



**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Centro Tecnológico**  
**Departamento de Engenharia Elétrica**  
**Prof. Hélio Marcos André Antunes**



## **Unidade 8: Luminotécnica – Aula 18**



**Instalações Elétricas I**  
**Engenharia Elétrica**



## 8.2.11 - LEDs

- LED: Light Emitter Diode (Diodo Emissor de Luz).
- Trata-se de um simples diodo, formado pela junção de dois materiais semicondutores, P e N.
- Quando uma corrente elétrica atravessa a junção PN, luz é emitida.
- Os LEDs de potência surgiram na década de 90, com a tecnologia InGaN. Possuem potência de 1W a 15W, em várias cores.

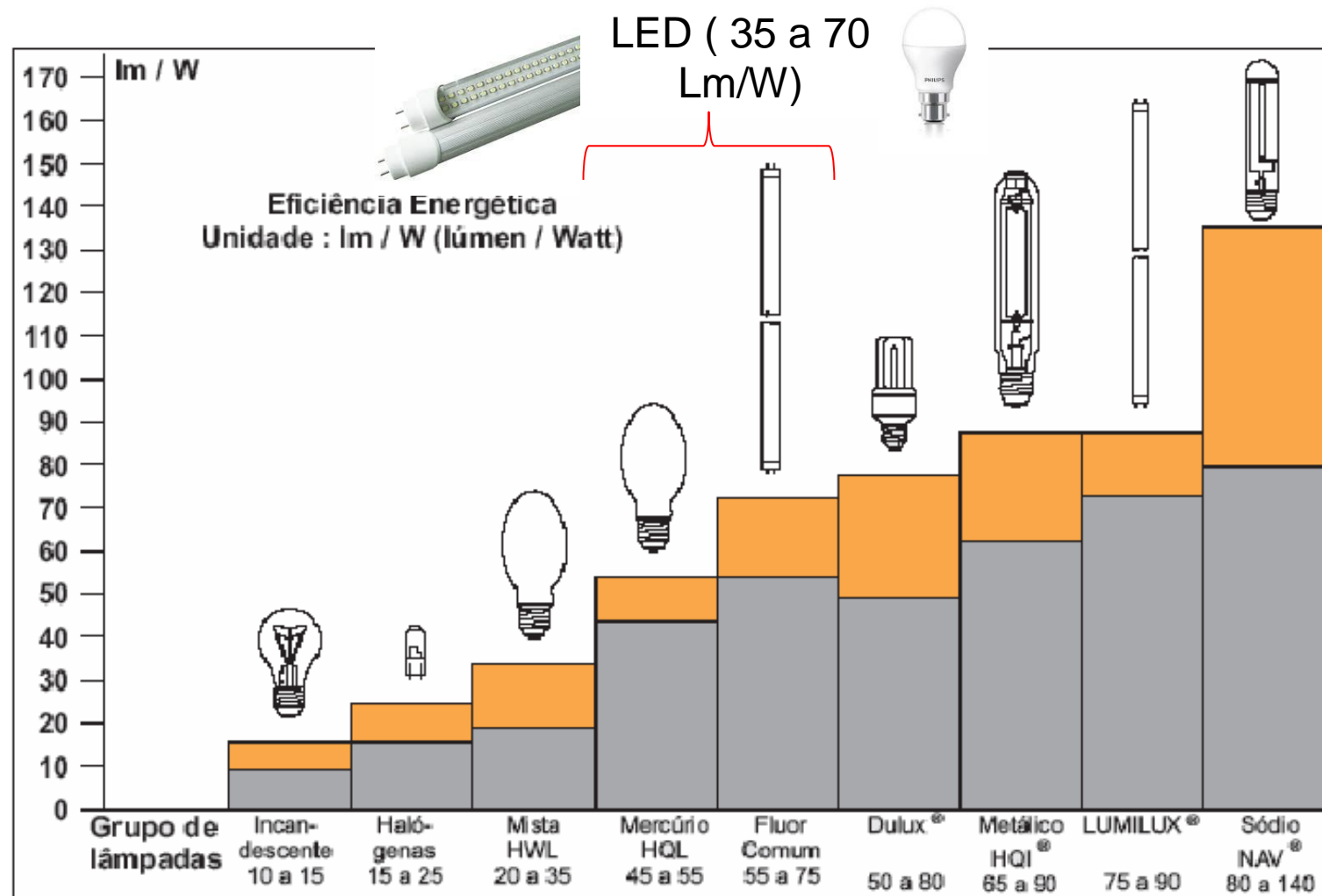


# LEDs

---

- Características:
  - Não possuem filamentos nem descarga elétrica;
  - Trabalham em baixa tensão, normalmente 5 ou 12 volts;
  - Grande eficiência energética;
  - Vida útil de até 25000 horas;
  - Pode apresentar IRC na escala de 0 a 100 e TCC entre 2760 K a 10000 K;
  - Tem a vantagem de praticamente não emitir radiações infravermelha e ultravioleta;
  - Oferecem a possibilidade de criar cenas no modo RGB, comandadas por controle remoto ou computador;
  - Cores variadas.
  - Custo elevado quando comparado as fluorescentes compactas.

# Eficiência Luminosa



Fonte: Manual Prático Osram

## 8.3- Luminárias

- São aparelhos destinados à fixação das lâmpadas, devendo apresentar as seguintes características básicas:
  - serem agradáveis ao observador;
  - modificam o fluxo luminoso da fonte de luz;
  - possibilitam uma fácil instalação da lâmpada e sua posterior manutenção.



# Principais componentes

- Corpo
- Refletor
  - Reflete e distribui a luz emitida pela lâmpada do interior da luminária;
  - Pode ser parabólico, elipsoidal, esférico ou hiperbólico;
  - Podem ter a superfície:
    - Esmaltada;
    - Anodizada;
    - Pelicular;
- Aletas
  - Tem como função evitar o ofuscamento;
- Porta lâmpada



## 8.4 - Projeto Luminotécnico

---

- Considerações importantes no projeto de iluminação:
  - Recomenda-se que a relação das iluminâncias dos pontos de maior e menor iluminamento não seja menor a 70% (mínimo 10%);
  - Em prédios com pé-direito igual ou inferior a 6 m é conveniente utilizar lâmpadas fluorescentes em linhas contínuas ou ininterruptas;
  - Em prédios com pé-direito superior a 6 m é conveniente utilizar lâmpadas de descarga de alto fluxo luminoso.
- Existem três métodos para a determinação do iluminamento dos diversos ambientes de trabalho: método dos lúmens, método das cavidades zonais e método ponto a ponto.

## 8.4.1- Método dos Lúmens

- É baseado na determinação do fluxo luminoso necessário para se obter um iluminamento médio desejado no plano de trabalho.

$$\phi_t = \frac{E \times S}{F_u \times F_{dl}}$$

- $\Phi_t$  – Fluxo total a ser emitido pelas lâmpadas, em lúmens;
- $E$  – iluminamento médio requerido pelo ambiente a iluminar, em lux;
- $S$  – área do recinto, em  $m^2$ ;
- $F_{dl}$  – fator de depreciação do serviço da luminária;
- $F_u$  – fator de utilização do recinto.



# Iluminamento

- Nível de Iluminamento adequado é definido pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1.
- Divido por tipo de ambiente, com recomendação do IRC ( $R_a$ ).

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\overline{E}_m$ lux	$R_a$	Observações
<b>24. Restaurantes e hotéis</b>			
Recepção/caixa/portaria	300	80	
Cozinha	500	80	
Restaurante, sala de jantar, sala de eventos	200	80	Recomenda-se que a iluminação seja projetada para criar um ambiente íntimo.
Restaurante <i>self-service</i>	200	80	
Bufê	300	80	
Salas de conferência	500	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.

# Fator de Depreciação do Serviço da Luminária

- Mede a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma luminária no fim do período considerado para iniciar o processo de manutenção e o fluxo no início de operação.

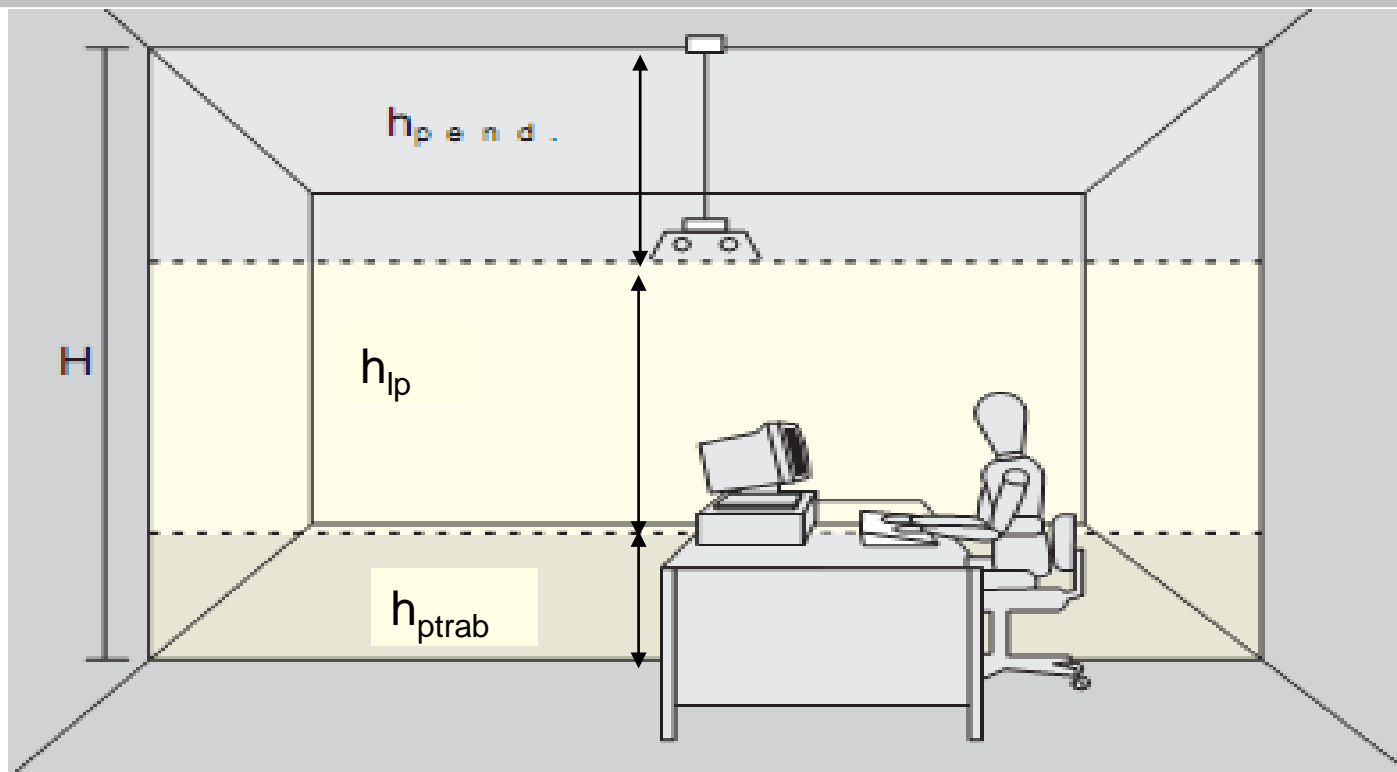
Tipo de aparelho	F <sub>d</sub>
Luminária comercial	0,75
Luminária ampla utilizada em linhas contínuas	
Refletor parabólico para 2 lâmpadas incandescentes	0,70
Refletor industrial para lâmpada VM	
Aparelho para lâmpada incandescente para iluminação indireta	
Luminária industrial tipo Miller	
Luminária com difusor de acrílico	0,60
Globo de vidro fechado para lâmpada incandescente	
Refletor com difusor plástico	
Luminária comercial para lâmpada <i>high output</i> com colmeia	
Luminária para lâmpada fluorescente para iluminação indireta	

# Fator de Utilização

- É a relação entre o fluxo luminoso que chega ao plano de trabalho e o fluxo luminoso total emitido pelas lâmpadas.
- Refletâncias médias:
  - Teto: Branco = 70%, claro = 50%, escuro = 30%;
  - Paredes: Claras = 50%, escuras = 30%;
  - Pisos: escuros = 10%.
- Índice do recinto K:
  - A – comprimento do recinto em m;
  - B – largura do recinto, em m;
  - $H_{lp}$  – altura da fonte de luz, sobre o plano de trabalho, em m.

$$K = \frac{A \times B}{H_{lp} \times (A + B)}$$

# Fator de Utilização



$$H_{lp} = H - h_{pend} - h_{ptrab}$$

$H$  – Altura do pé direito.

$h_{pend}$  – Altura de instalação da luminária.

$h_{ptrab}$  – Altura do plano de trabalho.

$H_{lp}$  – Altura entre o plano de trabalho e a luminária.

# Fator de Utilização

Tabela de Fator de Utilização - TBS027 - 2 x TLDRS 32W

Fator de Área K	80		70				50		30		0
	50	50	50	50	50	30	30	10	30	10	0
	30	10	30	20	10	10	10	10	10	10	0
0.60	.42	.40	.41	.40	.39	.34	.33	.30	.33	.30	.28
0.80	.50	.47	.49	.48	.46	.41	.40	.37	.40	.37	.35
1.00	.57	.53	.56	.54	.52	.47	.46	.43	.46	.42	.41
1.25	.64	.58	.62	.60	.58	.53	.52	.48	.51	.48	.46
1.50	.69	.62	.67	.64	.62	.57	.56	.53	.55	.52	.51
2.00	.76	.68	.74	.71	.67	.64	.63	.60	.62	.59	.57
2.50	.81	.72	.79	.75	.71	.68	.67	.64	.66	.63	.62
3.00	.85	.74	.82	.78	.73	.71	.70	.67	.68	.67	.65
4.00	.89	.77	.87	.81	.76	.74	.73	.71	.72	.70	.68
5.00	.92	.79	.89	.83	.78	.76	.75	.74	.74	.72	.70



# Cálculo do Número de Luminárias

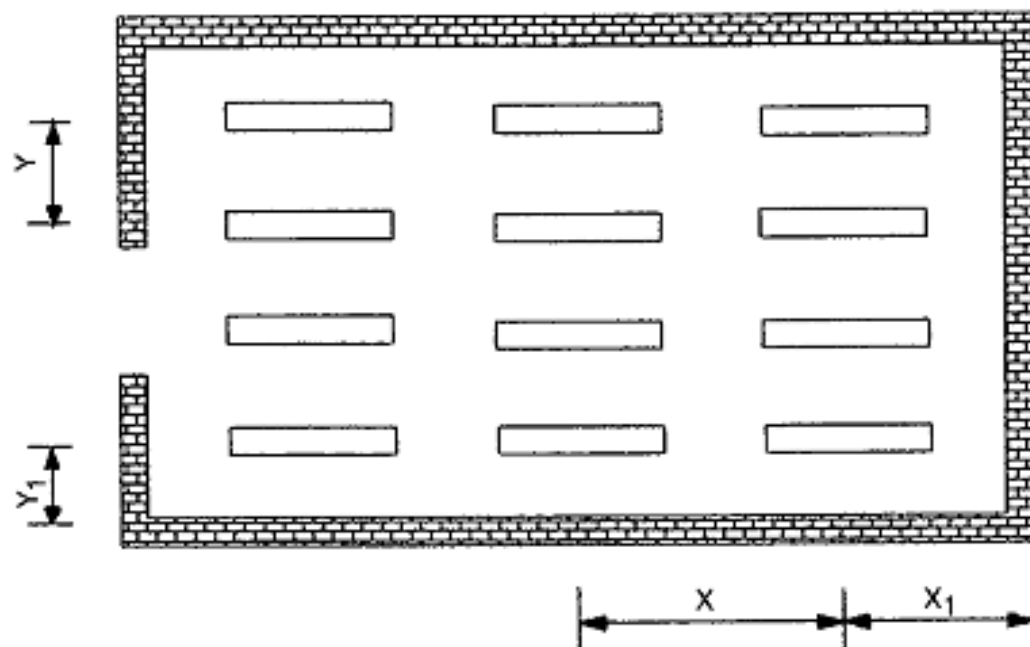
- É dado pela equação:

$$N_{lu} = \frac{\phi_t}{N_{la} \times \phi_l}$$

- $\phi_t$ : Fluxo luminoso total.
- $N_{la}$ : Número de lâmpadas por luminária.
- $\phi_l$ : Fluxo luminoso emitido por uma lâmpada.
- $N_{lu}$ : Número de luminárias

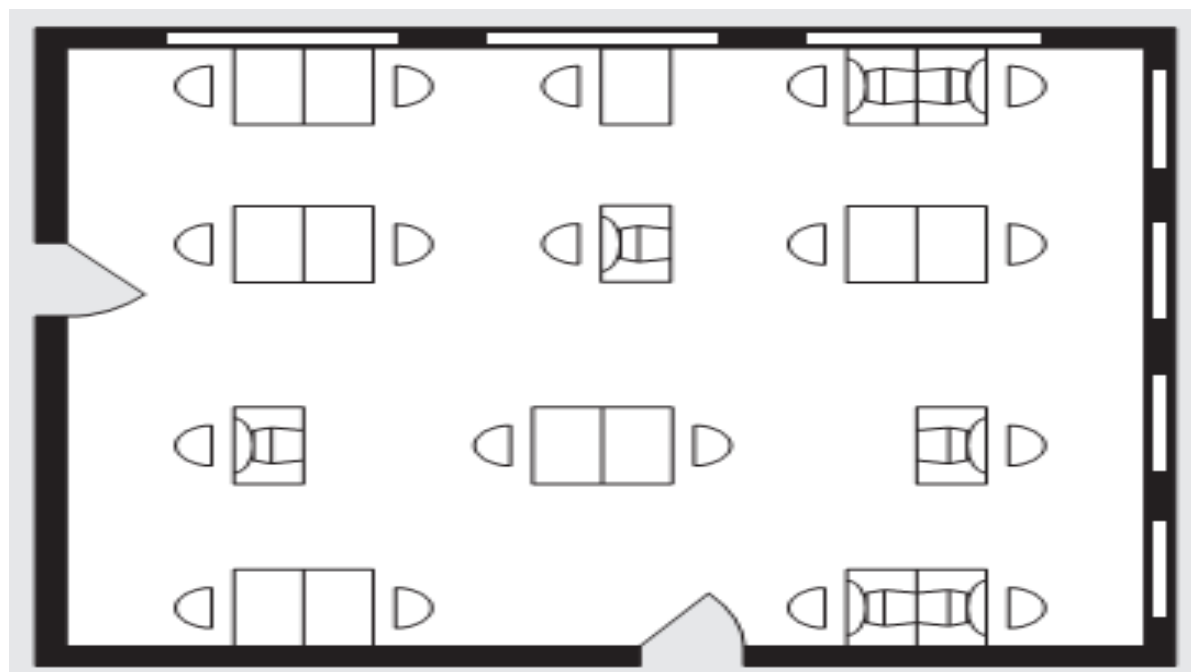
# Distribuição das luminárias

- O espaçamento entre as luminárias depende da altura útil.
- A distância máxima entre os centros das luminárias deve ser de 1 a 1,5 da altura útil ( $H_{lp} \leq X \leq 1,5 H_{lp}$  e  $H_{lp} \leq Y \leq 1,5 H_{lp}$ ).
- O espaçamento da luminária à parede deve corresponder a metade deste valor,  $Y_1=Y/2$  e  $X_1=X/2$ ).



# Exemplo Método dos Lúmens

Deseja-se iluminar um escritório de contabilidade, que possui 10m de comprimento por 5m de largura e um pé direito de 3,3m, com lâmpadas fluorescentes tubulares colocadas em luminárias embutidas no teto (o teto foi rebaixado em 0,5m). O ambiente tem teto branco, paredes claras, piso escuro e é considerado limpo. Considere o plano de trabalho com 0,8m, com iluminância de 500 lux. Calcule o número de luminárias e distribua no ambiente.

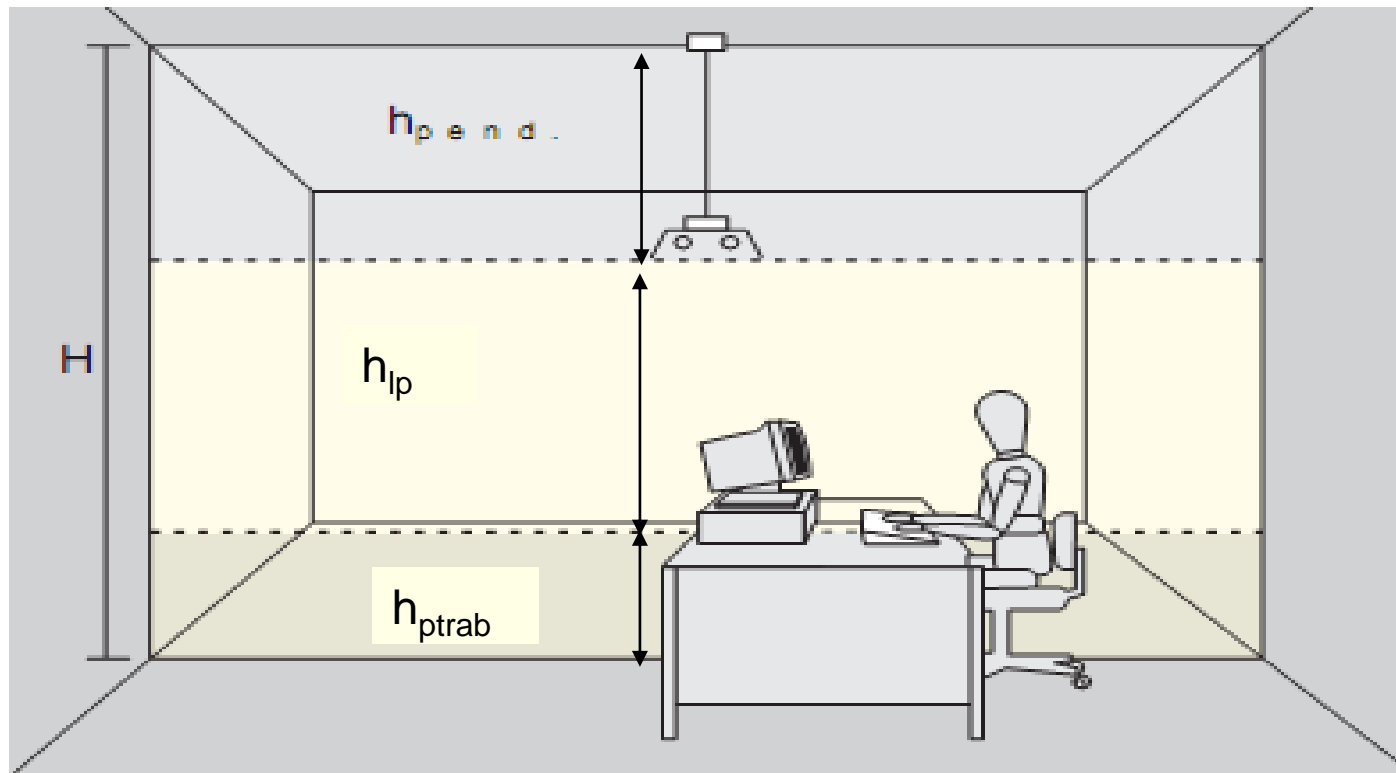




# Resolução Exemplo

a) Definindo o fator do local (K):

- Altura da luminária ao plano de trabalho:  $H_{lp}$



$$H_{lp} = H - h_{pend} - h_{ptrab} = 3,3 - 0,8 - 0,5 = 2 \text{ m}$$

# Resolução Exemplo

Definindo o fator do local (K):

$$K = \frac{A \times B}{H_{lp} \times (A+B)} = \frac{10 \times 5}{2 \times (10+5)} = 1,667$$

- A – comprimento do recinto em m;
- B – largura do recinto, em m;
- $H_{lp}$  – altura da fonte de luz, sobre o plano de trabalho, em m.

# Exemplo Método dos Lúmens

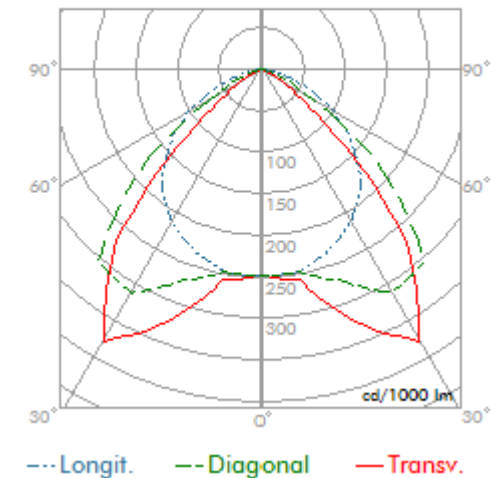
b) Definindo o fator de utilização:

Escolhendo a luminária

Fabricante:



CURVA DE DISTRIBUIÇÃO LUMINOSA



**Especificação:** Luminária de embutir em forro de gesso ou modulado para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 28W. Corpo em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor e aletas parabólicas em alumínio anodizado de alto brilho e cobre soquete com acabamento especular de alto brilho. Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

**Aplicação:** Locais de trabalho com uso freqüente de computadores como sala de controle ou monitoramento, CPD, escritório, telemarketing, área de atendimento, etc.

**Rendimento:** 71%

**Dimensões:** A= 55 x L= 203 x C= 1243 mm. / Modulação: 212 x 1250 mm. / Nicho: 180 x 1230 mm.

Obtido em: <http://www.itaim.ind.br>

# Exemplo Método dos Lúmens

Definindo o fator de utilização:

## FATOR DE UTILIZAÇÃO

TETO (%)	70	50	30	0
PAREDE (%)	50	30	10	0
PISO (%)	10	10	10	0
K <sub>r</sub>	FATOR DE UTILIZAÇÃO (X 0,01)			
0,60	37	33	29	28
0,80	45	40	37	35
1,00	50	46	43	41
1,25	55	51	48	46
1,50	58	55	52	50
2,00	63	60	58	55
2,50	66	64	62	59
3,00	68	66	64	61
4,00	70	69	67	63
5,00	71	70	69	65

Refletâncias médias:

Teto: Branco = 70%,

Paredes: Claras = 50%

Pisos: escuros = 10%

Qual  $f_u$  para  $K=1,667$ ?

Obtido em: <http://www.ita.im.ind.br>

# Exemplo Método dos Lúmens

Definindo o fator de utilização:

## FATOR DE UTILIZAÇÃO

TETO (%)	70	50	30	0
PAREDE (%)	50	30	10	0
PISO (%)	10	10	10	0
K <sub>r</sub>	FATOR DE UTILIZAÇÃO (X 0,01)			
0,60	37	33	29	28
0,80	45	40	37	35
1,00	50	46	43	41
1,25	55	51	48	46
1,50	58	55	52	50
2,00	63	60	58	55
2,50	66	64	62	59
3,00	68	66	64	61
4,00	70	69	67	63
5,00	71	70	69	65

Interpolação de primeira ordem:

$$\begin{aligned} (2-1,5) & - (0,63 - 0,58) \\ (1,667- 1,5) & - (f_u - 0,58) \end{aligned}$$

$$f_u = 0,597 \text{ ( para } K=1,667 \text{ )}$$

Obtido em: <http://www.itaim.ind.br>

# Exemplo Método dos Lúmens

c) Fator de depreciação da luminária ( $f_{dl}$ ):

Luminária comercial

Tipo de aparelho	$F_d$
Luminária comercial	0,75
Luminária ampla utilizada em linhas contínuas	
Refletor parabólico para 2 lâmpadas incandescentes	
Refletor industrial para lâmpada VM	0,70
Aparelho para lâmpada incandescente para iluminação indireta	
Luminária industrial tipo Miller	
Luminária com difusor de acrílico	
Globo de vidro fechado para lâmpada incandescente	

# Exemplo Método dos Lúmens

---

d) Cálculo do fluxo total:

$$\phi_t = \frac{E \times S}{F_u \times F_{dl}} = \frac{500 \times 10 \times 5}{0,597 \times 0,75} = 55865,9 \text{ lúmens}$$

# Exemplo Método dos Lúmens

e) Número de luminárias:

- Duas lâmpadas T5 por luminária, com fluxo luminoso de 2900 lúmens por lâmpada.

$$N_{lu} = \frac{\phi_t}{N_{la} \times \phi_l} = \frac{55865,9}{2 \times 2900} = 9,63 \approx 10 \text{ luminárias}$$

Lâmpada fluorescente tubular – T5/ Fabricante: GE

Código do produto	Código comercial	Potência Nom. (Watts)	Fluxo Luminoso após 100 h (lumens)	Vida Mediana Nom. (Horas)	Acabamento	Comp. Nom. (mm)	Diâm. Nom. (mm)
T5 STARCOAT ( Fig. 1 )							
Bulbo T5, Base Bipino Miniatura							
90247	F14W/T5/840/GE/STARCOAT/SL/1-30	14	1350	20.000	840 - 4.000K/IRC=85/Starcoat™	563	16
90255	F28W/T	28	2.900	20.000	840 - 4.000K/IRC=85/Starcoat™	1163	16





# Exemplo Método dos Lúmens

---

## f) Distribuição das luminárias

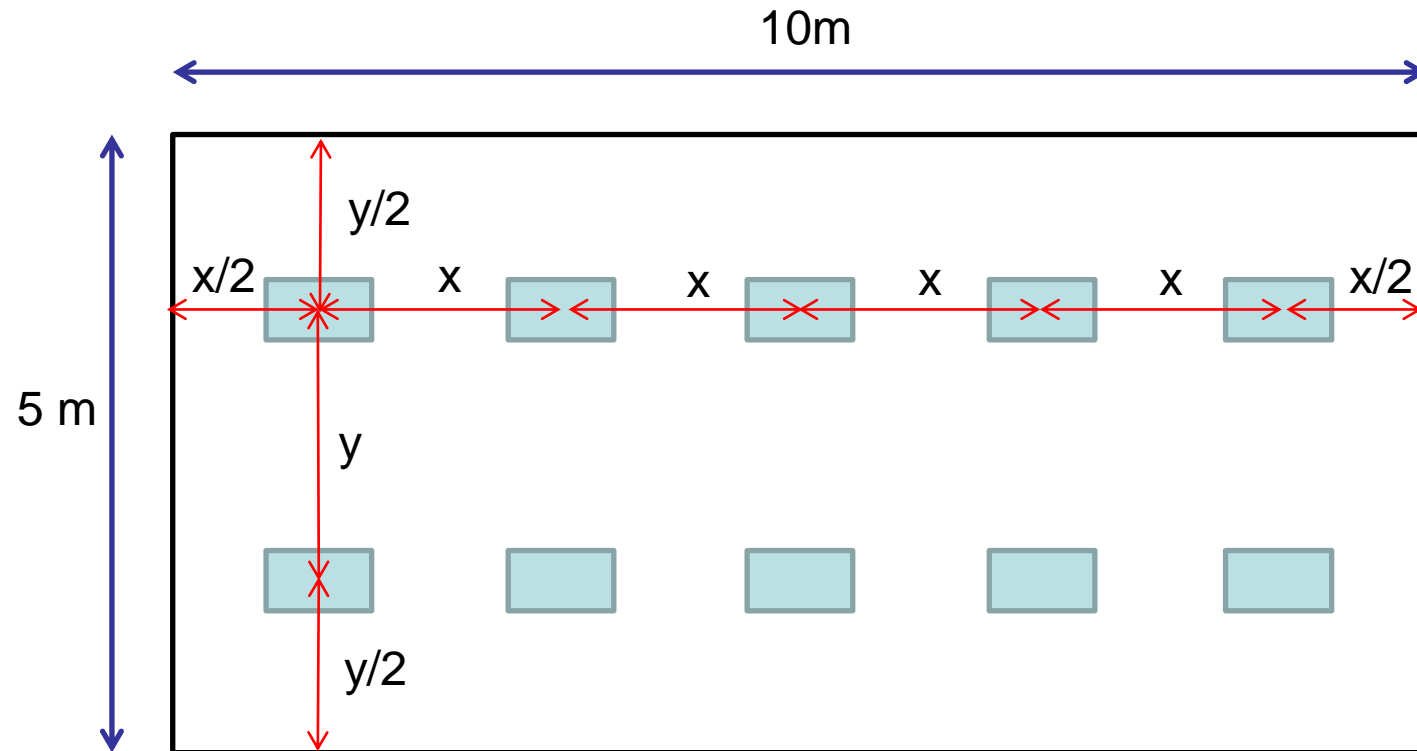
- Deve atender a relação:

$$H_{lp} \leq (X, Y) \leq 1,5 H_{lp} \rightarrow 2m \leq (X, Y) \leq 3,3m$$

# Exemplo Método dos Lúmens

## Distribuição das luminárias

- Distribuição inicial: duas colunas, com cinco luminárias cada.



$$X = \frac{C}{n^{\circ} \text{ de luminarias}} = \frac{10}{5} = 2 \text{ m}$$

$$Y = \frac{L}{n^{\circ} \text{ de luminarias}} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ m}$$

$2\text{m} \leq (X=2, Y=2,5) \leq 3,3\text{m}$  (OK!)

# Exemplo Método dos Lúmens

## g) Especificação final

- 10 luminárias para escritório fabricante ITAIM.
- 20 lâmpadas do tipo fluorescente tubular T5 (16mm) de 28W, IRC=85, TCC=4000K, GE, 127V.
- 10 reatores eletrônicos de partida rápida com  $fp=0,99$ , 127V/60Hz, para duas lâmpadas TL5 de 28W, 64W.

Reator eletrônico modelo: Ecotronic Plus TL5/ Fabricante: Philips

Ecotronic Plus® TL5



Código Comercial	Partida	Lâmpada (W)	Tensão Nominal (V)	Frequência (Hz)	Corrente da Rede (A)	Potência Total (W)	Fator de Potência
ES14A16 TL5	Rápida	1 x 14	127	50/60	0,15	18	0,99
ES28A16 TL5	Rápida	1 x 28	127	50/60	0,28	34	0,99
ED14A16 TL5	Rápida	2 x 14	127	50/60	0,28	34	0,99
ED28A16 TL5			127	50/60	0,53	64	0,99
ES14A26 TL5	Rápida	1 x 14	220	50/60	0,09	18	0,98
ES28A26 TL5	Rápida	1 x 28	220	50/60	0,15	33	0,98
ED14A26 TL5	Rápida	2 x 14	220	50/60	0,17	37	0,98
ED28A26 TL5	Rápida	2 x 28	220	50/60	0,33	68	0,98