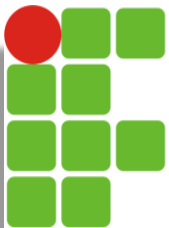


# Conforto Ambiental

UNIDADE IV - Conforto Lumínico

- 4.1. Conceitos fundamentais;
- 4.2. Iluminação natural;
- 4.3. Iluminação artificial



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
SUL-RIO-GRANDENSE  
Campus Passo Fundo

Loja: Reserved

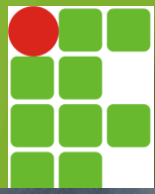
Original



Loja: Adidas

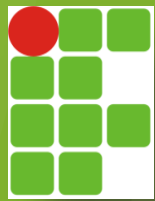
Original





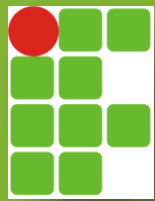
Original





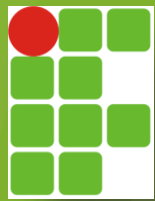
Original





Original





Original



Loja: PROMOD

Original

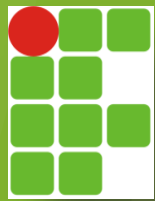




Loja: OSTIN

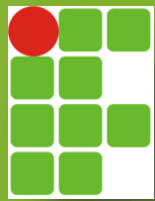
Original





Original





Original



Loja: Mango

Original



Loja: H&M

Original



# NOÇÕES DE LUMINOTÉCNICA

## ▶ Fluxo Luminoso ( $\theta$ ) [lm]

- ▶ É a quantidade total de luz emitida por uma fonte.

## ▶ Intensidade luminosa (I) [cd]

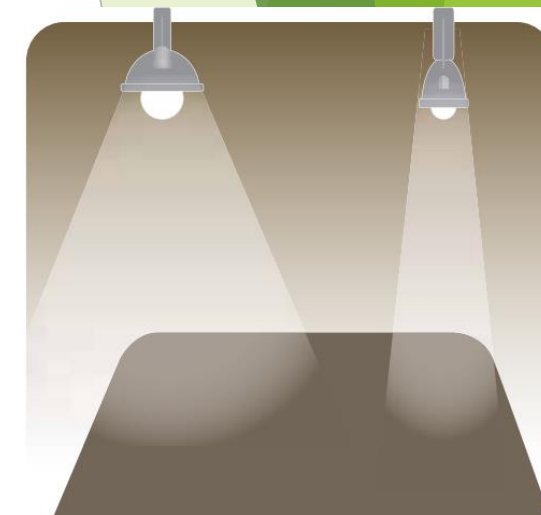
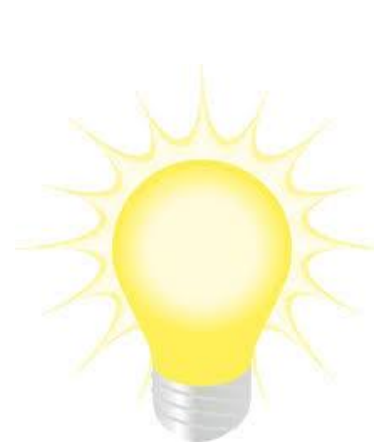
- ▶ É a quantidade de luz que uma fonte emite em uma determinada direção.

## ▶ Iluminância (E) [lx]

- ▶ É a quantidade de luz que está chegando em um ponto.
  - ▶  $\theta$  = fluxo Luminoso, em lúmens [lm]
  - ▶ d = área da superfície iluminada [m<sup>2</sup>].
  - ▶ E = iluminância, em lux. [lx]
  - ▶ I = Intensidade luminosa (I) [cd]

$$E = \frac{\theta}{d}$$

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



# NOÇÕES DE LUMINOTÉCNICA

## ▶ Luminância (L) [cd/m<sup>2</sup>]

- ▶ É a medida de sensação de claridade provocada por uma fonte de luz ou superfície iluminada e avaliada pelo cérebro.

- ▶ L = luminância, em cd/m<sup>2</sup>.

- ▶ I = Intensidade Luminosa, em cd.

- ▶  $\alpha$  = ângulo considerado, em graus.

- ▶ A = área projetada, em m<sup>2</sup>.

- ▶  $\rho$  = coeficiente de reflexão.

- ▶ E = iluminância sobre a superfície, em lux.

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

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$$

## ▶ Eficiência Luminosa ( $\eta$ ) [lm/w]

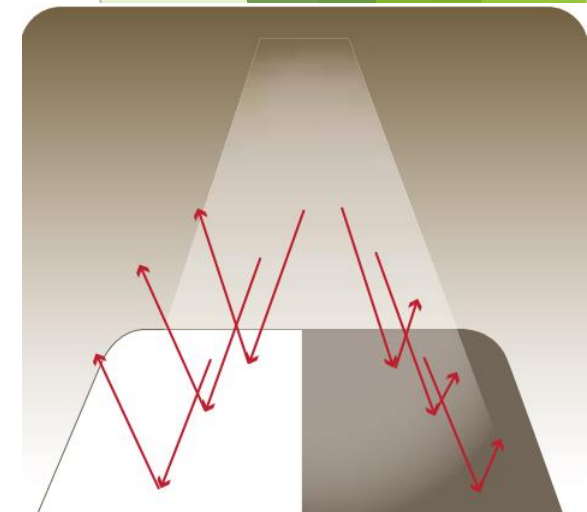
- ▶ É a relação entre a quantidade de lúmens emitidos e a potência consumida

- ▶  $\eta$  = eficiência Luminosa, em lúmen / Watt.

- ▶  $\Phi$  = fluxo Luminoso, em lúmen [lm].

- ▶ P = potência consumida, em Watt [w].

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$



# NOÇÕES DE LUMINOTÉCNICA



- ▶ Temperatura de Cor (T)
  - ▶ **Baixa** temperatura de cor, também chamadas de lâmpadas **quentes**
  - ▶ **Alta** temperatura de cor, também chamadas de lâmpadas **frias**



- ▶ Índice de Reprodução de Cores ( $R_a$ )

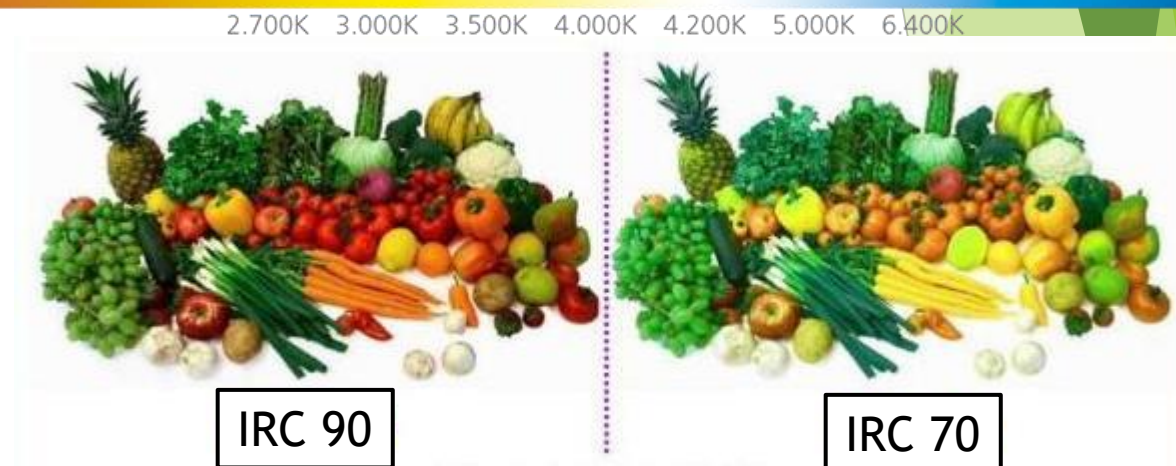
- ▶ Refletância ( $\rho$ )

- ▶ Parte do fluxo luminoso que incidem sobre uma superfície é absorvido, parte sofre refração e uma terceira parcela é refletida

- ▶  $\rho$  = Refletância

- ▶  $\varphi_{\text{refletido}}$  = fluxo luminoso refletido

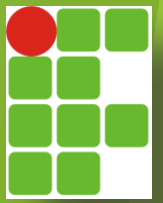
- ▶  $\varphi_{\text{incidente}}$  = fluxo luminoso incidente



NOTA BRASILEIRA Termo também conhecido como IRC, no Brasil, e CRI, internacionalmente

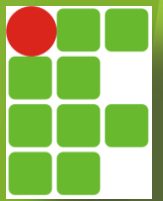


# MÉTODOS DE CÁLCULOS DE ILUMINAÇÃO



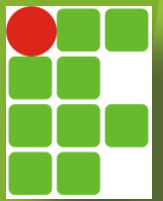
- ▶ A determinação dessa quantidade pode ser feita de três formas:
  - ▶ Pela carga mínima exigida por normas;
  - ▶ Pelo método dos lúmens;
  - ▶ Pelo método das cavidades zonais.

# Critérios do projeto de iluminação



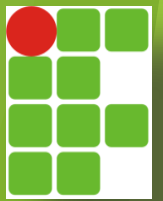
- ▶ Ambiente luminoso
  - ▶ Em geral a iluminação assegura:
    - ▶ conforto visual, dando aos trabalhadores uma sensação de bem-estar,
    - ▶ desempenho visual, ficando os trabalhadores capacitados a realizar suas tarefas visuais, rápida e precisamente, mesmo sob circunstâncias difíceis e durante longos períodos,
    - ▶ segurança visual, ao olhar ao redor e detectar perigos.
  - ▶ Os principais parâmetros são:
    - ▶ distribuição da luminância,
    - ▶ iluminância,
    - ▶ ofuscamento,
    - ▶ direcionalidade da luz,
    - ▶ aspectos da cor da luz e superfícies,
    - ▶ cintilação,
    - ▶ luz natural,
    - ▶ manutenção.

# Critérios do projeto de iluminação



- ▶ Evitar
  - ▶ Luminâncias muito altas que podem levar ao ofuscamento.
  - ▶ Contrastes de luminâncias muito altos causam fadiga visual devido à contínua readaptação dos olhos.
  - ▶ Luminâncias muito baixas e contrastes de luminância muito baixos resultam em um ambiente de trabalho sem estímulo e tedioso.
  - ▶ Convém que seja dada atenção à adaptação na movimentação de zona para zona no interior do edifício.
- ▶ As faixas de **refletâncias** úteis para as superfícies internas mais importantes são:
  - ▶ Teto: 0,6 a 0,9
  - ▶ Paredes: 0,3 a 0,8
  - ▶ Planos de trabalho: 0,2 a 0,6
  - ▶ Piso: 0,1 a 0,5

# Critérios do projeto de iluminação



## ▶ Fatores

- ▶ requisitos para a tarefa visual,
- ▶ segurança,
- ▶ aspectos psico-fisiológicos assim como conforto visual e bem-estar,
- ▶ economia,
- ▶ experiência prática.

## ▶ Convém que a iluminância seja aumentada quando:

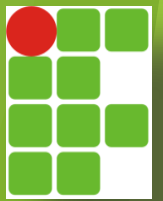
- ▶ Contrastes excepcionalmente baixos estão presentes na tarefa,
- ▶ O trabalho visual é crítico,
- ▶ A correção dos erros é onerosa,
- ▶ É da maior importância a exatidão ou a alta produtividade,
- ▶ A capacidade de visão dos trabalhadores está abaixo do normal.
- ▶ A iluminância mantida necessária pode ser reduzida quando:
  - ▶ Os detalhes são de um tamanho excepcionalmente grande ou de alto contraste,
  - ▶ A tarefa é realizada por um tempo excepcionalmente curto.



# Critérios do projeto de iluminação

Lista de ambientes (áreas), tarefas ou atividades	Iluminância ( $\overline{E}_m$ , lux)	Índice limite de ofuscamento unificado ( $UGR_L$ )	Índice de reprodução de cor mínimo ( $R_a$ )	Observações
A coluna 1 lista aqueles ambientes, tarefas ou atividades para os quais os requisitos específicos são dados. Se um ambiente em particular, tarefa ou atividade não estiverem listados, convém que sejam adotados os valores dados para uma situação similar.	A coluna 2 estabelece a iluminância mantida na superfície de referência para um ambiente, tarefa ou atividade estabelecidos na coluna 1	A coluna 3 estabelece o UGR limite aplicável para a situação listada na coluna 1	A coluna 4 estabelece o índice de reprodução de cor mínimo para a situação listada na coluna 1	Recomendações e notas de rodapé são dadas para as exceções e aplicações especiais referentes às situações listadas na coluna 1

# Critérios do projeto de iluminação



## ▶ Coluna 2 – ILUMINANCIA

### ▶ Fatores

- ▶ requisitos para a tarefa visual,
- ▶ segurança,
- ▶ aspectos psico-fisiológicos assim como conforto visual e bem-estar,
- ▶ economia,
- ▶ experiência prática.

### ▶ Convém que a iluminância seja aumentada quando:

- ▶ Contrastes excepcionalmente baixos estão presentes na tarefa,
- ▶ O trabalho visual é crítico,
- ▶ A correção dos erros é onerosa,
- ▶ É da maior importância a exatidão ou a alta produtividade,
- ▶ A capacidade de visão dos trabalhadores está abaixo do normal.
- ▶ A iluminância mantida necessária pode ser reduzida quando:
  - ▶ Os detalhes são de um tamanho excepcionalmente grande ou de alto contraste,
  - ▶ A tarefa é realizada por um tempo excepcionalmente curto.



# Critérios do projeto de iluminação

## ▶ Coluna 2 – ILUMINANCIA

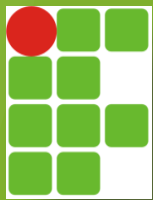
### ▶ Escala da iluminância

▶ 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1 000 – 1 500 – 2 000 – 3 000 – 5 000 lux

### ▶ Iluminâncias no entorno imediato

<b>Iluminância da tarefa</b> lux	<b>Iluminância do entorno imediato</b> lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Mesma iluminância da área de tarefa

# Critérios do projeto de iluminação



## ▶ Coluna 3 – Ofuscamento

- ▶ A escala UGR é: 13 – 16 – 19 – 22 – 25 – 28
- ▶ Reflexão veladora e ofuscamento refletido
  - ▶ Distribuição de luminárias e locais de trabalho (evitando colocar luminárias na zona prejudicada),
  - ▶ Acabamento superficial (utilizar superfícies com materiais pouco reflexivos),
  - ▶ Luminância das luminárias (limite),
  - ▶ Aumento da área luminosa da luminária (ampliar a área luminosa),
  - ▶ Teto e as superfícies da parede (clarear, evitar pontos brilhantes).

$$UGR = 8 \cdot \log \left( \frac{0,25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right)$$

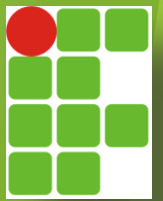
onde

- $L_b$  é a luminância de fundo ( $\text{cd/m}^2$ ),
- $L$  é a luminância da parte luminosa de cada luminária na direção do olho do observador ( $\text{cd/m}^2$ ),
- $\omega$  é o ângulo sólido da parte luminosa de cada luminária junto ao olho do observador (esferorradiano),
- $p$  é o índice de posição Guth de cada luminária, individualmente relacionado ao seu deslocamento a partir da linha de visão.

Os detalhes do método UGR são dados na CIE 117 - 1995.



# Critérios do projeto de iluminação

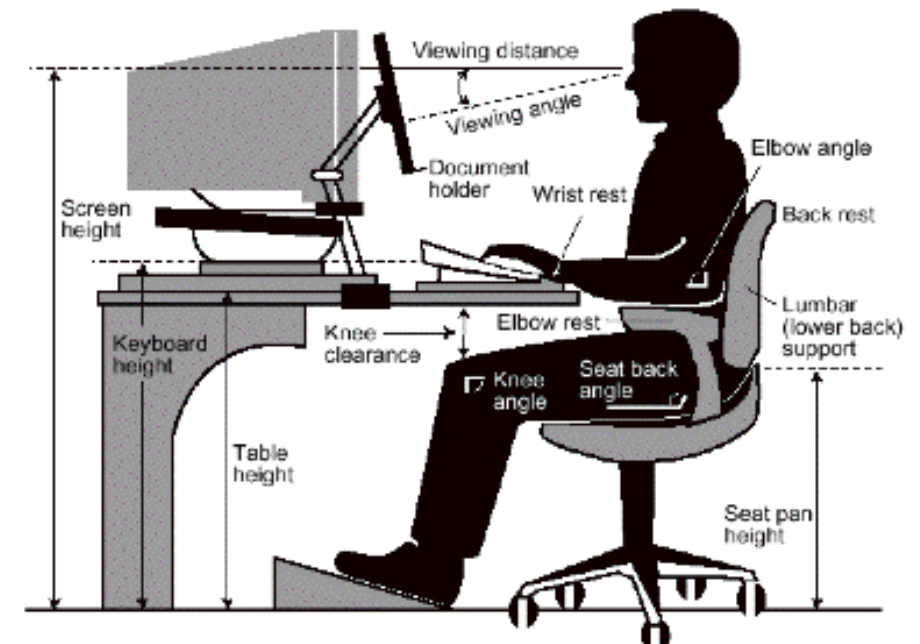


- ▶ Coluna 4 - Reprodução de cor (IRC ou RCI ou Ra)
  - ▶ Para fornecer uma indicação objetiva das propriedades de reprodução de cor de uma fonte de luz, foi introduzido o índice geral de reprodução de cor Ra.
  - ▶ O valor máximo de Ra é 100. Este valor diminui com a redução da qualidade de reprodução de cor.
  - ▶ Não se recomenda a utilização de lâmpadas com Ra inferior a 80 em interiores onde as pessoas trabalham ou permanecem por longos períodos.
  - ▶ Os fabricantes de lâmpadas **devem** fornecer dados de índice de reprodução de cor para as lâmpadas utilizadas no projeto. As lâmpadas devem ser verificadas de acordo com as especificações de projeto e devem ter um Ra que não seja inferior ao valor especificado no projeto.

# Critérios do projeto de iluminação

## ► Coluna 5 – Observações

- Quando o trabalho tem um VDT (Visual display terminals (também conhecido como monitores de vídeo e displays visuais))
  - OBS: Os monitores VDT e, em algumas circunstâncias, o teclado podem sofrer, através de reflexos, ofuscamento desconfortável ou ofuscamento inabilitador. Por esta razão é necessário selecionar, localizar e gerenciar as luminárias, a fim de evitar desconforto por reflexões de alto brilho.



# Considerações para o projeto



- ▶ Áreas de trabalho e áreas do entorno
  - ▶ Uniformidade
    - ▶ A uniformidade da iluminância é a razão entre o valor mínimo e o valor médio. A iluminância deve se alterar gradualmente. A área da tarefa deve ser iluminada o mais uniformemente possível. A uniformidade da iluminância na tarefa não pode ser menor que 0,7. A uniformidade da iluminância no entorno imediato não pode ser inferior a 0,5.

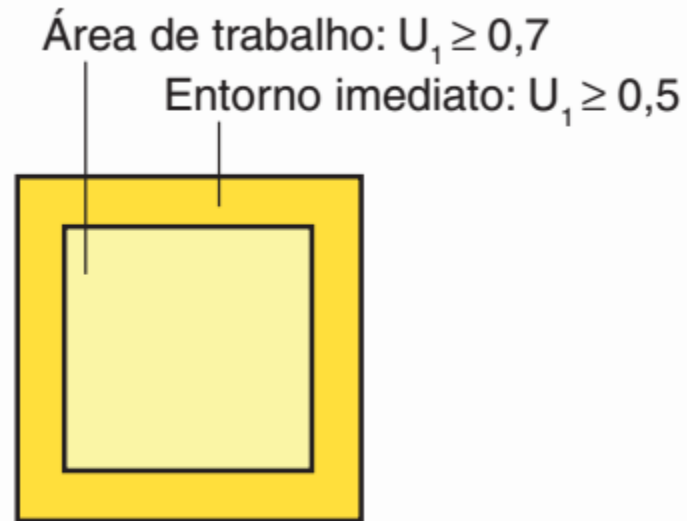


Fig. 1a

# Exemplo



Pé direito = 3m



# Exemplo



Ambientes	$\overline{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observações
Arquivamento	300	19	80	
Reunião	500	19	80	
Banho	200	25	80	
Copa	200	22	80	
Recepção	300	22	80	
Arquivos	200	25	80	
Operação	500	19	80	

ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 pg 12 a 23

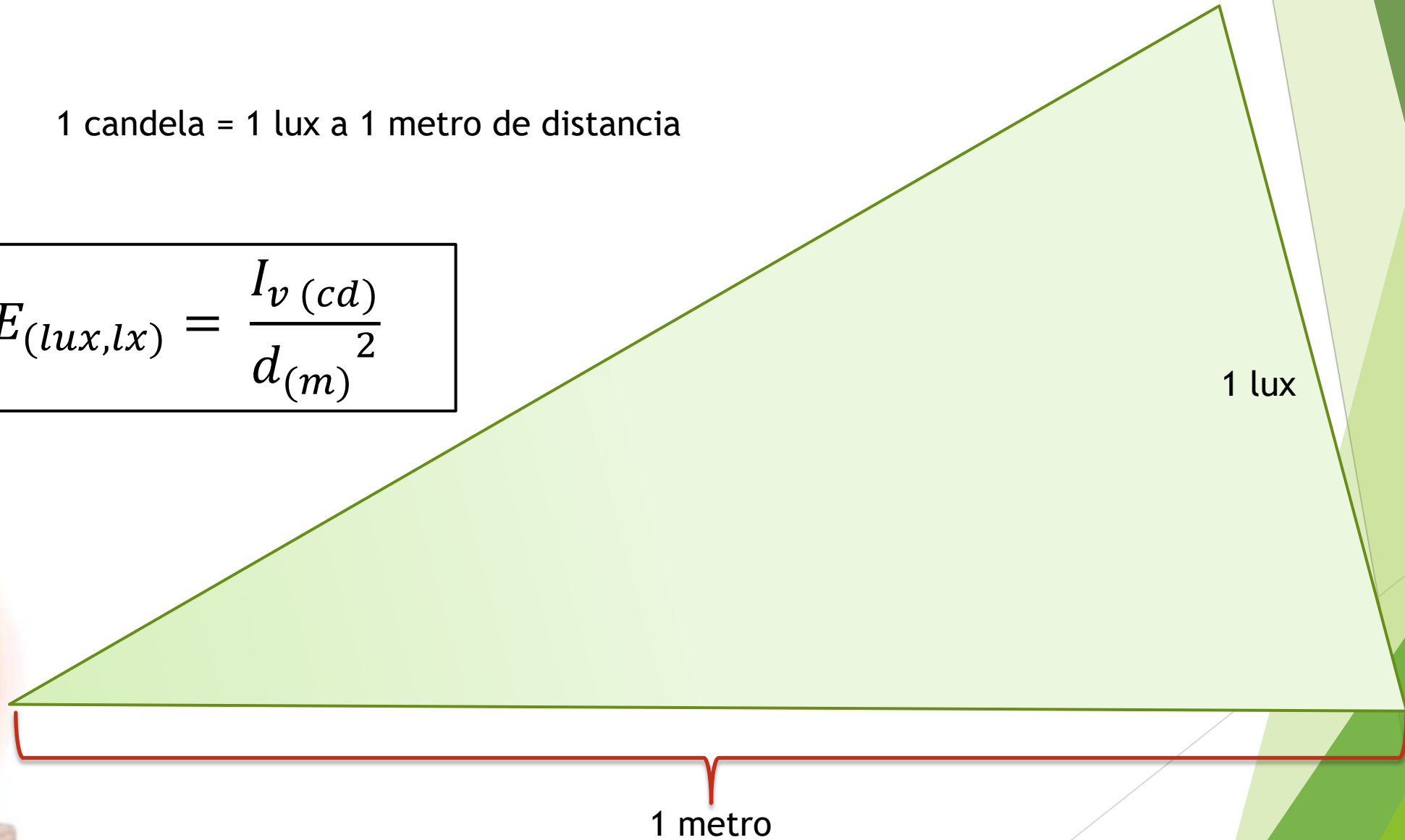
# Calculo



1 candela = 1 lux a 1 metro de distancia

$$E_{(lux,lx)} = \frac{I_v (cd)}{d_{(m)}^2}$$

1 Candela



1 metro

# Exemplo



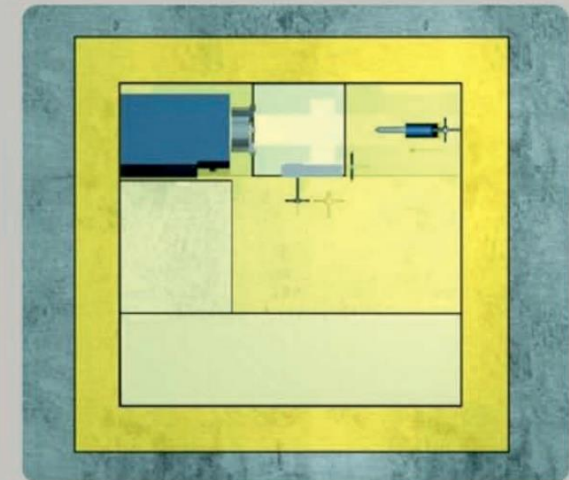
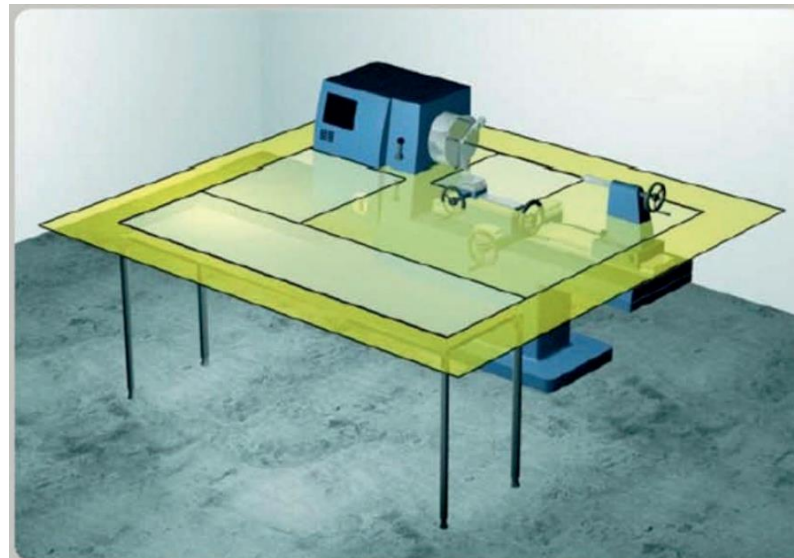
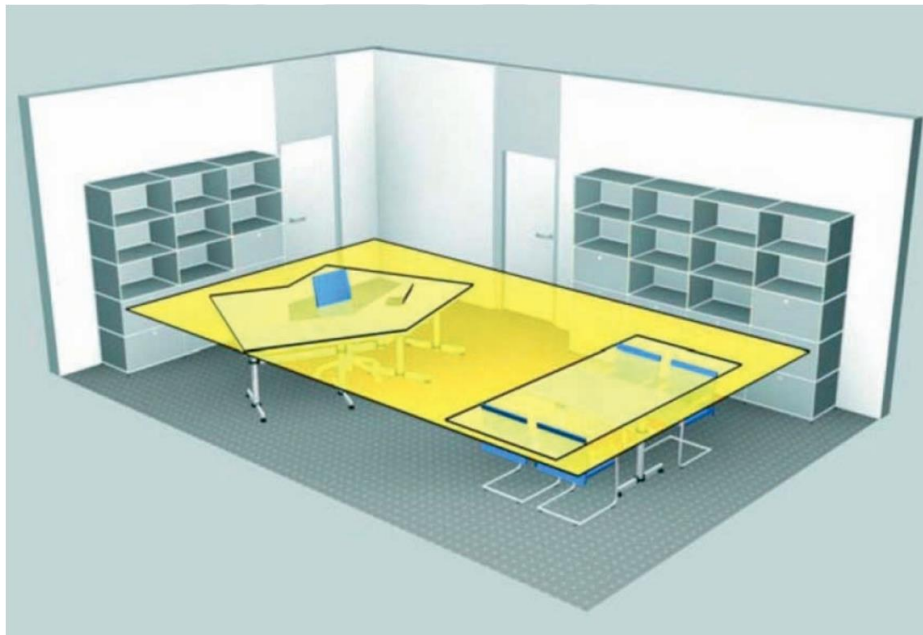
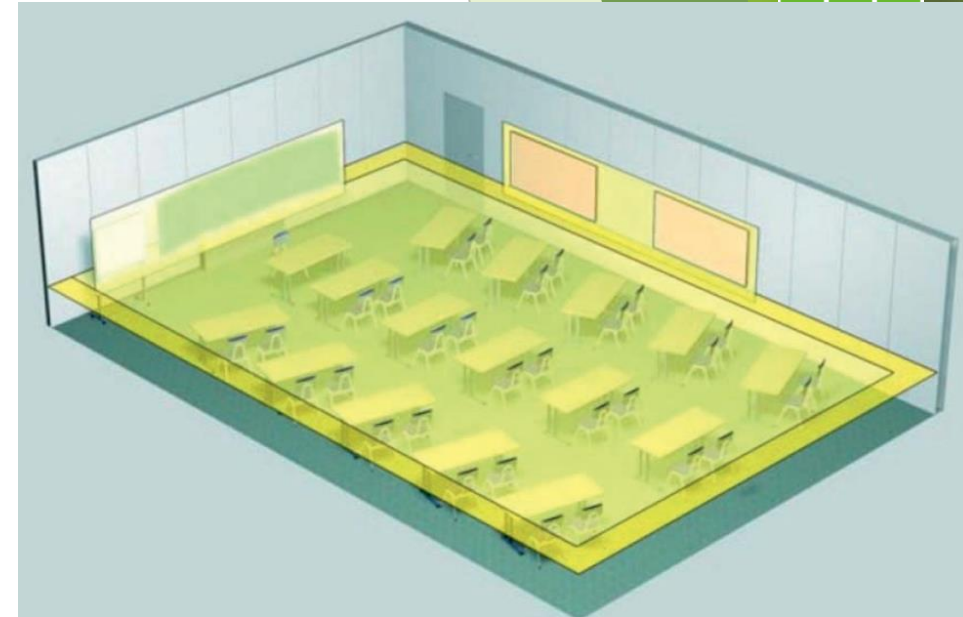
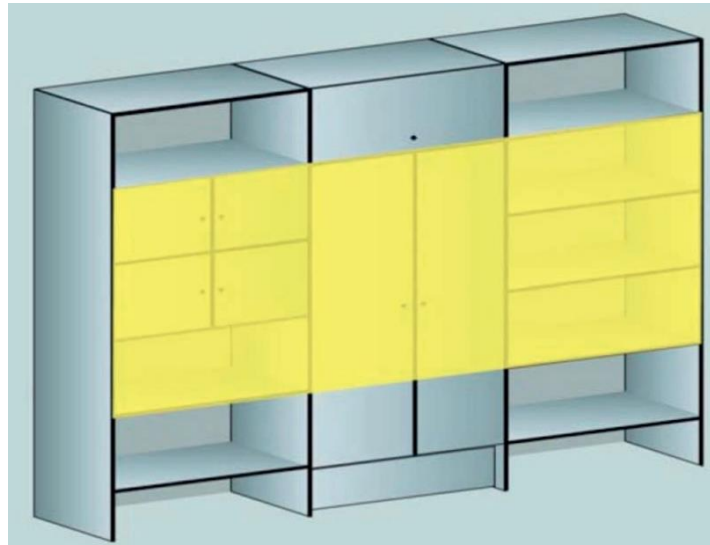
Ambientes	$\overline{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Altura que vai ser instalado as luminárias	Intensidade luminosa necessária
Arquivamento	300	19	80	10 cm abaixo do forro.	
Reunião	500	19	80	50 cm abaixo do forro.	
Banho	200	25	80	10 cm abaixo do forro.	
Copa	200	22	80	10 cm abaixo do forro.	
Recepção	300	22	80	10 cm abaixo do forro.	
Arquivos	200	25	80	10 cm abaixo do forro.	
Operação	500	19	80	100 cm abaixo do forro.	

# Exemplo

Ambientes	$\overline{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Altura que vai ser instalado as luminárias	Intensidade luminosa necessária
Arquivamento	300	19	80	10 cm abaixo do forro.	2523 cd
Reunião	500	19	80	50 cm abaixo do forro.	3125 cd
Banho	200	25	80	10 cm abaixo do forro.	1682 cd
Copa	200	22	80	10 cm abaixo do forro.	1682 cd
Recepção	300	22	80	10 cm abaixo do forro.	2523 cd
Arquivos	200	25	80	10 cm abaixo do forro.	1682 cd
Operação	500	19	80	100 cm abaixo do forro.	2000 cd



# Onde medir?





<b>LÂMPADA</b>	Rendimento Cromático	Eficiência Luminosa	Vida Média	Energia Consumida	Custo Inicial	Custo Total
Incandescente						
Halógena						
Fluorescente						
Vapor mercúrio						
Luz mista						
Vapor sódio						
Microondas						
<b>LED</b>						