m	Competição	HLF 432 ou HLF 400	HPI/T 400W	40	318
Mini Campo (30 x 50) af. 3m	Recreação	HLF 432 ou HLF 400	HPI/T 400W	28	151
Mini Campo (30 x 50) af. 3m	Competição	HLF 432 ou HLF 400	HPI/T 400W	60	319
Campo de Futebol (65 x 100)	Recreação	SLS 1500-44 + REFL 158	HPI 1500W BU	20	152
Campo de Futebol (65 x 100)	Competição	SLS 1500-44 + REFL 158	HPI 1500W BU	40	312

Iluminação por projetores (refletores)



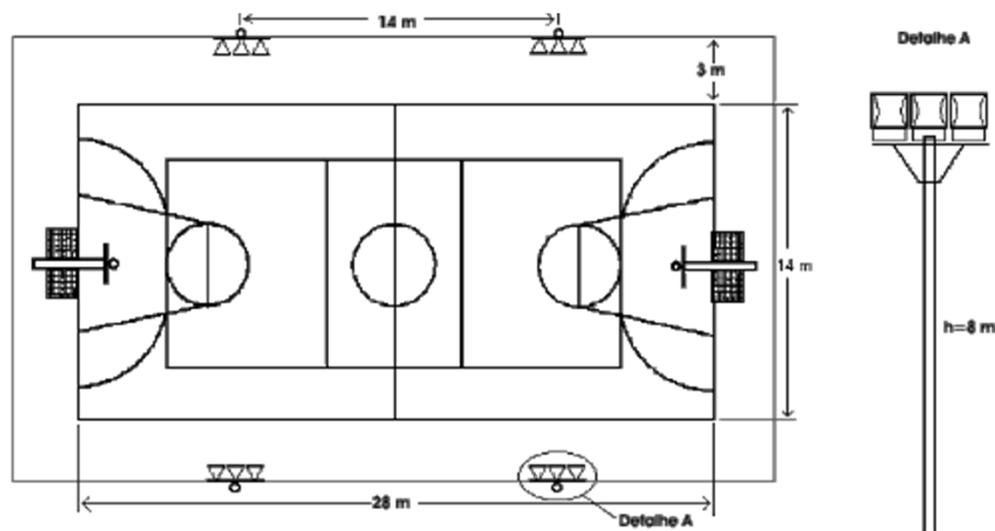
Projetos de Iluminação de quadras Esportivas

Ref: Philips (www.philips.com.br)

Fonte: http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/15_iluminacao.pdf

	Recreação	Competição
Tênis	200 lux	350 lux
Poliesportiva	150 lux	300 lux
Minicampo	150 lux	300 lux
Campo Futebol	150 lux	300 lux

Iluminação por projetores (refletores)



QUADRA POLIESPORTIVA

Nível de Iluminamento Mínimo Recomendado:

Atividade: Recreação - 200 Lux
Competição - 350 Lux

Fonte: <http://www.metallight.com.br/catalogo-ie/catalogo-poli.asp>

Equipamentos Recomendados:

Para Recreação (200Lux):

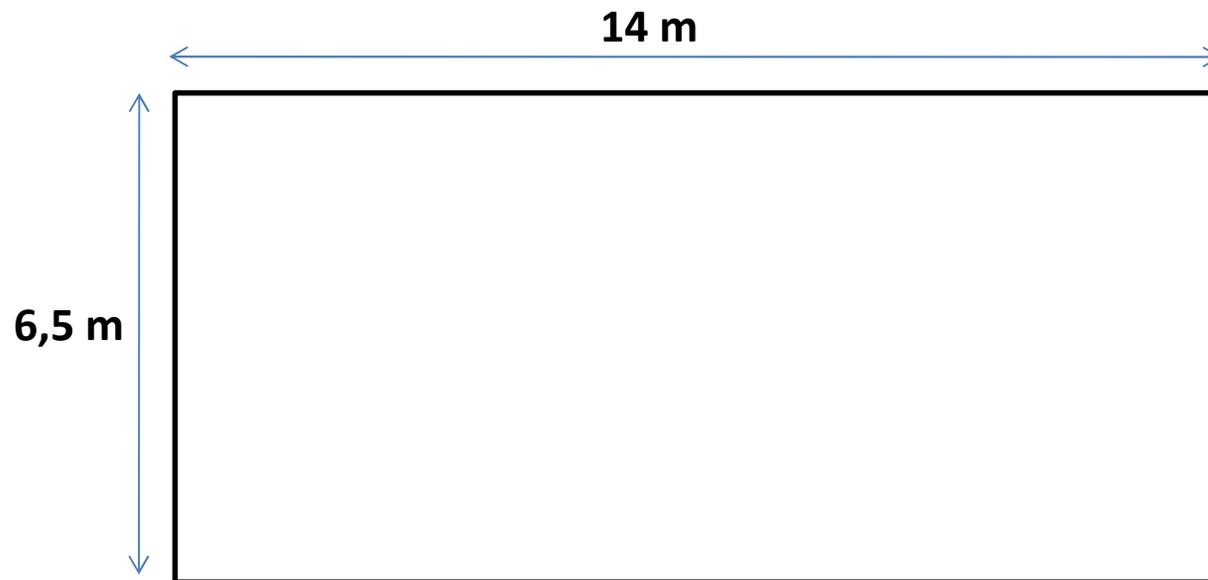
- 08 Projetores Facho Médio para lâmpada de 400W.
- 08 Reatores para uso externo, para lâmpada a Vapor Metálico de 400W x 220V AFP com Ignitor incorporado.
- 08 Lâmpadas Tubular a Vapor Metálico de 400W.

Para Competição (350 Lux):

- 12 Projetores Facho Médio para lâmpada de 400W.
- 12 Reatores para uso externo, para lâmpada a Vapor Metálico de 400W x 220V AFP com Ignitor incorporado.
- 12 Lâmpadas Tubular a Vapor Metálico de 400W.

Iluminação por projetores (refletores)

- ✓ Exemplo: Calcular a iluminação da fachada vertical lisa de um prédio que tem 6,5 m de altura e 14 m de largura. Os projetores deverão ser instalados a 7,0 m da fachada, ao nível do solo.



Iluminação por projetores (refletores)

Solução:

1 – Definir a iluminância desejada: **150 lux**

Iluminação de monumentos e fachadas de edificações

Refletância da superfície a ser iluminada (%)	Nível de iluminamento nas redondezas (lux)	
	Baixo	Elevado
70 – 85	50	150
45 – 70	100	200
20 – 45	150	300
10 – 20	200	500

Iluminação por projetores (refletores)

Solução: (TROCAR)

2 – Projetor: SBN, da GE, para lâmpadas a vapor de sódio de 50 a 150 W

Ângulo do fecho luminoso: **Vertical (68°) e Horizontal (34°)**

3 – Lâmpada: Vapor de sódio de alta pressão da GE, HPS 70W, com as seguintes características:

Fluxo luminoso $\varphi = 5950 \text{ lm}$

T = 1900 k

IRC = 22

Iluminação por projetores (refletores)

Solução:

4 – Fluxo luminoso:

Projektor fechado: $F_d = 0,75$

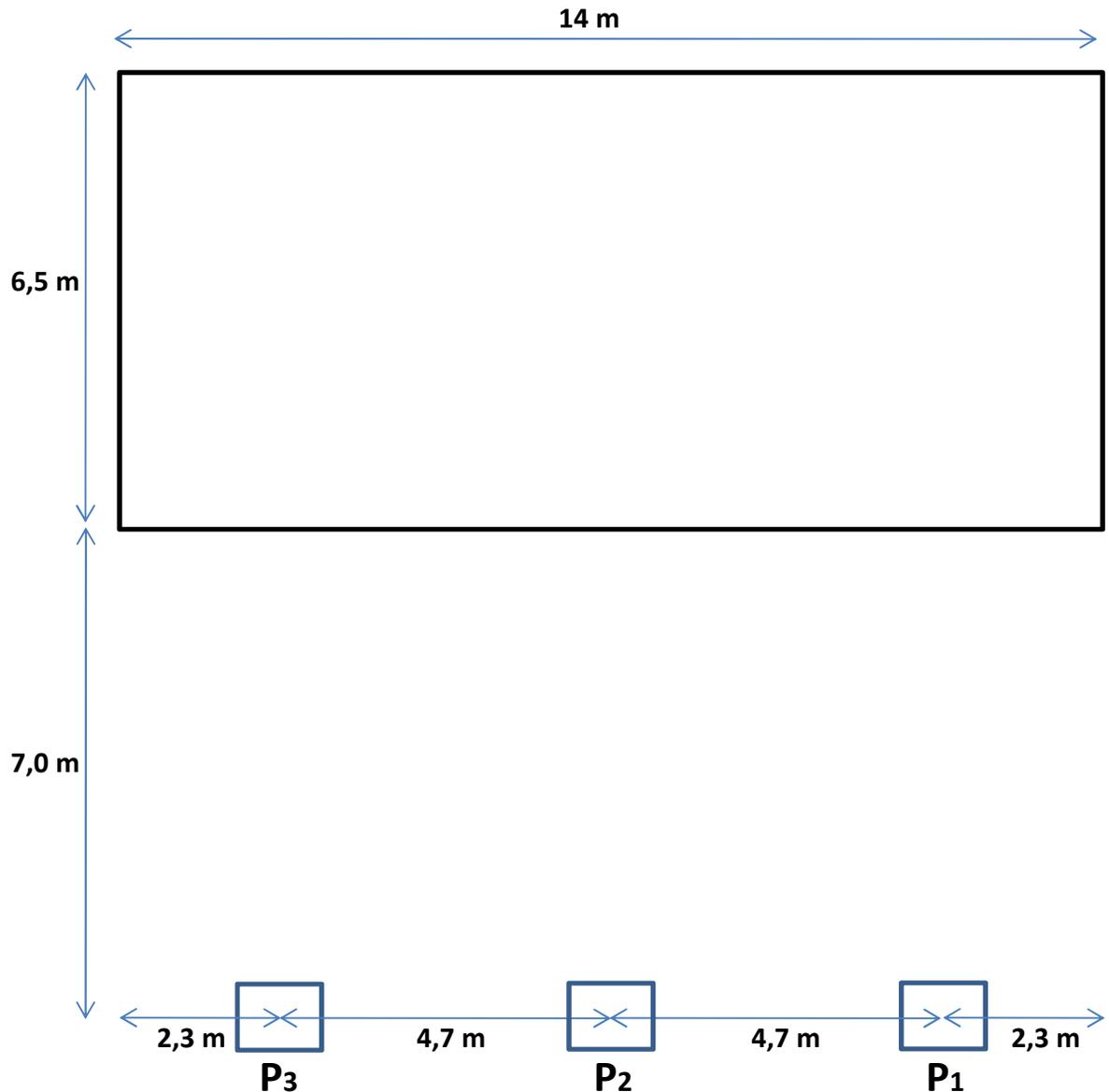
$$\Phi = \frac{E * S}{F_d}$$

$$\Phi = \frac{150 * (6,5 * 14)}{0,75}$$

$$\Phi = 18200 \text{ lm}$$

5 – Número de projetores:

$$N = \frac{\Phi}{\varphi} = \frac{18200}{5950} \rightarrow N = 3,06 \approx 3$$

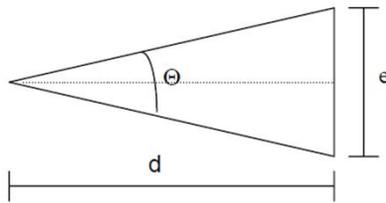


Iluminação por projetores (refletores)

Solução:

6 – Cálculo do diâmetro do fecho luminoso (e):

Considerando-se o foco na metade da altura da superfície, tem-se:

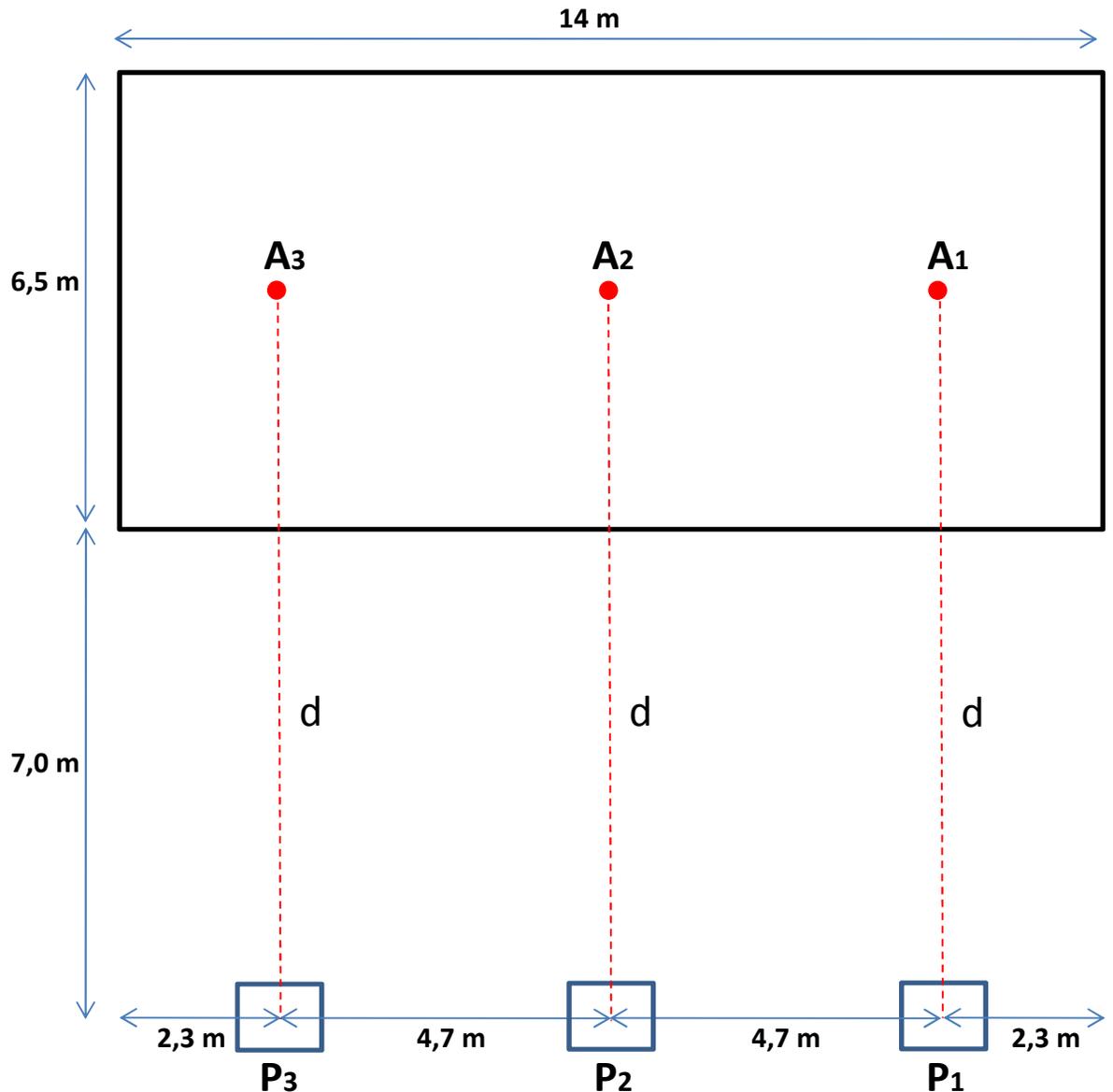


$$e = 2 d \operatorname{tg} (\Theta / 2)$$

$$e_v = ? \quad e_h = ?$$

Facho luminoso:

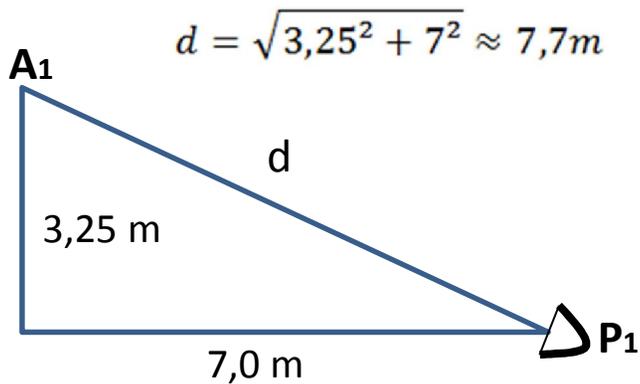
Vertical (68°) e Horizontal (34°)



Iluminação por projetores (refletores)

Solução:

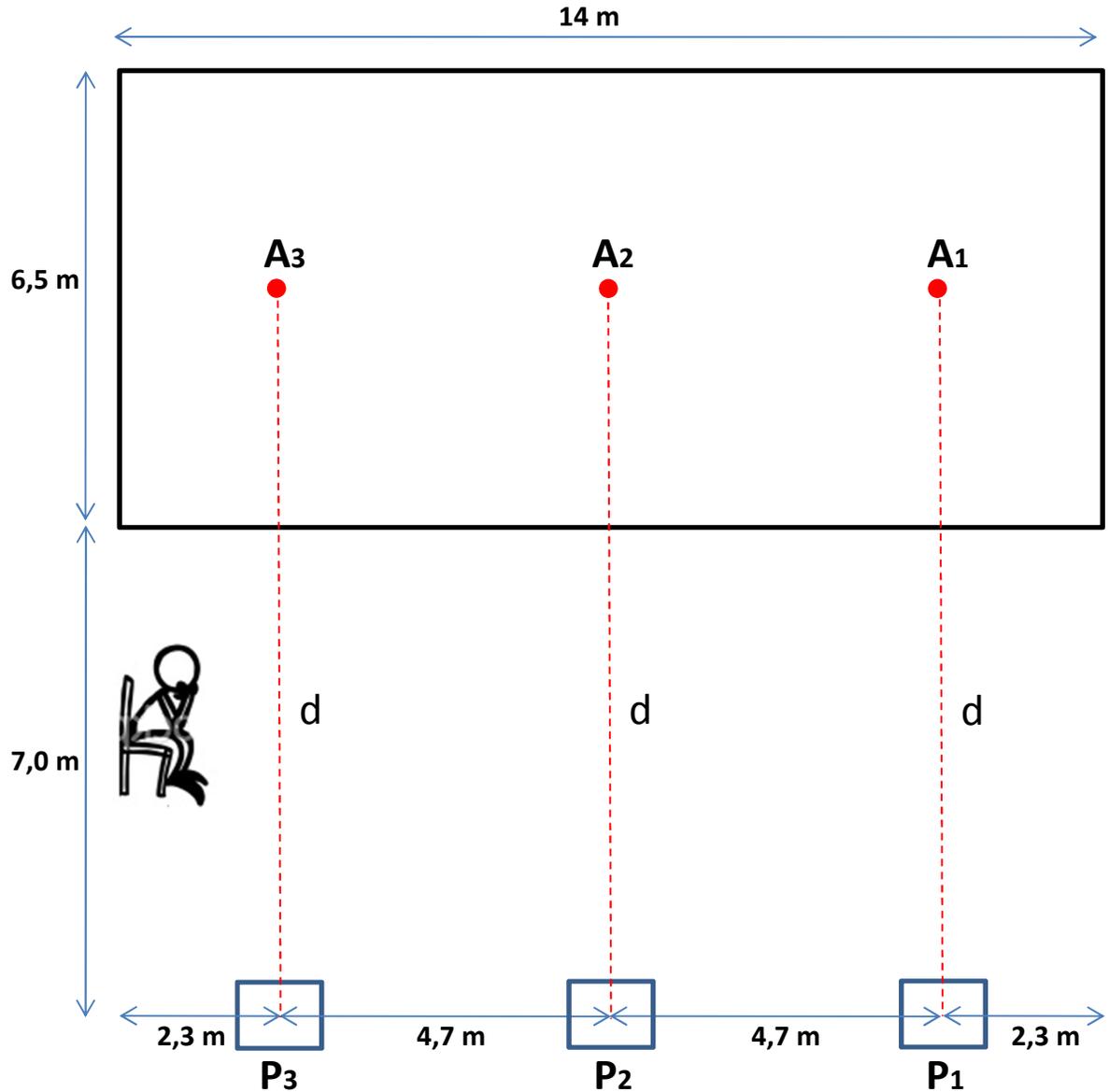
6 - Vista lateral:



$$e = 2 * d * \tan \frac{\theta}{2}$$

$$e_v = 2 * 7,7 * \tan \frac{68^\circ}{2} \approx 10,4m$$

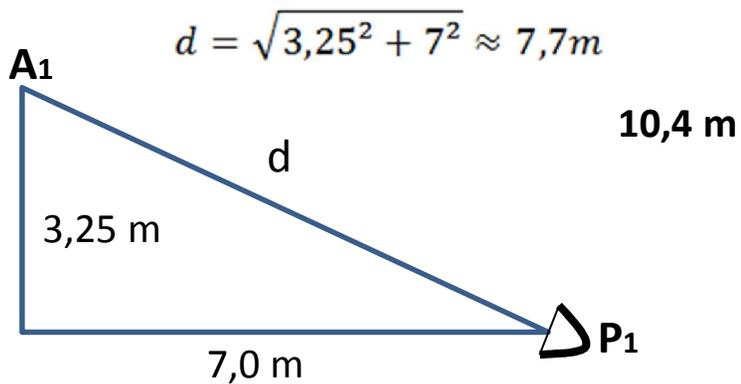
$$e_h = 2 * 7,7 * \tan \frac{34^\circ}{2} \approx 4,7m$$



Iluminação por projetores (refletores)

Solução:

6 - Vista lateral:

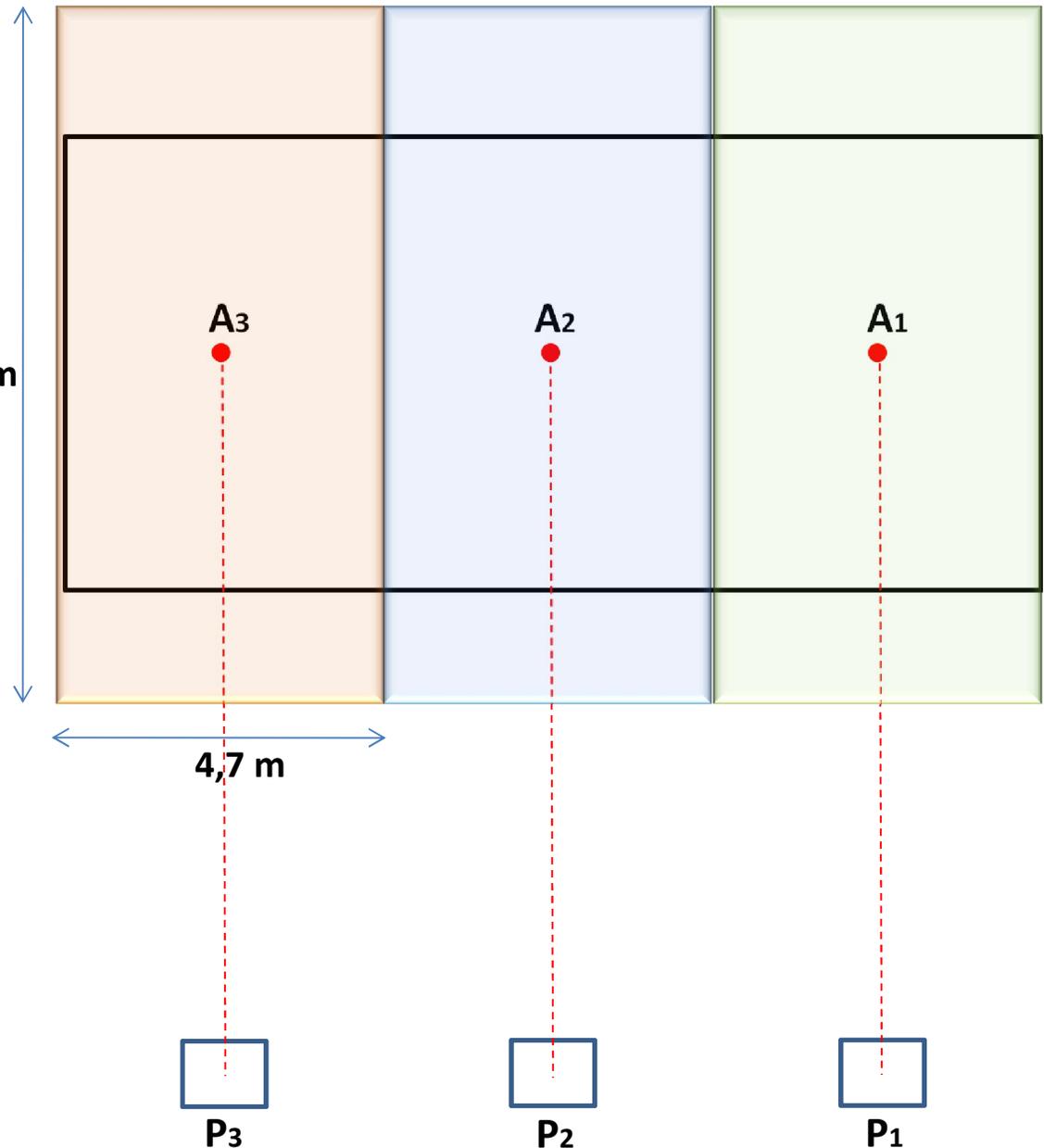


$$d = \sqrt{3,25^2 + 7^2} \approx 7,7\text{ m}$$

$$e = 2 * d * \tan \frac{\theta}{2}$$

$$e_v = 2 * 7,7 * \tan \frac{68^\circ}{2} \approx 10,4\text{ m}$$

$$e_h = 2 * 7,7 * \tan \frac{34^\circ}{2} \approx 4,7\text{ m}$$



Iluminação por projetores (refletores)

Solução:

6 – Qual a iluminância nos pontos A₃, X e Y?

- No ponto A₃: $\alpha = 0^\circ$

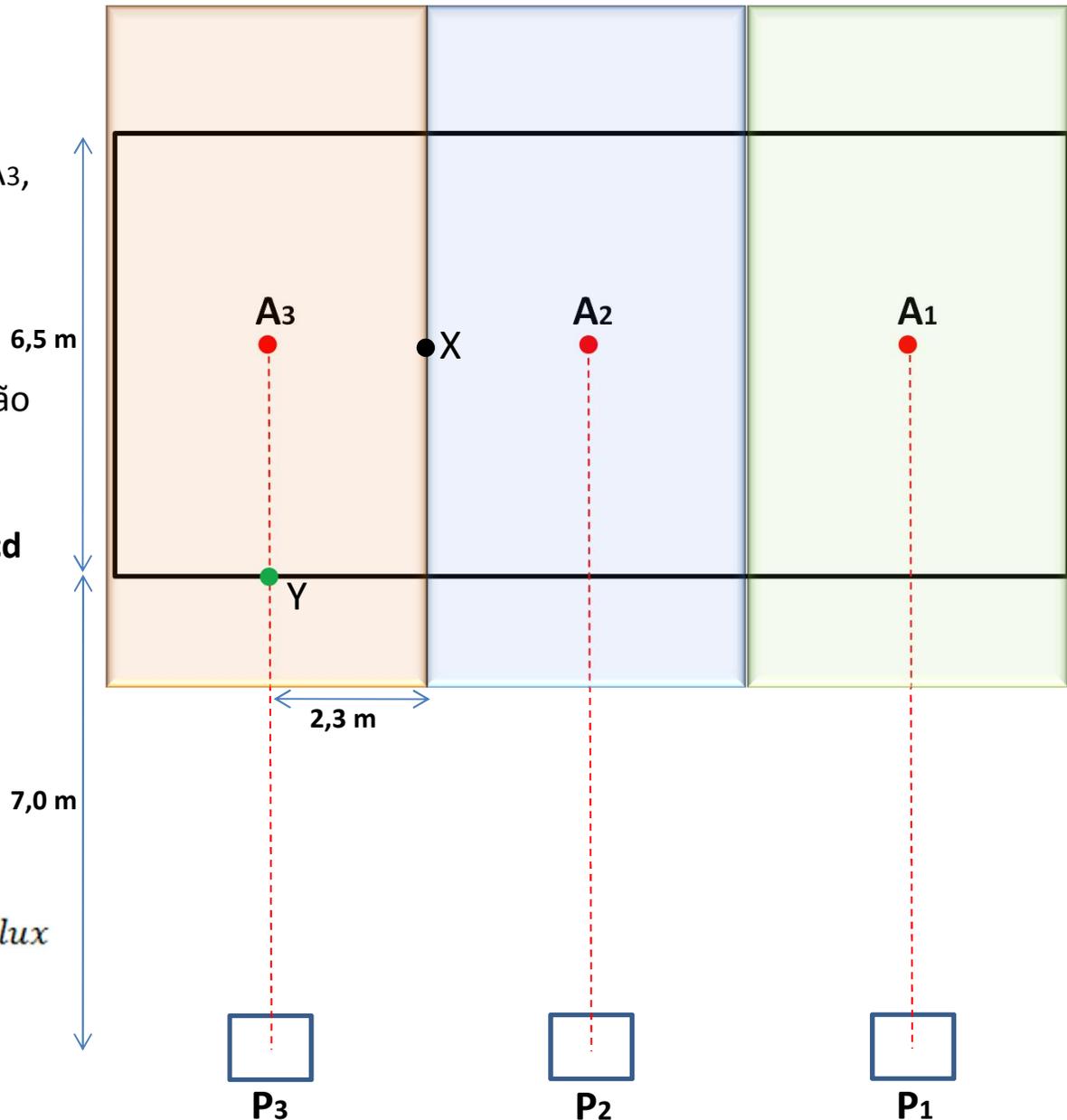
Logo, pela curva de distribuição luminosa: $I \approx 2897 \text{ cd}/1000\text{lm}$

$$I_{A_3} = (2897/1000) * 5950 = 17237,15 \text{ cd}$$

Assim:

$$E_{A_3} = \frac{I_{A_3} * \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$E_{A_3} = \frac{17237,15 * \cos^3 0^\circ}{7^2} \approx 351,80 \text{ lux}$$



Iluminação por projetores (refletores)

Solução:

6 – Qual a iluminância nos pontos A₃, X e Y?

- No ponto Y: $\alpha = 24,9^\circ$ (na Vertical)

Logo, pela curva de distribuição luminosa (Vertical):

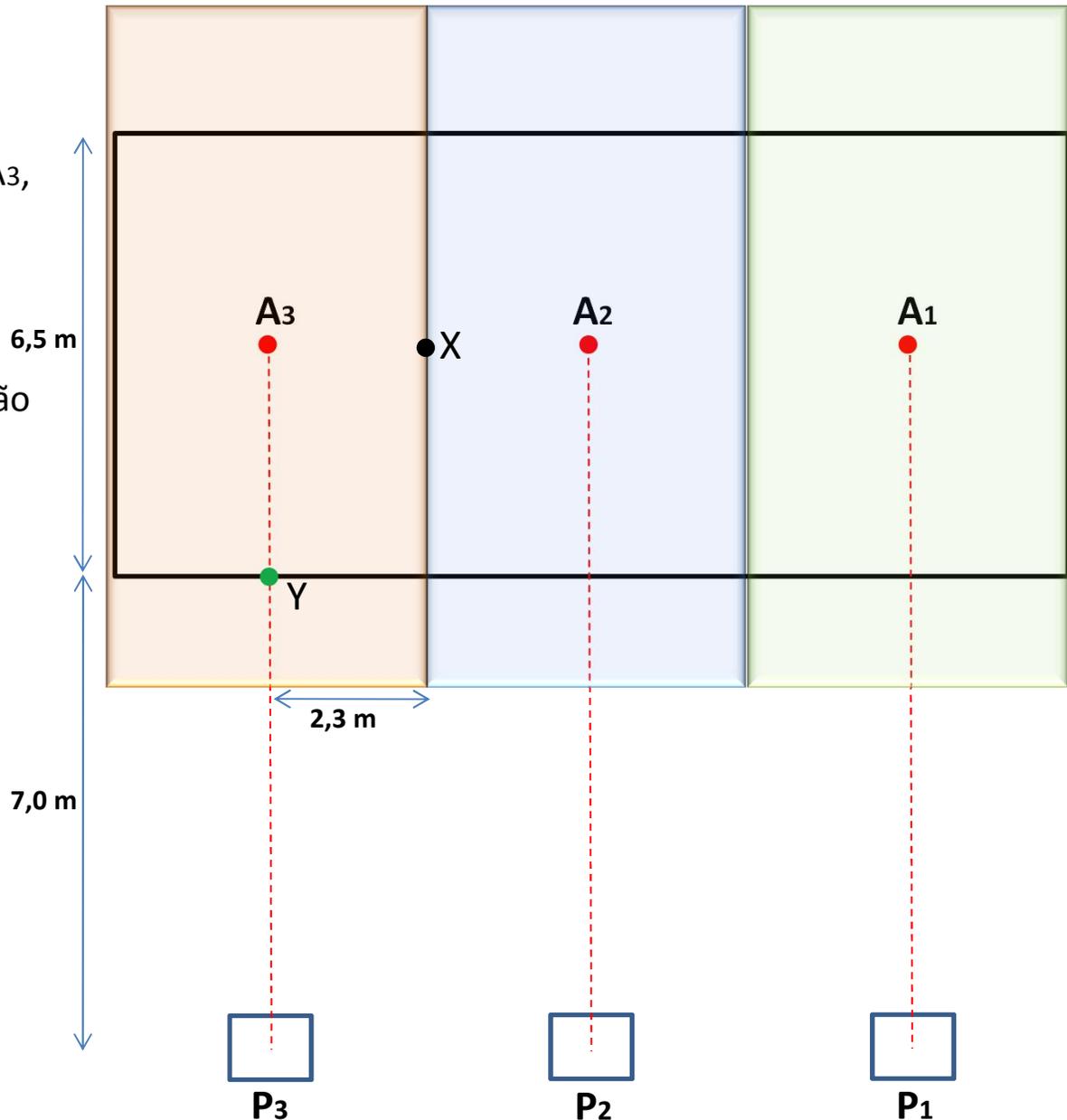
$$I \approx 500 \text{ cd}/1000\text{lm}$$

$$I_Y = (500/1000) * 5950 = 2975 \text{ cd}$$

Assim:

$$E_Y = \frac{I_Y * \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$E_Y = \frac{2975 * \cos^3 24,9^\circ}{7^2} \approx 45,31 \text{ lux}$$



Iluminação por projetores (refletores)

Solução:

6 – Qual a iluminância nos pontos A₃, X e Y?

- No ponto X: $\alpha = 17^\circ$ (na Horizontal)

Logo, pela curva de distribuição luminosa (horizontal):

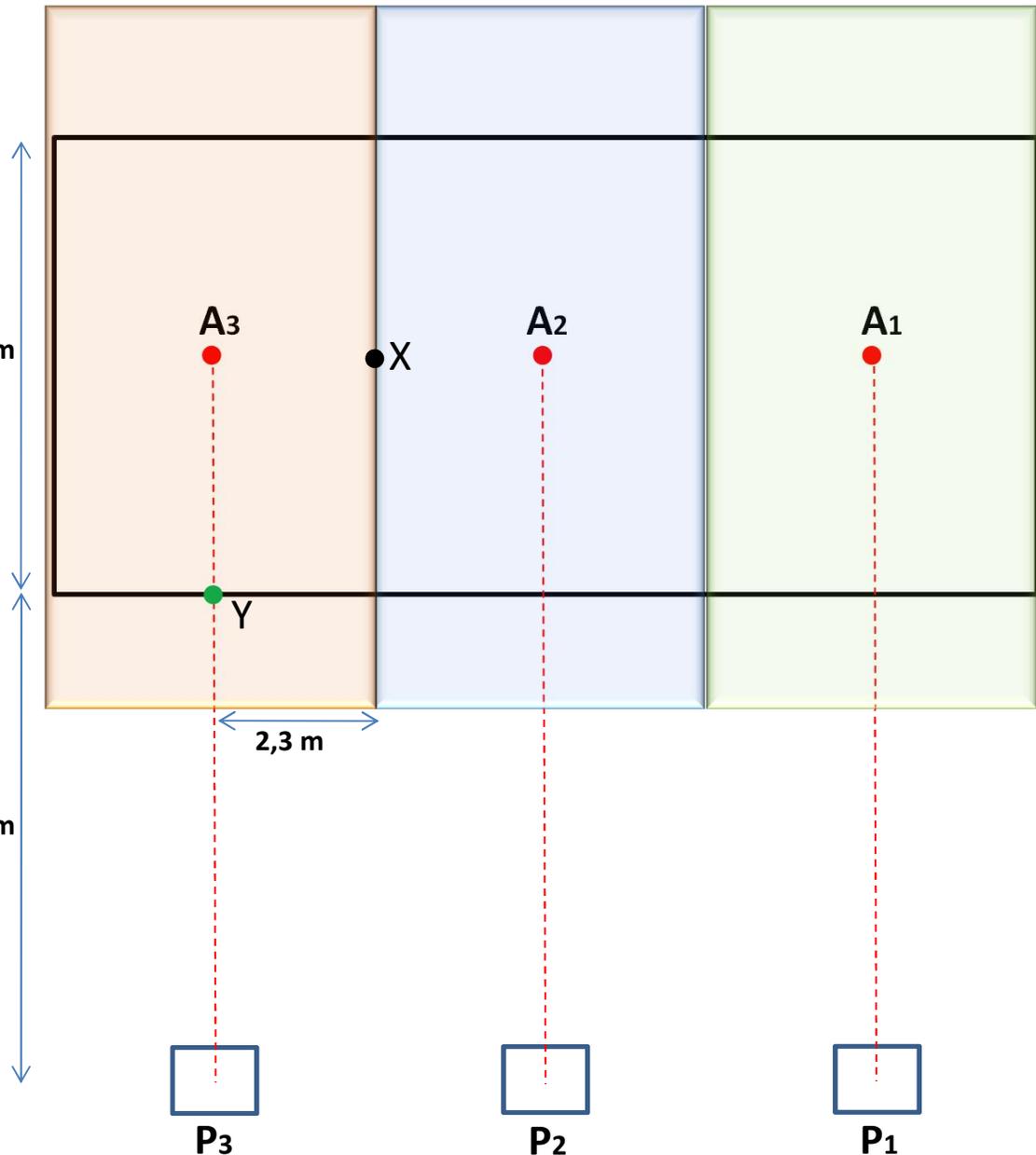
$$I \approx 300 \text{ cd}/1000\text{lm}$$

$$I_X = (300/1000) * 5950 = 1785 \text{ cd}$$

Assim:

$$E_X = \frac{(I_{X_{A_3}} + I_{X_{A_2}}) * \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$E_X = \frac{(1785 + 1785) * \cos^3 17^\circ}{7^2} \approx 64 \text{ lux}$$



Iluminação de ruas e calçadas

- ✓ A seguir serão descritas as regras práticas que servem de orientação em projetos de iluminação que complementam alguns projetos de instalações prediais, como é o caso de arruamentos de complexos industriais e conjuntos habitacionais.
- ✓ Para o iluminamento de ruas e calçadas utiliza-se normalmente o **Diagrama de Curvas Isolux**, nos quais a iluminância é representada sob forma percentual, onde 100 equivale ao valor máximo. Um exemplo de curva isolux é mostrado a seguir:

Iluminação de ruas e calçadas

✓ Diagrama de Curvas Isolux (Luminária HRC 510 – Philips)

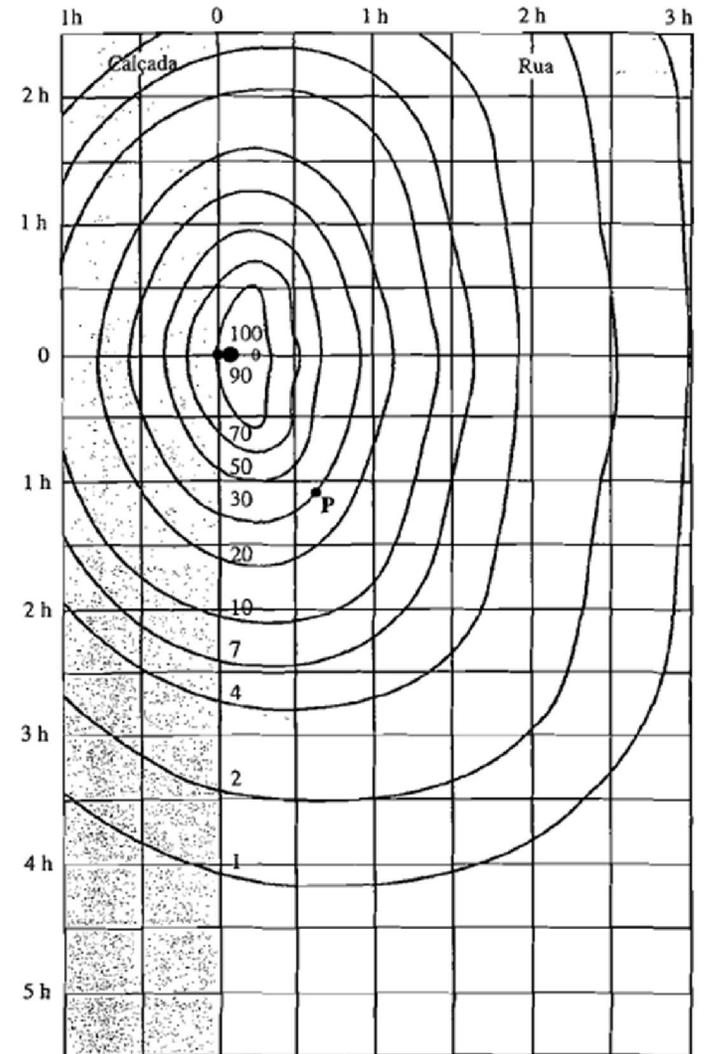
$$E_{m\acute{a}x} = 0,145 * \frac{\Phi}{h^2}$$

Φ : fluxo luminoso da lâmpada em lúmens

h : altura de montagem em metros

Para se obter a iluminância de um ponto **P** qualquer, basta verificar o valor percentual neste ponto em relação ao valor máximo. As escalas referem-se ao valor de h , isto é, à altura de montagem da luminária. Assim, se a luminária for montada a 8 m de altura, h será igual a 8 m e $2h$ igual 16 m, e assim por diante. Vale lembrar que:

“Cada luminária terá sua própria fórmula de iluminância máxima”



Iluminação de ruas e calçadas

- ✓ Exemplo 1: Qual o iluminamento que será obtido num ponto P da figura abaixo utilizando uma luminária instalada a 10 m de altura, com lâmpada HPL-N 400 da Philips?

Solução

Pelos dados dos fabricantes, temos:

Fluxo da lâmpada HPL-N 400 ($\Phi = 23000 \text{ lm}$).

$$E_{m\acute{a}x} = 0,128 * \frac{\Phi}{h^2} = 0,128 * \frac{23000}{10^2} = 29,44 \text{ lux}$$

O iluminamento em P será:

$$E = 0,20 * E_{m\acute{a}x} = 0,20 * 29,44 = 5,888 \text{ lux}$$

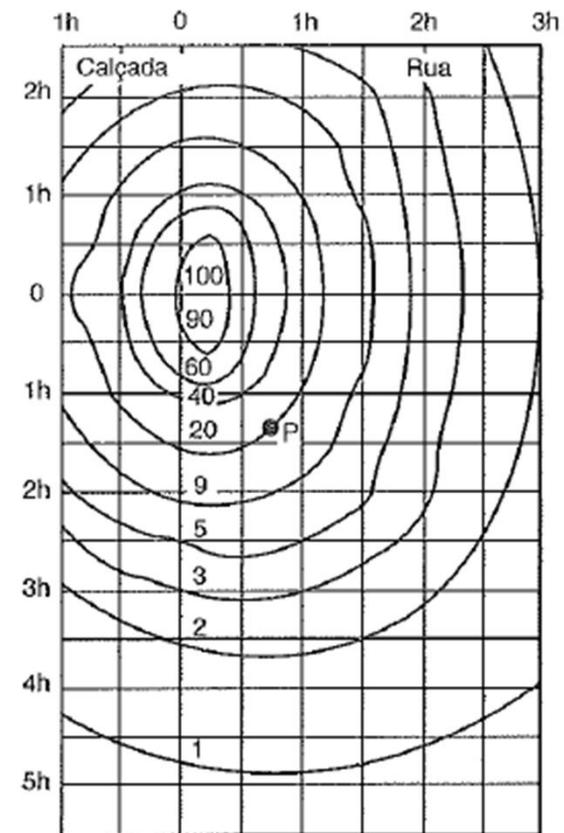
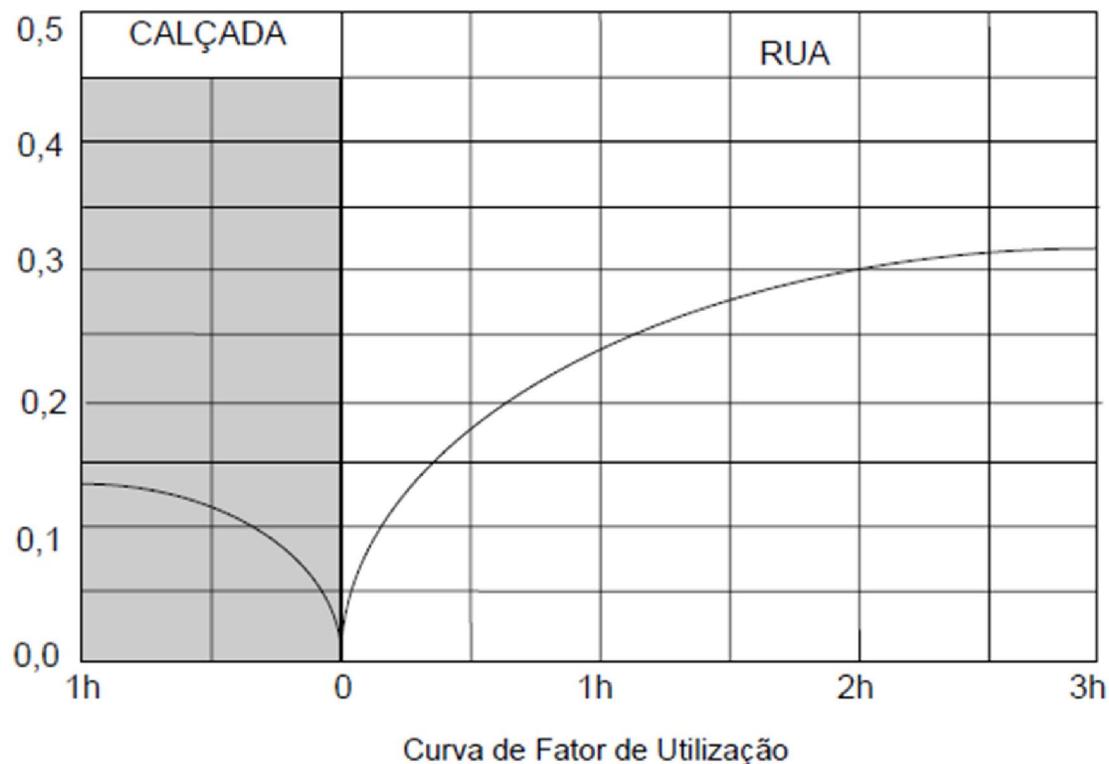


Diagrama de curvas isolux relativas num plano por 1 000 lumens.

Iluminação de ruas e calçadas

- ✓ Pode-se obter também o nível médio de iluminância produzido pela luminária utilizando-se a Curva de Fator de Utilização, que fornece o **Coefficiente de Utilização**. Esse último indica a porcentagem dos lumens da lâmpada que a luminária envia a uma faixa do solo com largura determinada.



Iluminação de ruas e calçadas

- ✓ O fator de utilização permite calcular a quantidade de luz recebida pela calçada e pela rua. Para isso, as seguintes equações podem ser utilizadas:

- Iluminância Média na Rua:

$$E_r = \frac{\Phi U_r}{S L}$$

onde:

E_r : iluminação na rua, lux

Φ : fluxo da lâmpada, lm

U_r : fator de utilização do lado da rua

S : espaçamento entre os postes, m

L : largura da rua, m

- Iluminância Média na Calçada:

$$E_c = \frac{\Phi U_c}{S l}$$

onde:

E_c : iluminação na calçada, lux

Φ : fluxo da lâmpada, lm

U_c : fator de utilização do lado da calçada

S : espaçamento entre os postes, m

l : largura da calçada, m

Iluminação de ruas e calçadas

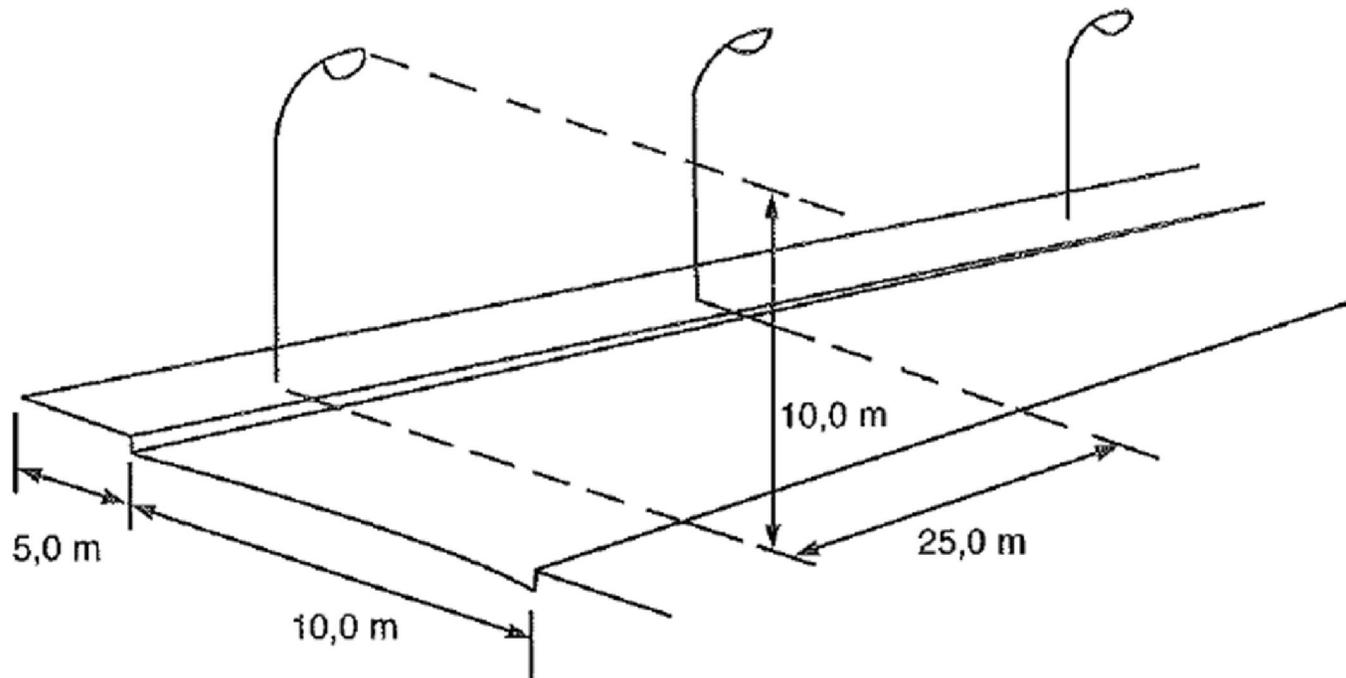
- ✓ Níveis de iluminação recomendados para áreas externas

Níveis de iluminação para áreas externas

Área	E (lux)
Depósitos ao ar livre	10
Parques de estacionamento	50
Vias de tráfego	70

Iluminação de ruas e calçadas

- ✓ Exemplo 2: Utilizando a mesma luminária do exemplo 1, quais os níveis médios de iluminação do lado da rua e do lado da calçada, sabendo que a largura da rua é 10 m, a largura da calçada é de 5 m e o espaçamento entre os postes de 25 m.



Iluminação de ruas e calçadas

- ✓ Exemplo 2: Utilizando a mesma luminária do exemplo 1, quais os níveis médios de iluminação do lado da rua e do lado da calçada, sabendo que a largura da rua é 10 m, a largura da calçada é de 5 m e o espaçamento entre os postes de 25 m.

Solução

Pela curva do fator de utilização, temos:

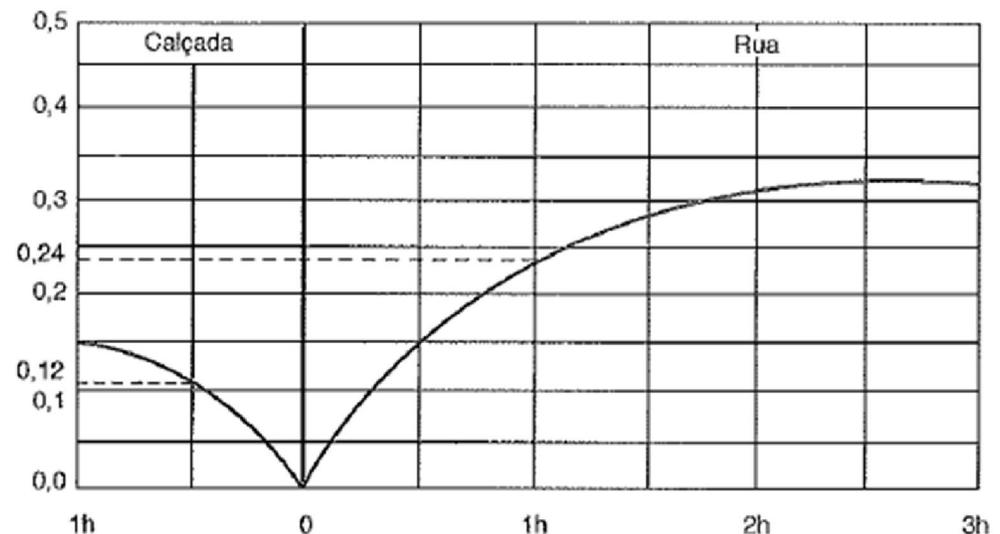
$$U_r \approx 0,24 \quad U_c = 0,12$$

O iluminamento médio do lado da rua será:

$$E_r = \frac{\Phi * U_r}{S * L} = \frac{23000 * 0,24}{25 * 10} = 22,08 \text{ lux}$$

O iluminamento médio do lado da calçada será:

$$E_c = \frac{\Phi * U_c}{S * e} = \frac{23000 * 0,12}{25 * 5} = 22,08 \text{ lux}$$



Curva do fator de utilização.