



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



Unidade 8: Luminotécnica – Aula 16



Instalações Elétricas I
Engenharia Elétrica

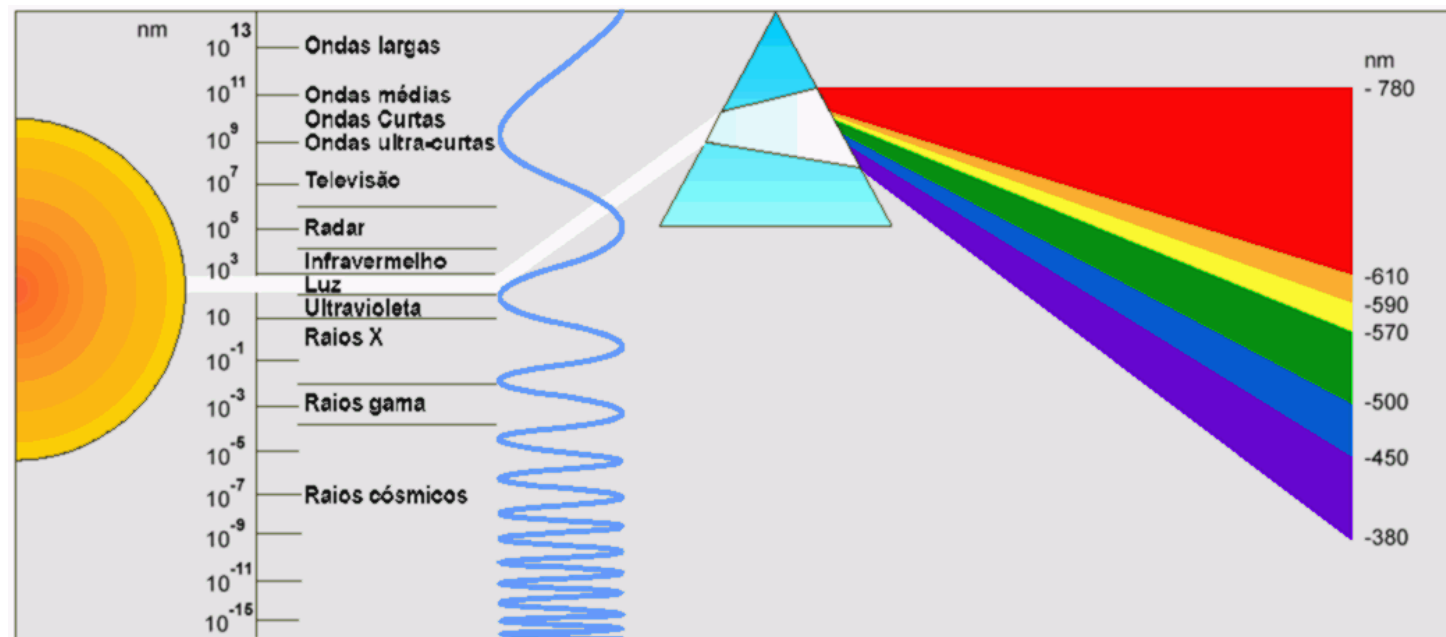


8.1- Conceitos e Grandezas Fundamentais

- Inicialmente foram previstos no projeto elétrico “pontos de luz no teto”, segundo a NBR 5410/2004.
- Existem muitos ambientes interiores e locais exteriores que exigem uma iluminação compatível ao ambiente.
- O cálculo luminotécnico leva em conta:
 - Escolha da modalidade de iluminação;
 - Tipo de lâmpada e luminária;
 - Potência, quantidade e localização das luminárias;
 - Comando das luminárias.
- Normas utilizadas:
 - NBR 5461/1991- Conceitos fundamentais de iluminação.
 - NBR ISO/CIE 8995 - Iluminação de interiores.
- A seguir serão apresentados alguns conceitos fundamentais para o projeto luminotécnico.

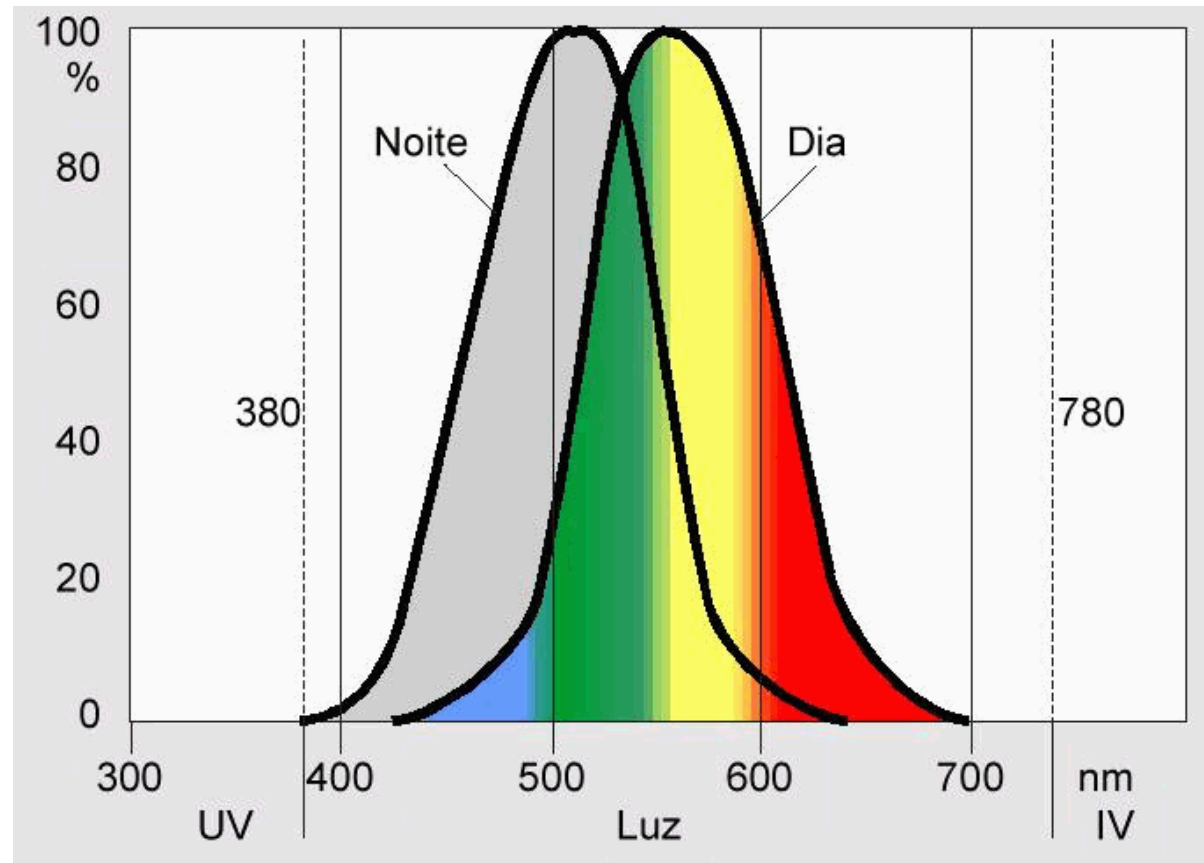
Luz

- “É uma modalidade da energia radiante que um observador verifica pela sensação visual de claridade determinada no estímulo da retina, sob ação da radiação, no processo de percepção sensorial visual” (Niskier, 2008).
- Resumindo: A luz é definida como a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual.



Luz

- A sensibilidade varia não só com o comprimento da radiação, mas com a luminosidade.
- Curva de sensibilidade do olho a radiações monocromáticas.



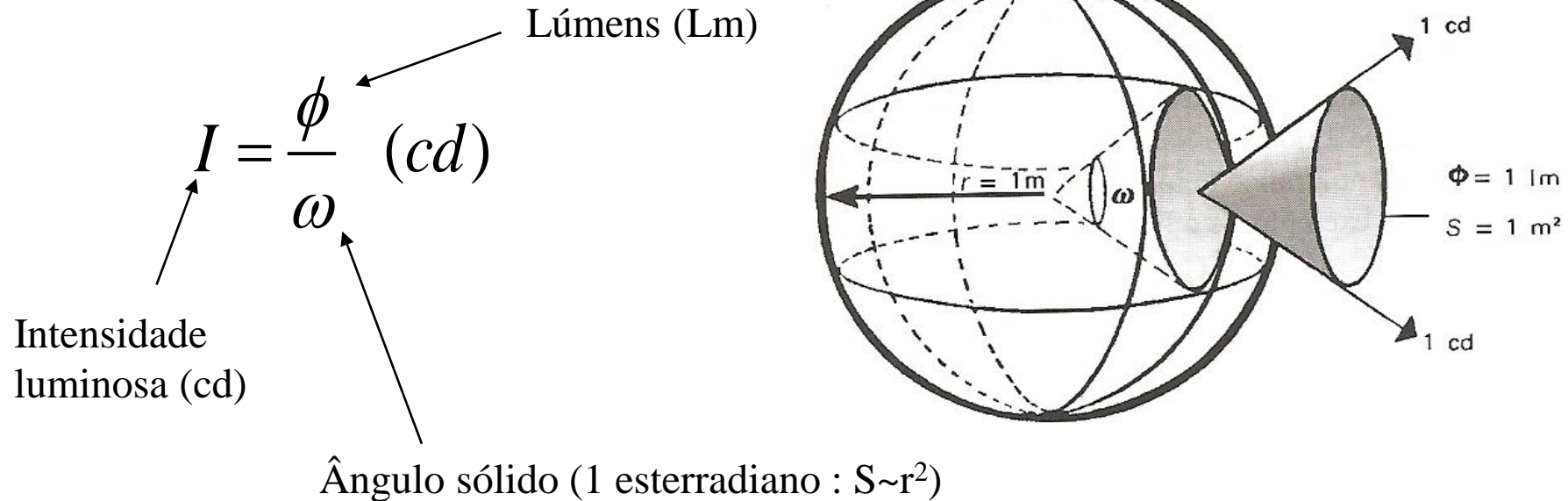
Luz e Cores

- Há uma tendência em pensarmos que os objetos já possuem cores definidas. Na verdade, a aparência de um objeto é resultado da iluminação incidente sobre o mesmo.
- Exemplo: Maça vermelha sob uma luz branca.
- A luz é composta por três cores primárias:
 - Vermelho, Azul e Verde (RGB);



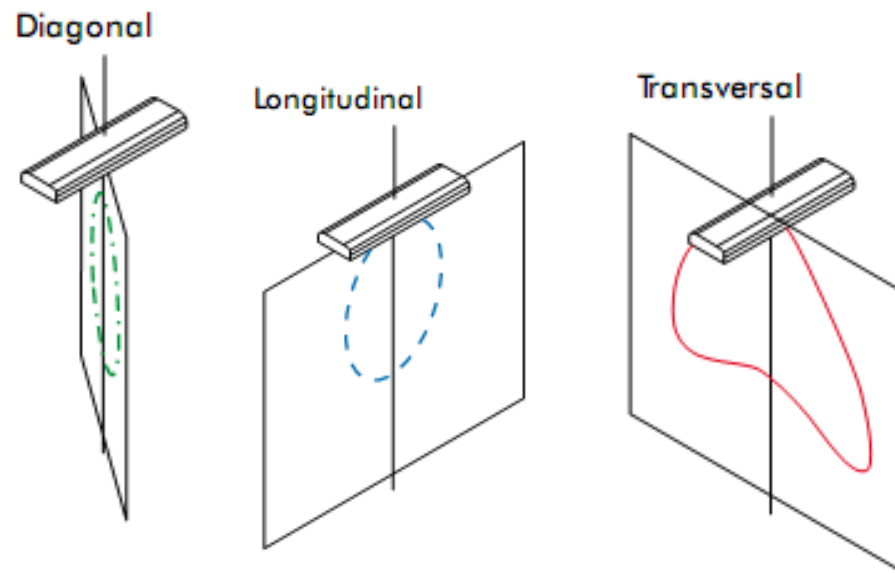
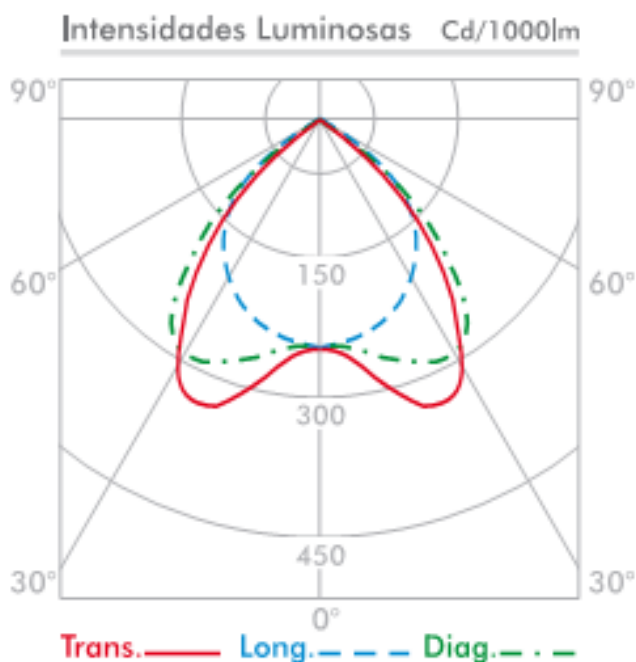
Intensidade Luminosa (I)

- É definida como a potência da radiação luminosa emitida numa dada direção.
- É dada pela razão do fluxo luminoso que sai da fonte luminosa e se propaga num elemento de ângulo sólido.
- Unidade: candelas (cd).



Intensidade Luminosa (I)

- As fontes luminosas em geral não emitem a mesma intensidade luminosa em todas as direções.
- Para representar então essa distribuição utilizam-se diagramas polares, compondo uma curva fotométrica.



Fonte: Itaim Luminárias

Fluxo Luminoso (ϕ)

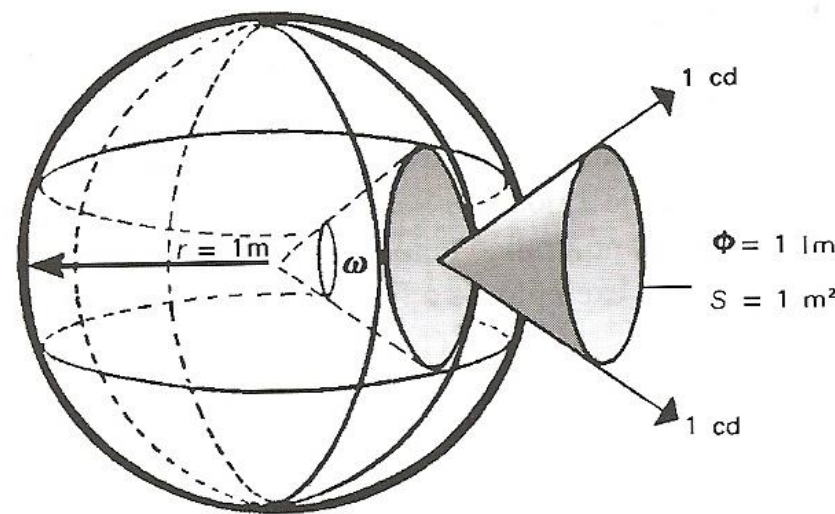
- É a potência da radiação total emitida por uma fonte de luz, capaz de produzir uma sensação de luminosidade, através do estímulo à retina ocular.
- Unidade: Lúmen (lm).
- É definido como o fluxo luminoso emitido, segundo um ângulo sólido de um esferorradiano, por uma fonte puntiforme de intensidade constante em todas as direções e igual a uma candela (cd).

Lúmens

Intensidade luminosa

$$\phi = I \times \omega$$

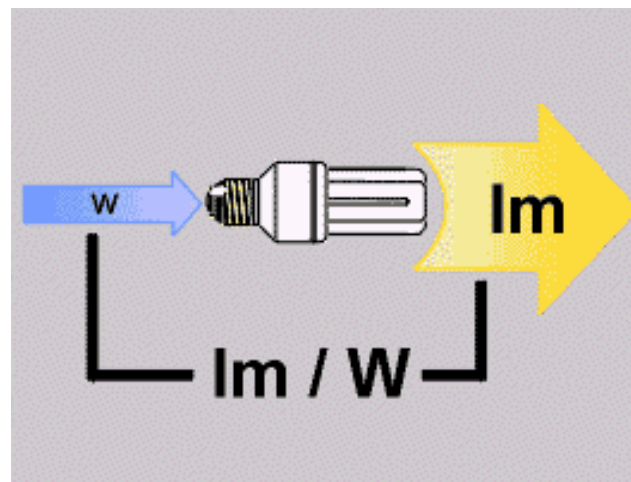
Ângulo sólido



Fluxo Luminoso (ϕ)

- Exemplos:

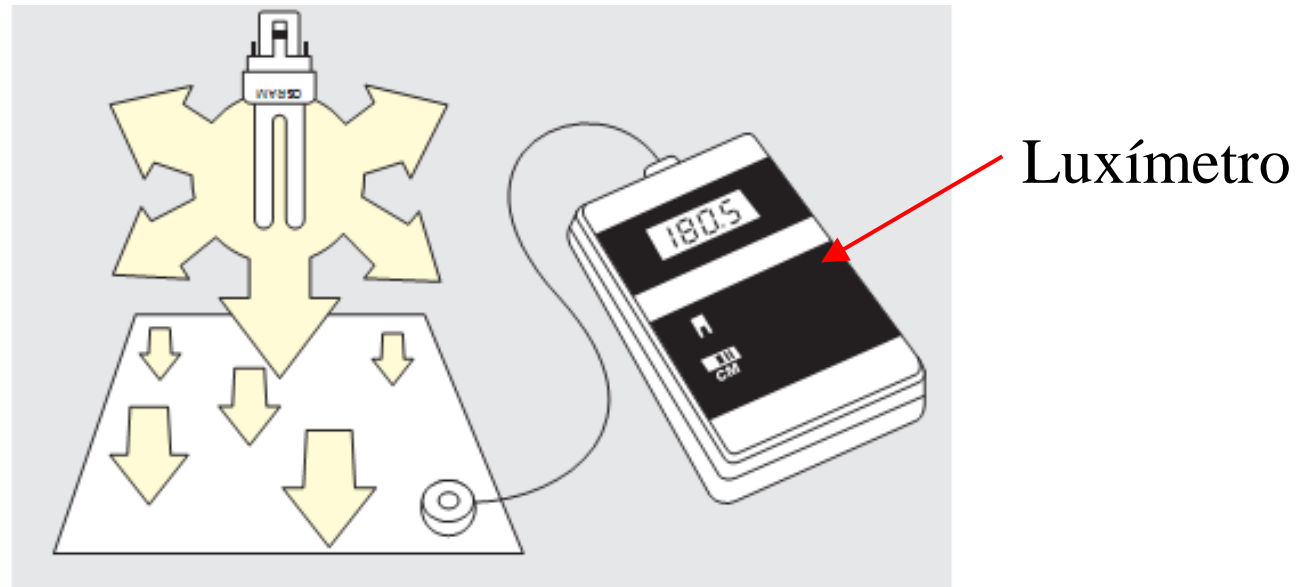
Lâmpada	Potência (W)	Fluxo (lm)	Eficiência Luminosa (lm/W)
Incandescente	100	1380	13,8
Fluorescente	40	3000	75
Multivapores Metálicos	2000	190.000	95



Iluminância (E)

- A Iluminância é definida como a densidade de fluxo luminoso, ou seja, a entre o fluxo e a superfície sobre a qual incide.
- O Inmetro denomina essa grandeza de Iluminamento.
- Unidade: Lux (lx).

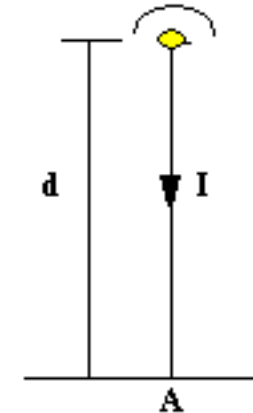
$$E = \frac{\phi}{S} \text{ lux} = \frac{\text{lúmens}}{\text{metro quadrado}} \quad 1 \text{ lux} = 1 \text{ lúmen} / 1\text{m}^2$$



Iluminação (E)

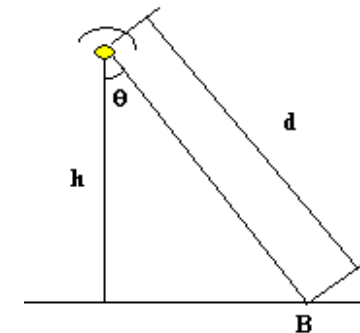
- Para fontes puntiformes (dimensões pequenas em relação à distância de análise), a iluminação é inversamente proporcional ao quadrado da distância:

$$E = \frac{I}{d^2} = \frac{\text{Intensidade Luminosa}}{d^2} \quad (\text{lx})$$



- Para uma incidência oblíqua, a iluminação no ponto B é dada por:

$$E = \frac{I}{d^2} \times \cos \theta = \frac{I}{h^2} \times \cos^3 \theta$$



Iluminância (E)

- Exemplos:

Ambiente	Iluminância (lx)
Dia Ensolarado	~100.000
Dia Escuro de Inverno	~3.000
Boa Iluminação de Rua	~20 – 40
Noite de Lua Cheia	~0,25
Luz das Estrelas	~0,01

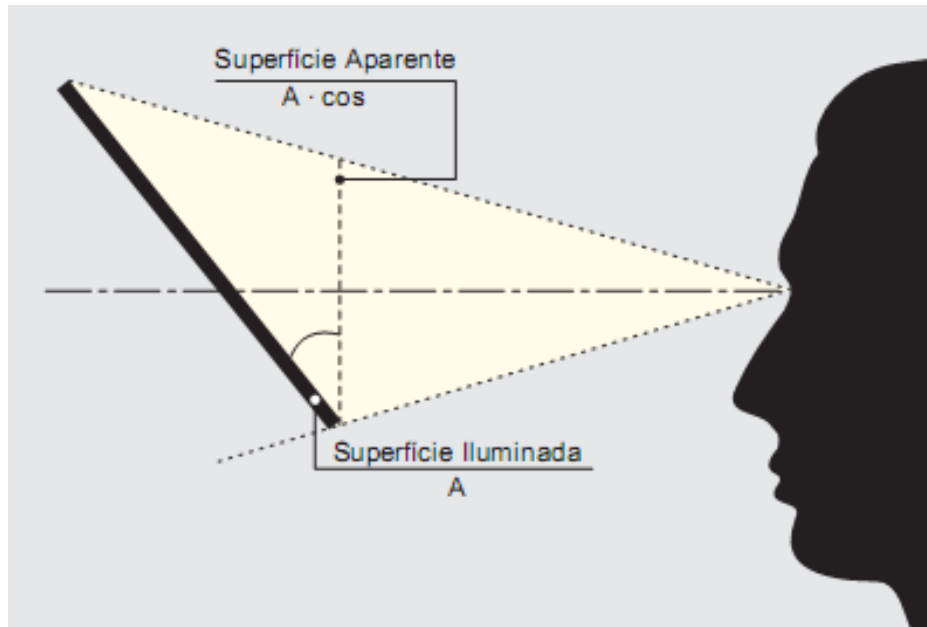
Iluminância (E)

- Para que serve a Iluminância?
 - É um parâmetro utilizado num projeto luminotécnico, para definir o número de lâmpadas e luminárias.
 - Tal nível de iluminância garante um projeto que propiciará conforto visual e precisão nas atividades desempenhadas no ambiente.
 - A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 define a iluminância de ambientes interiores.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	\overline{E}_m lux
1. Áreas gerais da edificação	
Saguão de entrada	100
Sala de espera	200
Áreas de circulação e corredores	100
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150
Rampas de carregamento	150

Luminância (L)

- A Luminância é a intensidade luminosa de uma superfície (luminosa ou iluminada) emitida (ou refletida) em uma dada direção.
- É a medida da sensação de claridade percebida pelo olho humano, definida como a densidade luminosa superficial.



$$L = \frac{I}{S \times \cos \alpha} \quad \left(\frac{cd}{m^2} \right)$$

Luminância (L)

- Outra forma de quantificar a luminância:

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

- ρ : Refletância
 - É a relação entre o fluxo luminoso refletido e o fluxo luminoso incidente em uma superfície.
- E: Iluminância.

MATERIAIS	ρ [%]	CORES	ρ [%]
Gesso	85	Branco neve	80
Mármore branco	80	Branco marfim	70
Tinta branca a óleo	80	Creme claro	70
Tinta branca a água	70	Amarelo limão	70
Cimento	55	Amarelo palha	65
Concreto	45	Ocre (claro)	60
Granito cortado	50	Azul claro	50
Tijolo vermelho	20	Cinza claro	45
Ardósia	10	Bege	45
Basalto	10	Rosa salmão	40
Madeira clara	45	Laranja	40
Carvalho claro	45	Verde água	40
Carvalho escuro	30	Havana	30
Pau marfim	30	Azul turquesa	25
Cerejeira	30	Vermelho claro	20
Cedro	25	Verde (grama)	20
Jacarandá	15	Grená	10
Imbuia	15	Azul marinho	10
Papel branco	85	Violeta	10
Vidro transparente	6 a 8	Preto	5 a 10

Índice de Reprodução de Cores (IRC)

- As variações de cor dos objetos iluminados sob fontes de luz diferentes, podem ser identificadas através do Índice de Reprodução de Cores.
- IRC: Também chamado de Índice de Rendimento Cromático.
 - Corresponde ao valor numérico que compara o rendimento cromático de uma lâmpada com relação a uma luz tomada como amostra com índice de 100 (no caso a luz solar).
 - Ele exprime a capacidade da fonte luminosa em fazer um objeto iluminado exibir suas cores verdadeiras.

85 – 100:	Ótimo
70 – 85:	Bom
50 – 70:	Regular

Índice de Reprodução de Cores (IRC)

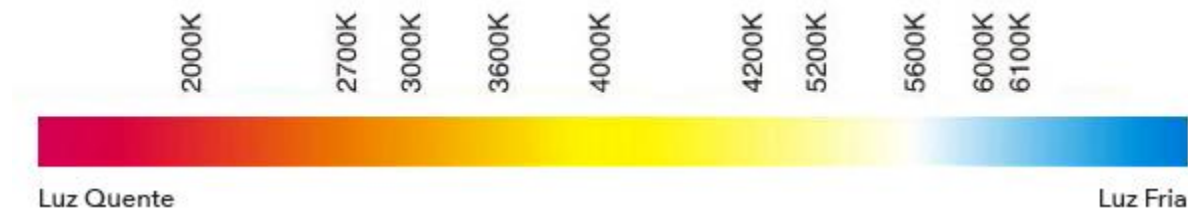
- Variação do Índice de Reprodução de Cores.



- Lâmpada incandescente iluminando uma cena a esquerda, com um IRC de 100. Já a lâmpada fluorescente ilumina a cena a direita e apresenta um IRC de 85.

Temperatura de Cor

- Trata-se de uma classificação da cor emitida pelas fontes luminosas.
- Unidade: Kelvins (K).
 - Cores Quentes (**Baixa** Temperatura de Cor) relacionam-se ao aconchego;
 - Cores Frias (**Alta** Temperatura de Cor) transmitem a ideia de impessoalidade, de um ambiente mais frio.
- Conforme a TC aumenta, a luz emitida perde a coloração avermelhada e ganha coloração azulada.



- Não possui vinculação com a eficiência energética da lâmpada, não sendo válida a impressão de que quanto mais clara a lâmpada, mais potente.

Temperatura de Cor/IRC

- Exemplos:

Tipo de lâmpada	Temperatura da cor em K	IRC (%)
Incandescente	2.800	100
Incandescente de halogênio	3.200	100
Fluorescente - luz do dia	6.500	75-79
Fluorescente - luz branca	4.000	75-79
Vapor de mercúrio	5.000	47
Vapor de sódio	3.000	35

Temperatura de Cor

- Variação da Temperatura de Cor

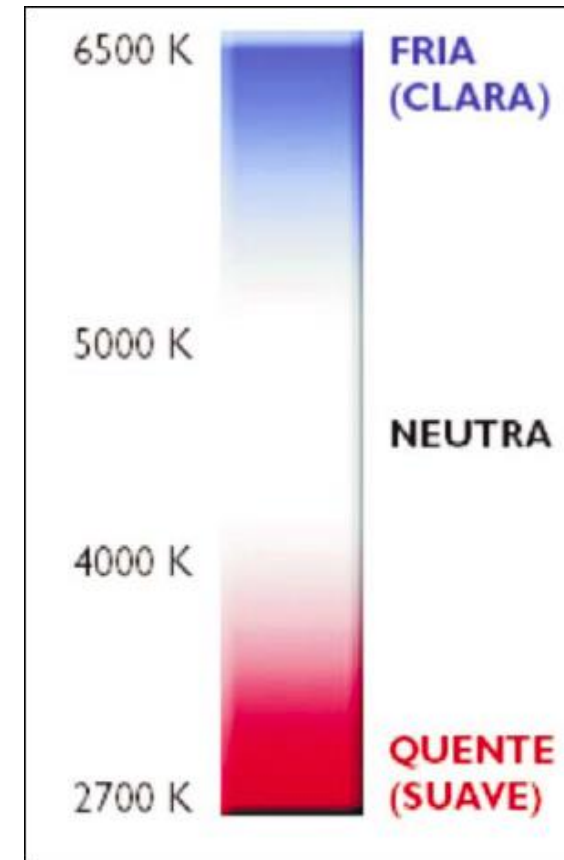


2700K

4000K



6000K



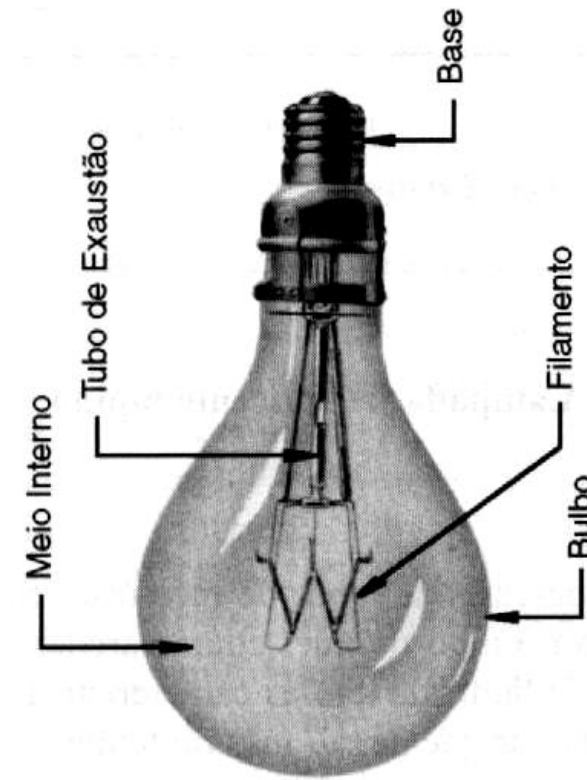
8.2- Lâmpadas: Fontes de Luz Artificial

- As lâmpadas elétricas são fontes artificiais de luz e classificam-se em três grandes categorias:
 - Lâmpadas Incandescentes (Efeito Térmico);
 - Lâmpadas de Descarga;
 - Lâmpadas de Estado Sólido (LED de Alto Brilho).



8.2.1- Lâmpadas Incandescentes

- É formada por um bulbo de vidro e por um filamentos de tungstênio em espiral, que é aquecidos até atingir incandescência.
- Para evitar a oxidação do filamento, o interior do bulbo é preenchido por um gás inerte (argônio ou nitrogênio) ou pela realização de “vácuo”.
- O filamento pode chegar a 2500°C (o ponto de fusão do tungstênio é de 3400°C).



Lâmpadas Incandescentes

- Vantagens:
 - Ligação imediata, sem equipamentos auxiliares;
 - Baixo custo e tamanho reduzido;
 - IRC=100 e temperatura de cor de 2700 K;
 - Podem ser “dimmerizadas”.
- Desvantagens:
 - Baixo rendimento;
 - Baixa eficiência luminosa : 15 lúmens/Watt;
 - Baixa vida útil (600 a 1000 horas);
 - Para cada 10% de sobretensão, a vida útil diminui em 50%.
- Aplicação:
 - Proibida a venda no Brasil:
 - $P > 150\text{W}$ – 2012; 100W a 60W – 2014; 41W a 60W – 2016; 25W a 40W – 2017.

