



FAUUSP

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Universidade de São Paulo

Departamento de Tecnologia da Arquitetura
AUT0284 – Conforto Ambiental 2 – Iluminação
2º Semestre de 2023

Docentes:

Prof.ª Dr.ª Alessandra R. Prata Shimomura
Prof.ª Dr.ª Michele Marta Rossi

Colaboradora Pós-Doc:

Arq.ª Dr.ª Cristiane M. Sato Furuyama

Monitores:

Arq. MSc. Eduardo Gasparelo
Arq.ª MSc. Laís Coutinho (PAE)

ILUMINAÇÃO ELÉTRICA: CONCEITOS, FONTES, NORMAS, DIRETRIZES PROJETUAIS





1. Iluminação elétrica: diretrizes projetuais



A luz no **processo de projeto** do ambiente construído



Join at menti.com use code 2328 4184



AUT0284 em uma PALAVRA

58 Responses





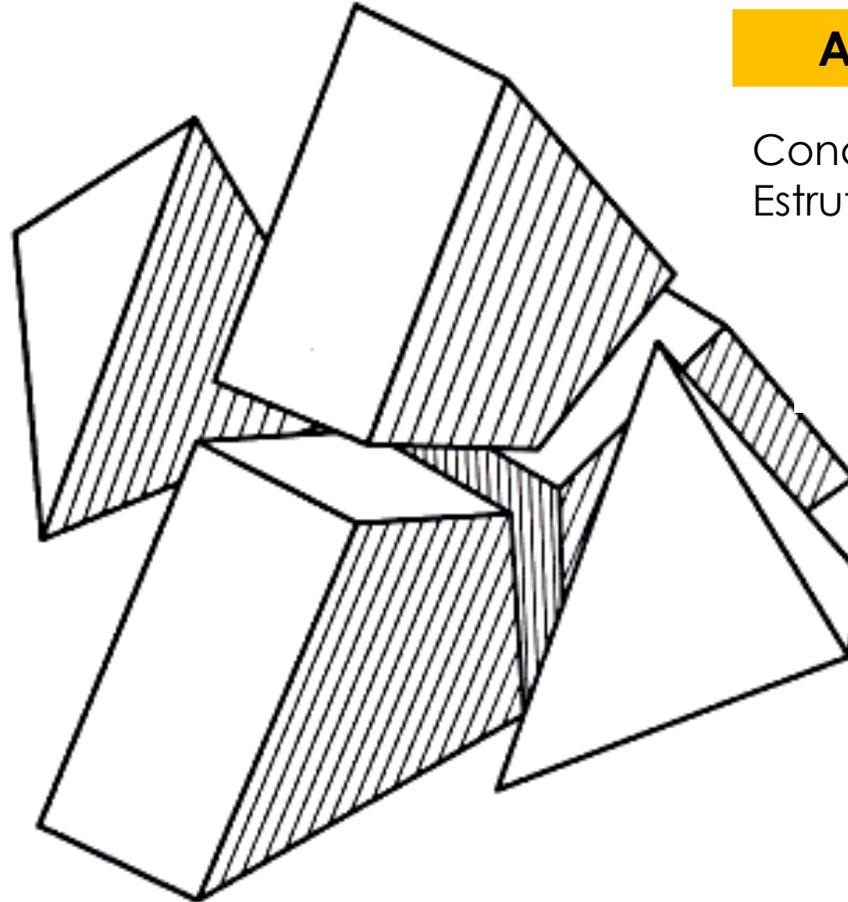
PROCESSO DE PROJETO NÃO É LINEAR

PROBLEMA PROJETUAL

Como resolvo??

SÍNTESE

Tentativa de avançar e criar uma resposta ao problema e a geração de soluções



Qual é o problema??

ANÁLISE

Condicionantes internas e externas
Estruturação do problema

Qual é o resultado??

AVALIAÇÃO

Crítica das soluções sugeridas em relação aos objetivos identificados na fase de análise

SOLUÇÃO

 LAWSON, B. Como os designers e arquitetos pensam.





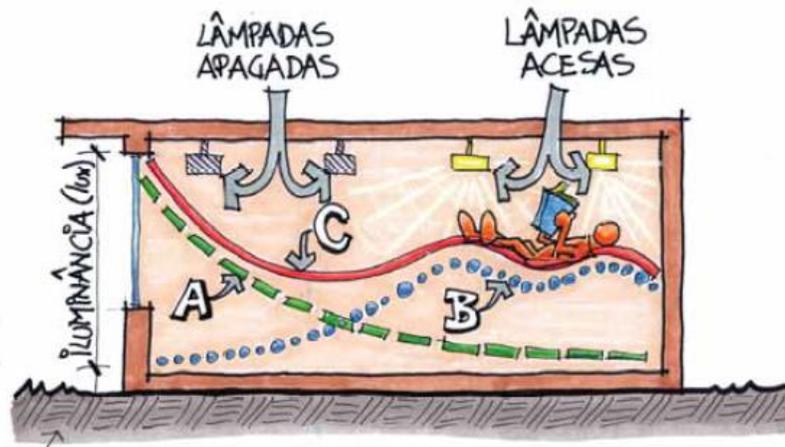




O arquiteto deve pensar a ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL como complemento à ILUMINAÇÃO NATURAL para aumentar a eficiência energética e qualidade dos ambientes de uma edificação!

1. Relação entre a iluminação natural e artificial;
2. Sistemas (relação entre função e espaço);
3. Lâmpadas (tipo, potência, IRC, vida útil, temperatura de cor, custo,...);
4. Luminária: forma de distribuição da luz, posição em relação ao usuário, rendimento, manutenção.

Para projetar de modo correto a iluminação artificial deve-se pensar...



A: Iluminação Natural | B: Iluminação Artificial | C: Combinação dos dois sistemas



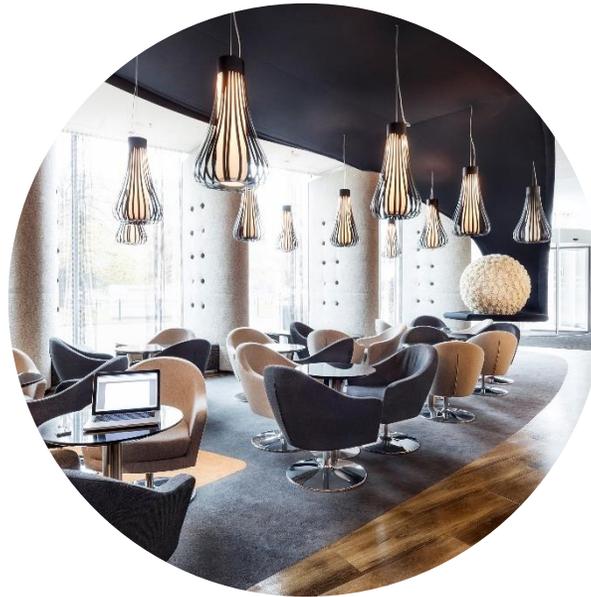
BOM PROJETO DE ILUMINAÇÃO

“Um bom projeto de iluminação deve garantir às pessoas a possibilidade de executar atividades visuais com o máximo de precisão e segurança e com o menor esforço”

Lamberts et al. (1997)



LÂMPADAS



LUMINÁRIAS

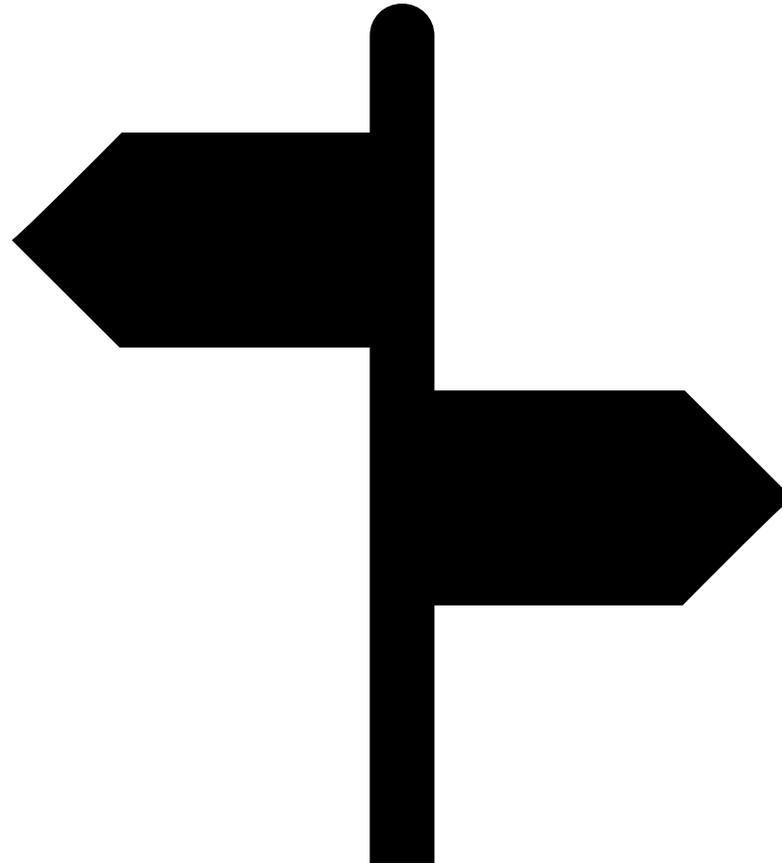


DISPOSITIVOS DE
CONTROLE



CUSTO

- Nível de iluminação
- Distribuição de luz
- Ofuscamento
- Contraste
- Entre outros

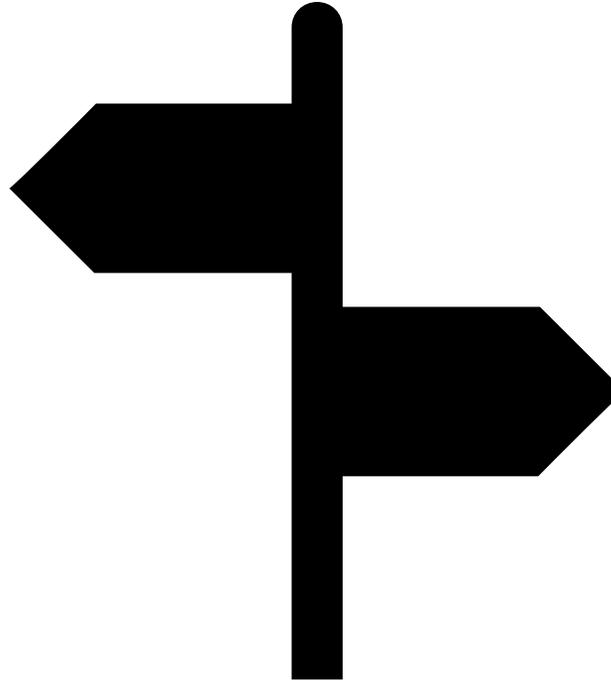


DESEMPENHO

- Custo inicial
- Custo de manutenção
 - Custo de operação
- Consumo de energia



Fonte: @macasti. Sede Corporativa em Pinheiros. LD: Castilha Iluminação. Arq:@dmdvarquitetos. Foto:@mairaacayaba



Fonte: La Lampe.

LUZ DA RAZÃO

LUZ DA EMOÇÃO



Conforto Lumínico

Essencial para...

- percepção visual e psicológica
 - orientação espacial
 - segurança física
- orientação no tempo

Para análise e avaliação da qualidade luminosa, deve-se considerar:

- Níveis de iluminação
- Uniformidade e níveis de contraste
- Distâncias entre o usuário e o objeto
- Presença de ofuscamentos
- Uso das cores nas superfícies
- Elementos internos e externos de proteção da insolação direta
- Iluminação elétrica complementar





especial

Projetos de iluminação

Da Redação

As principais etapas para a elaboração de um bom projeto

UM BOM PROJETO DE ILUMINAÇÃO É ESSENCIAL PARA QUALQUER espaço construído, já que a luz é a responsável pela valorização da arquitetura e percepção do ambiente. É ela que gera a atmosfera pretendida para cada local, proporcionando conforto, aconchego, acolhimento e diversas outras sensações. Diversos estudos ao redor do mundo já comprovaram que um bom projeto

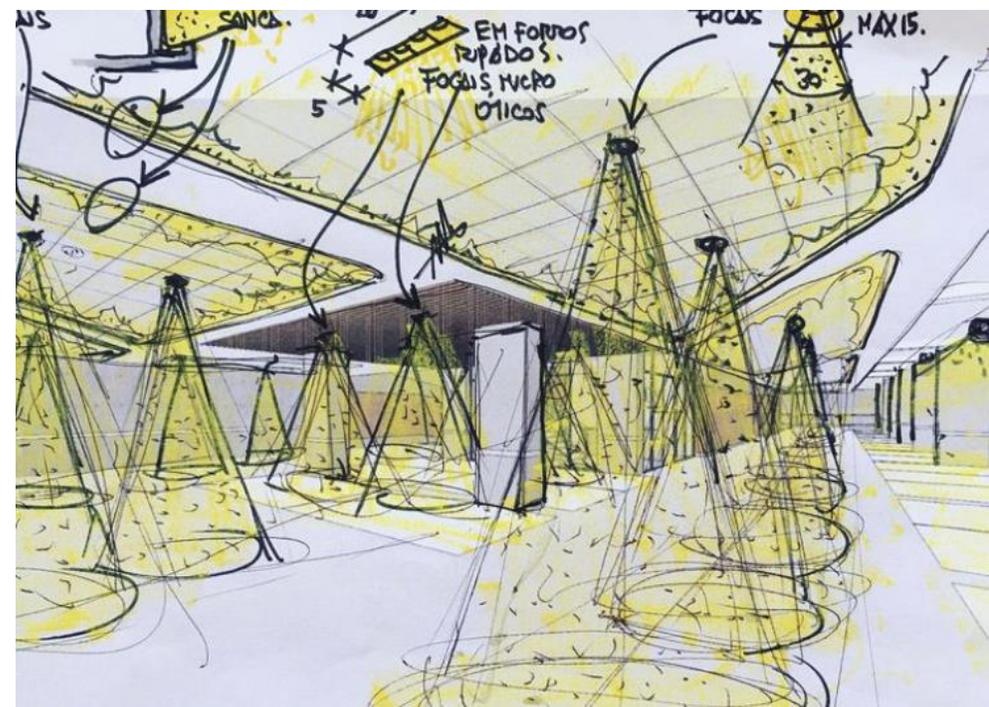
de iluminação em lojas, por exemplo, aumenta as vendas; já a iluminação bem aplicada em hospitais pode ajudar na recuperação de pacientes, por conta do controle do ciclo circadiano.

Não há dúvida que a aplicação de um bom projeto de iluminação, seja para o espaço que for – restaurante, residência, loja, hospital, bar, hotel, entre diversos outros – só traz benefícios aos



ARTIGO NA REVISTA LUME ARQUITETURA . EDIÇÃO 95

<https://www.lumearquitetura.com.br/lume/default.aspx?mn=1052&c=0&s=304&friendly=edicao-95>



Desenhos de @macasti – Castilha Iluminação



Luz “elétrica/artificial”

COMO DISTRIBUIR A LUZ NO AMBIENTE

Pensar no projeto de iluminação como um todo

Sensações geradas através da luz

Descoberta dos espaços arquitetônicos e detalhes

Layers ...



ILUMINAÇÃO COMO MOVIMENTO COREOGRÁFICO

1

Fonte: ERCO





ILUMINAÇÃO COMO AMBIENTAÇÃO



2



Fonte: The Architecture of Light

LUZ DIFUSA

X

LUZ DESTAQUE



ILUMINAÇÃO PARA CRIAR DESTAQUES E INTERESSES VISUAIS

3

Fonte: ERCO

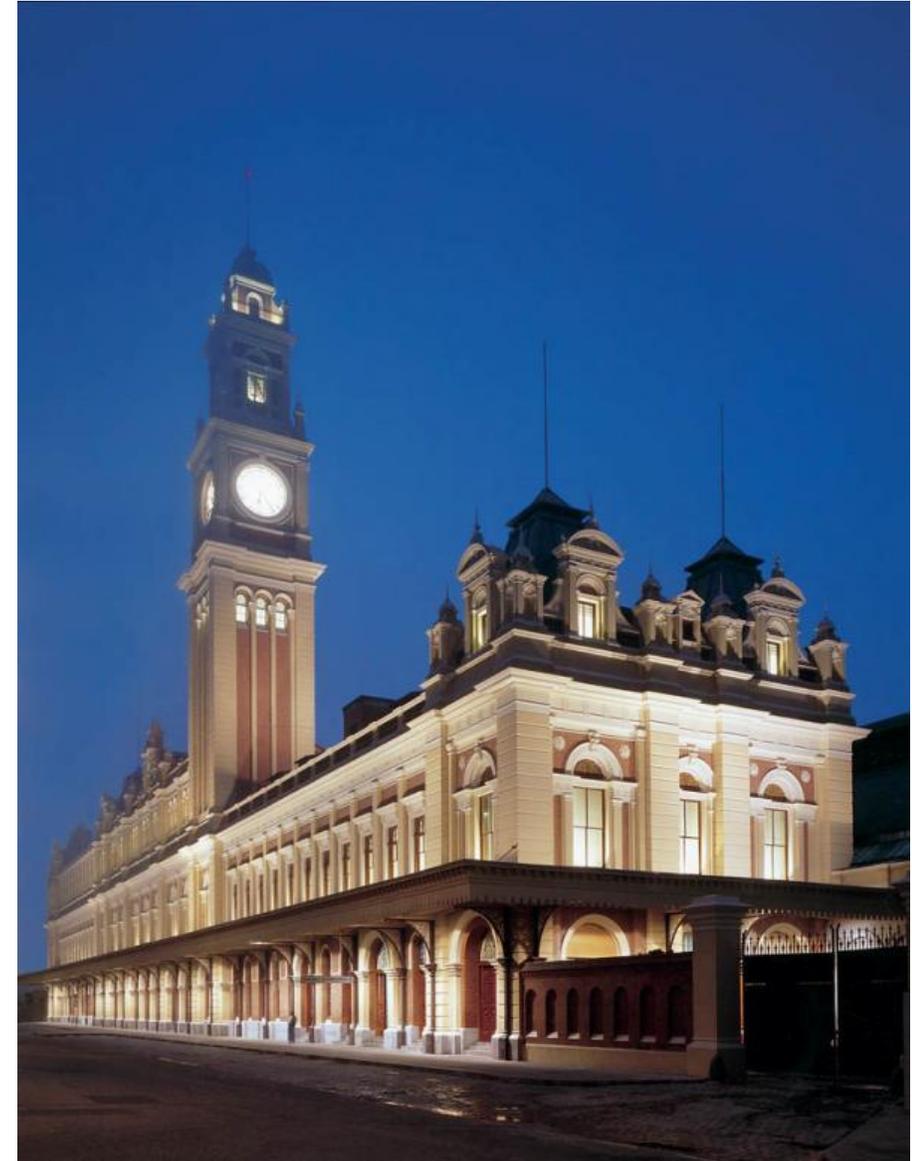




ILUMINAÇÃO PARA REVELAR ARQUITETURA

4

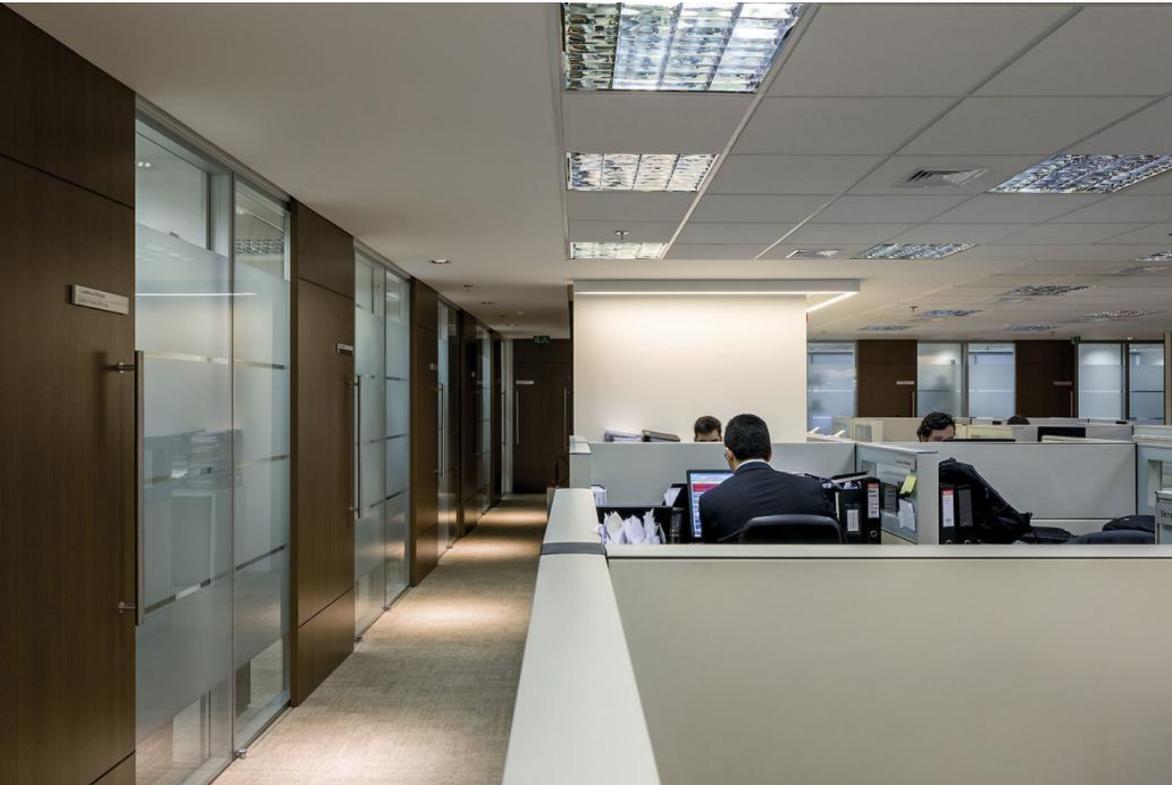
Fonte: Estúdio Carlos Fortes





5

ILUMINAÇÃO PARA TAREFAS



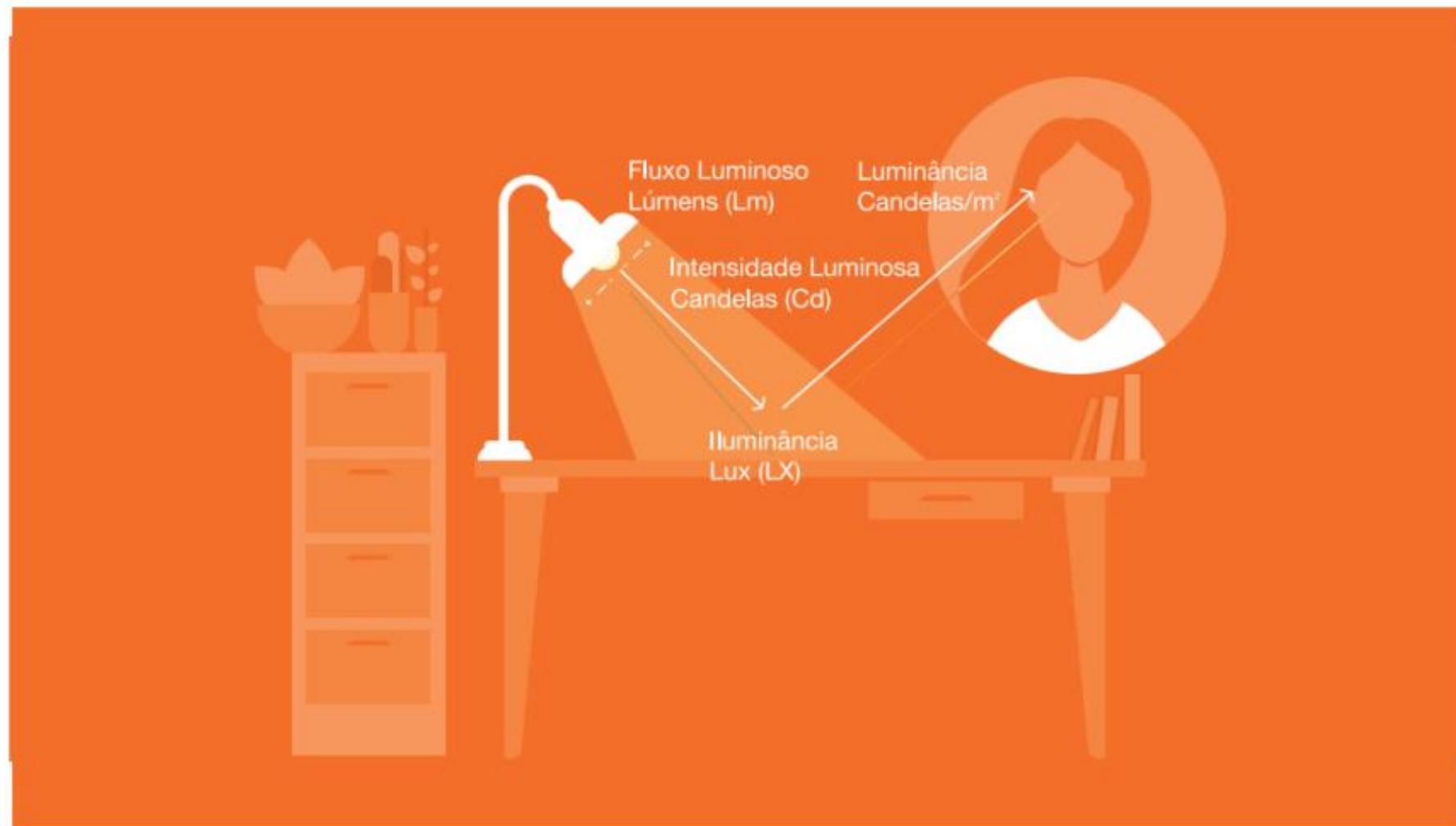
Fonte: Foco Luz & Desenho



Fonte: Acenda Iluminação



2. Iluminação elétrica: conceitos



Fonte: LEDVANCE

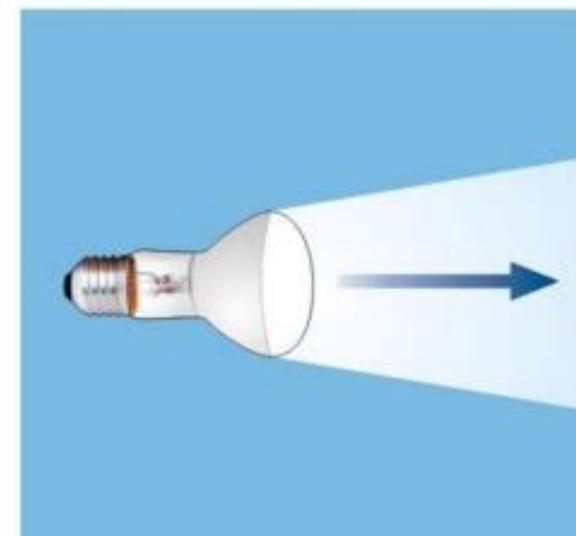


Fluxo Luminoso (Φ) - lm: Quantidade de luz emitida por uma **fonte luminosa em todas as direções.**



Fonte: Philips

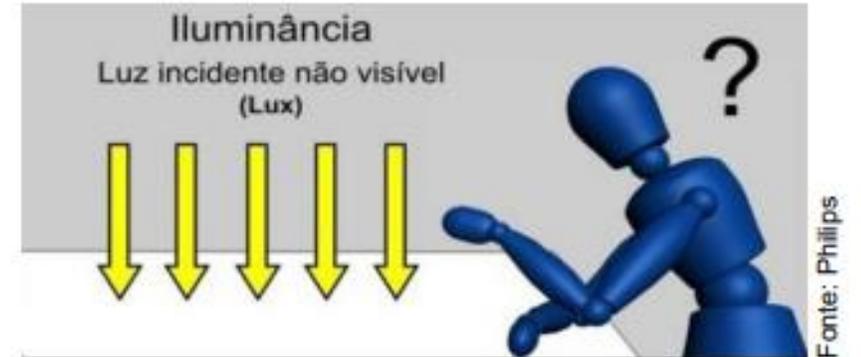
Intensidade luminosa (I) - cd: Quantidade de luz emitida por uma **fonte de luz em uma determinada direção dentro de um determinado ângulo**, e sua medida é dada dividindo o fluxo luminoso (ϕ) pelo ângulo sólido unitário (esferorradiano), mais conhecido pela medida chamada candela.



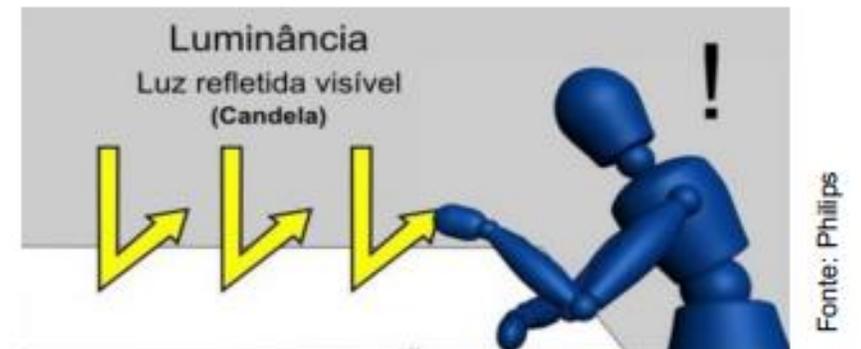
Fonte: Philips



Iluminância (E) – lux (lm/m^2): Indica a relação entre **fluxo luminoso incidente em uma superfície e a unidade de área da mesma**, ou seja, a quantidade de luz que atinge um determinado ponto de uma superfície. Relativa à luz incidente não visível.



Luminância (L) – cd/m^2 : **Brilho ou intensidade luminosa emitida ou refletida por uma superfície iluminada em direção ao olho humano.** Relativa à luz refletida visível.

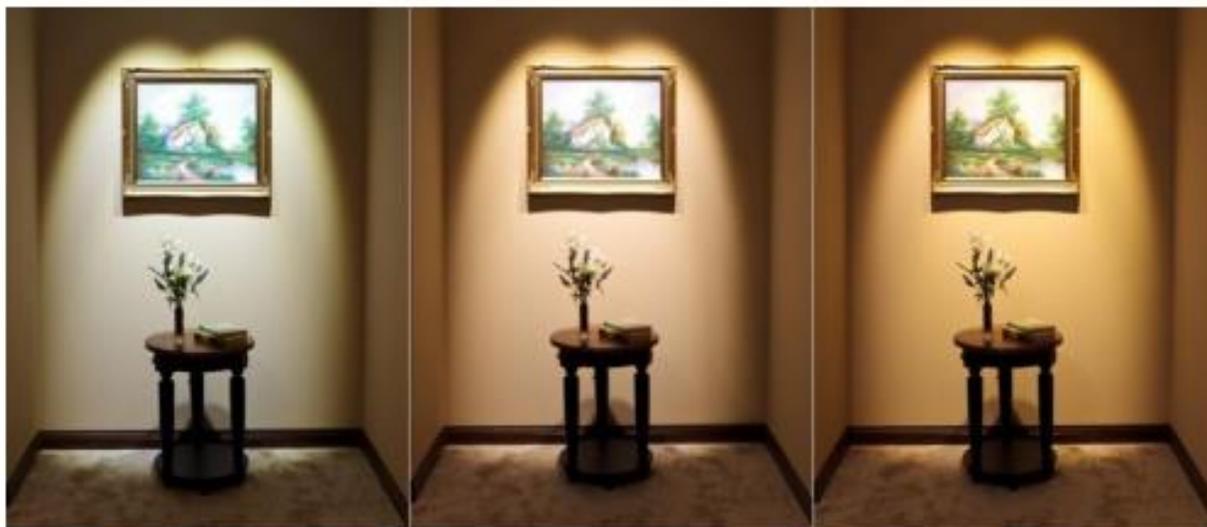




Temperatura de cor correlata (K)

Indica a aparência de cor da luz emitida pela lâmpada.

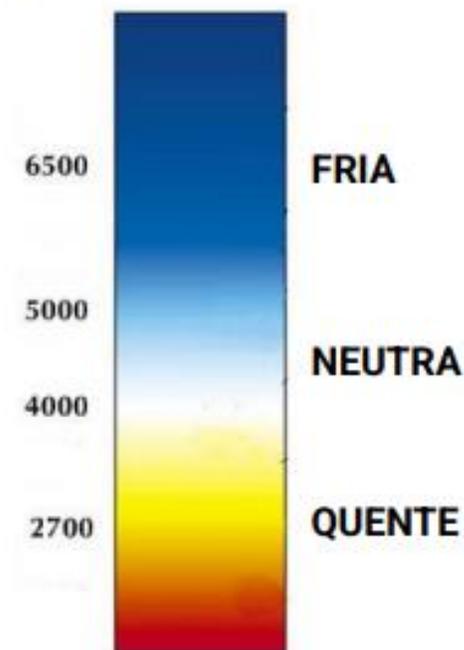
Quanto **mais alta a temperatura de cor, mais branca** é a cor da luz, e quanto **mais baixa a temperatura de cor, mais amarelada é a sua cor.**



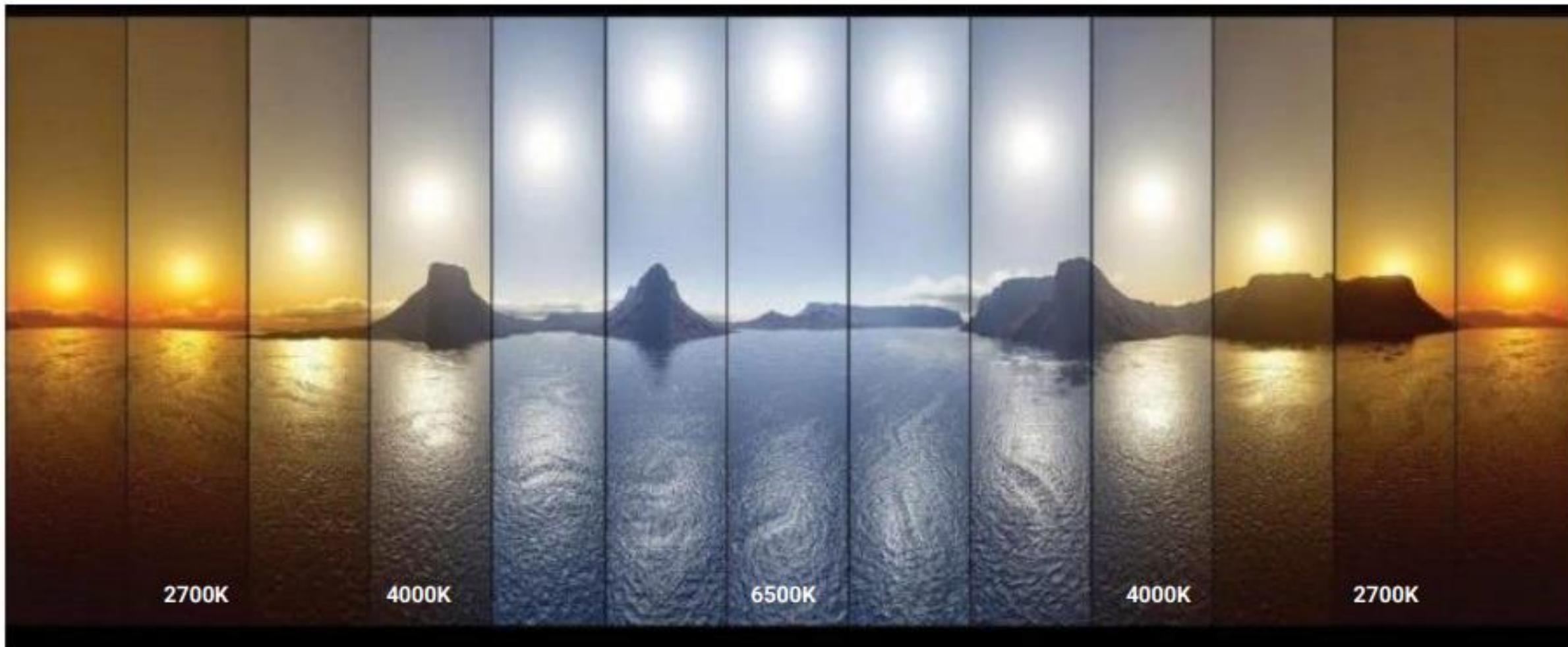
Fonte: DR Lux

TEMPERATURA DE COR
CORRELATA (K)

APARÊNCIA
DE COR



Fonte: Philips



Cor da luz no decorrer do dia. Fonte: <https://www.abalux.com.br>



Índice de Reprodução de Cor (IRC ou RA)

O **IRC é uma escala relativa que varia de 0 a 100** e indica o **grau de fidelidade** com que as cores são reproduzidas sob uma determinada fonte de luz.

Quanto maior o IRC, menor a distorção das cores dos objetos em relação a uma **fonte de luz de referência (Sol)**.



Fonte: Philips



3. Iluminação elétrica: normas



ABNT NBR ISO/CIE 8995-1

Iluminação de ambientes de trabalhos. Parte 1: Interior

Dividido em: 1. Escopo

2. Referências Normativas

3. Definições

4. Critérios do Projeto de Iluminação

5. Requisitos para o planejamento de iluminação

6. Procedimentos de verificação

Anexo A: Considerações para áreas de tarefa e áreas do entorno

Anexo B: Malha de cálculo para projeto do sistema de iluminação

Anexo C: Controle de ofuscamento

Anexo D: Manutenção do sistema de iluminação



ABNT NBR ISO/CIE 8995-1

Iluminação de ambientes de trabalhos. Parte 1: Interior

Considerações importantes:

- Critérios do projeto de iluminação:
 - Ambiente luminoso: Conforto, desempenho e segurança visual
 - Distribuição luminosa: cuidado com contrastes, iluminâncias muito altas ou muito baixas, cuidado com refletância das superfícies
 - Iluminância: dada pela norma > depende da tarefa, cuidado com entorno imediato
 - Uniformidade da iluminância = razão entre o valor mínimo e o valor médio (valores maiores que 0,7 no plano de tarefa e 0,5 no entorno imediato)
 - Ofuscamento > UGR (Índice de ofuscamento unificado)



ABNT NBR ISO/CIE 8995-1

Iluminação de ambientes de trabalhos. Parte 1: Interior

- Aspectos da cor > aparência da cor e reprodução de cor
- Luz natural
- Manutenção > recomendação CIE 97:2005
- Considerações sobre energia
- Iluminação de emergência

**ABNT NBR ISO/CIE 8995-1****Iluminação de ambientes de trabalhos. Parte 1: Interior****5. Requisitos para o planejamento da iluminação**

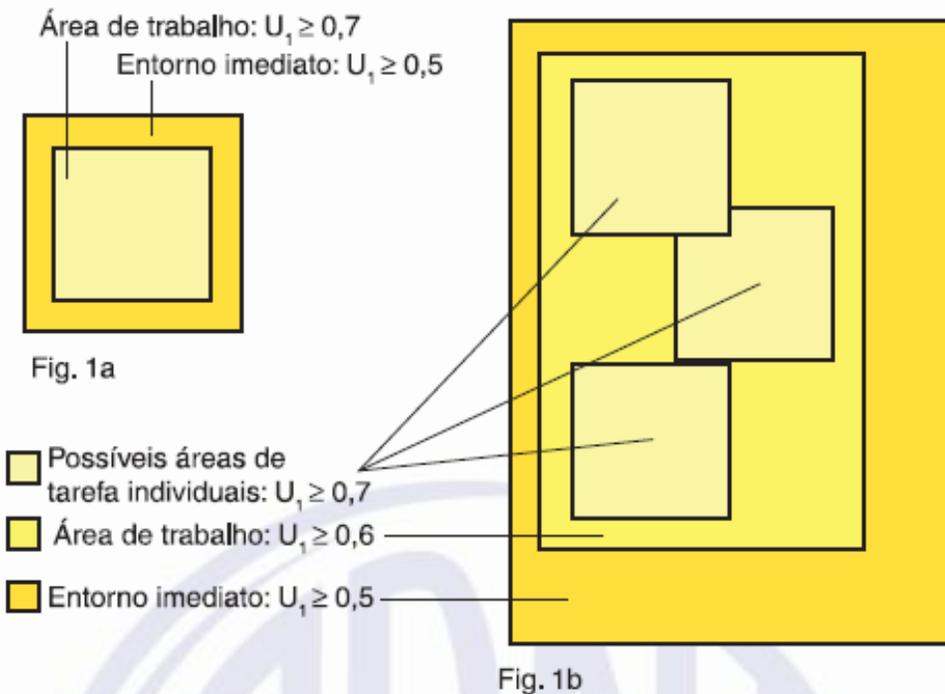
Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	E_m lux	UGR_L	R_a	Observações
28. Construções educacionais				
Brinquedoteca	300	19	80	
Berçário	300	19	80	
Sala dos profissionais do berçário	300	19	80	
Salas de aula, salas de aula particulares	300	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	19	80	
Sala de leitura	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável
Quadro negro	500	19	80	Prevenir reflexões especulares



ABNT NBR ISO/CIE 8995-1

Iluminação de ambientes de trabalhos. Parte 1: Interior

Entorno imediato



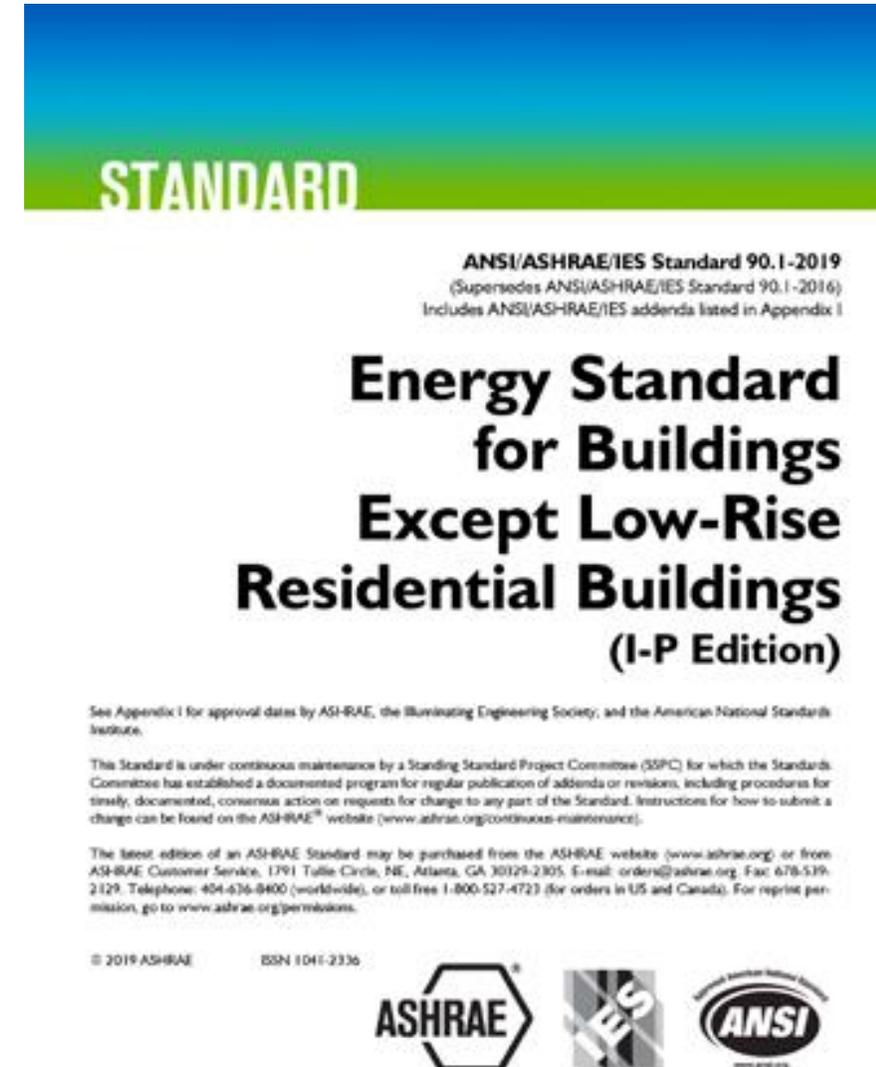
Iluminância da tarefa (lux)	Iluminância do entorno imediato (lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Mesma iluminância área de tarefa

Área de tarefa e entorno Imediato. Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1



NORMA ANSI/ASHRAE/IESNA STANDARD 90.1-2019 Section 9

- Requisitos mínimos de eficiência energética na construção do edifício
- Valores de DPI – densidade de potência de iluminação dada em tabelas
- Dois métodos: Método das atividades e Método da Área do Edifício $> W/m^2$
- Controle de iluminação: dimerização, sensores de luz natural, entre outros
- Utilizada nas certificações LEED





4. Iluminação elétrica: fontes



- **INCANDESCENTES**
- **HALÓGENAS**
- **FLUORESCENTES**
- **LEDS**



ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL - FONTES DE LUZ

○ INCANDESCENTES

- DAS MAIS ANTIGAS (THOMAS ALVA EDISON, 1879)
- TEMPERATURA DE COR AGRADÁVEL 2700 K (AMARELADA)
- LUZ POR AQUECIMENTO DO FILAMENTO (ATÉ 3 000°C)
- USO POPULAR BAIXO CUSTO E FÁCIL MANUTENÇÃO
- BAIXA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (10% LUZ E 90% CALOR)
- IRC 100%
- POSIÇÃO DE FUNCIONAMENTO - QUALQUER





Incandescente cristal



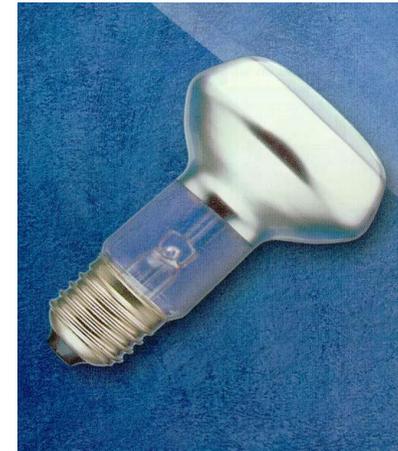
Incandescente soft



Incandescente vela



Incandescente bolinha



Incandescente refletora
ou Minispot

Material cedido por Cris Sato



ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL - FONTES DE LUZ

○ HALÓGENAS

- TAMBÉM PERTENCEM À FAMÍLIA DAS LÂMPADAS INCANDESCENTES LUZ POR AQUECIMENTO DE FILAMENTO
- GÁS HALOGÊNIO (IODO, FLUOR E BROMO) ASSOCIA-SE ÀS PARTÍCULAS DE TUNGSTÊNIO QUE SE DESPRENDEM DO FILAMENTO, RECONDUZINDO-AS NOVAMENTE A ELE (CICLO REGENERATIVO DO HALOGÊNIO)
- TEMPERATURA DE COR AGRADÁVEL ENTRE 2900 K E 3100 K (AMARELADO)
- IRC 100 %



BULBO, FILAMENTO, BASE E GÁS HALOGÊNIO

- **VANTAGENS EM RELAÇÃO ÀS INCANDESCENTES COMUNS:** **A)** LUZ UM POUCO MENOS AMARELADA QUE AS INCANDESCENTES COMUNS. **B)** LUZ BRILHANTE E UNIFORME DURANTE TODA A VIDA ÚTIL **C)** MAIOR EFICIÊNCIA ENERGÉTICA **D)** MAIOR VIDA ÚTIL **E)** MENORES DIMENSÕES



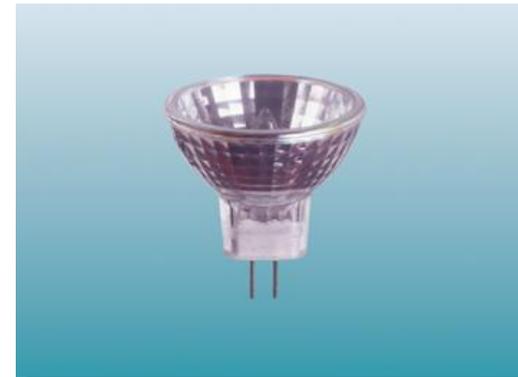
Halógena palito



Halógena halopin



Halógena bipino (12V)



Halógena decopin

Material cedido por Cris Sato



Halógena AR48, AR70
ou AR111 (12V)



Halógena PAR16 ou
Dicroica Tensão rede



Halógena PAR30 ou
PAR38



Xenon lighting
24V

Material cedido por Cris Sato



ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL - FONTES DE LUZ

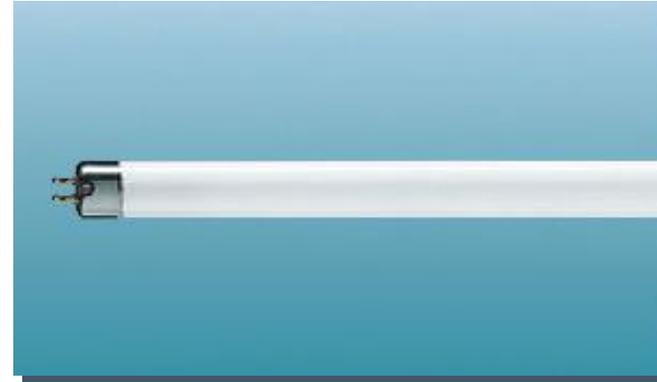
○ FLUORESCENTES

- DESCARGA ELÉTRICA EM GÁS EXCITA PÓ FLUORESCENTE O GÁS (EM BAIXA PRESSÃO) É COMPOSTO POR ARGÔNIO E MERCÚRIO A DESCARGA ELÉTRICA PRODUZ RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA, NÃO VISÍVEL
- VIDA ÚTIL ENTRE 7 500 h A 16 000 h ATÉ 16 VEZES MAIS QUE A INCANDESCENTE COMPACTAS PODEM TER CONSUMO DE ATÉ 80% MENOS QUE AS INCANDESCENTES
- PRESTAM-SE PARA ILUMINAR LOCAIS COM DIFICULDADE DE VENTILAÇÃO OU REFRIGERAÇÃO POR TEREM BAIXA TEMPERATURA DE TRABALHO
- NECESSITAM DE REATOR ELETROMAGNÉTICO OU ELETRÔNICO PARA LIMITAR A CORRENTE ELÉTRICA
- MENOS SENSÍVEIS À VARIAÇÃO DE TENSÃO QUE AS INCANDESCENTES E HALÓGENAS





Fluorescente tubular T8
16W e 32W
18W e 36W
Vida útil: 7.500h
T8 ø26mm



Fluorescente tubular T5
14W, 28W e 54W
Vida útil: 15.000h
T5 ø16mm

Material cedido por Cris Sato



Fluorescente compacta
Dupla 2P ou 4P – 18W ou 26W



Fluorescente compacta
Tripla 4P – 32W ou 42W



Fluorescente compacta
Longa 4P – 36W ou 55W

Material cedido por Cris Sato



Fluorescente compacta
Eletrônica Twist 23W



Mini Fluorescente compacta
Eletrônica 9W

Material cedido por Cris Sato



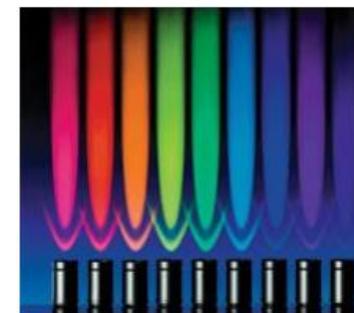
○ LEDES

- LEDs: FONTE DE LUZ DE ÚLTIMA GERAÇÃO (DÉCADA DE 1960 - LEDES PARA ARQUITETURA: DÉCADA DE 1990)
- VIDA ÚTIL: ACIMA DE 20000h (LEDS DE ALTA QUALIDADE: ACIMA DE 50000h)
- ALTO CUSTO INICIAL □ EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (ATUALMENTE: EM TORNO 30 lm/W - TENDÊNCIA: IGUAL LÂMPADAS DE DESCARGA)
- NECESSITA DE TÉCNICAS DE RESFRIAMENTO (EXCESSO DE CALOR = PERDA DE RENDIMENTO)





ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL - FONTES DE LUZ



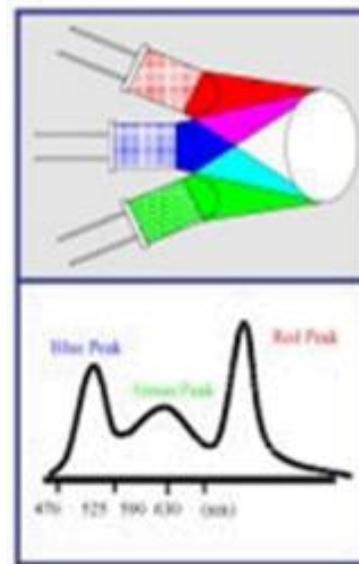
LEDS

□ FONTE DE LUZ MONOCROMÁTICA (FAIXAS ESTREITAS DE COMPRIMENTO DE ONDA – CORES SATURADAS) (LEDS MAIS COMUNS: VERMELHO, VERDE, AZUL – SISTEMA RGB)

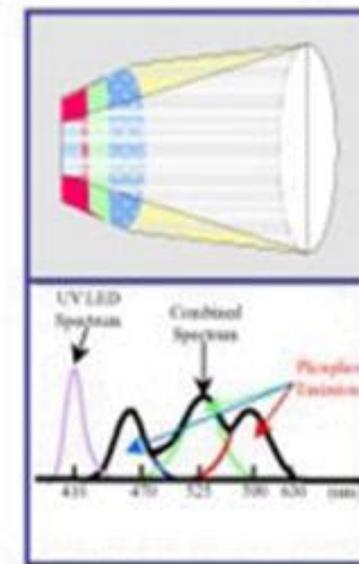
OBTENÇÃO DO LED BRANCO

- SISTEMA RBG: (TEMPERATURA DE COR: 5000K. BAIXO IRC)
- LED + CAMADA DE FÓSFORO. (SIMILAR ÀS FLUORESCENTES) (TEMPERATURA DE COR: 3000 a 5000K) (IRC: 80-90%)

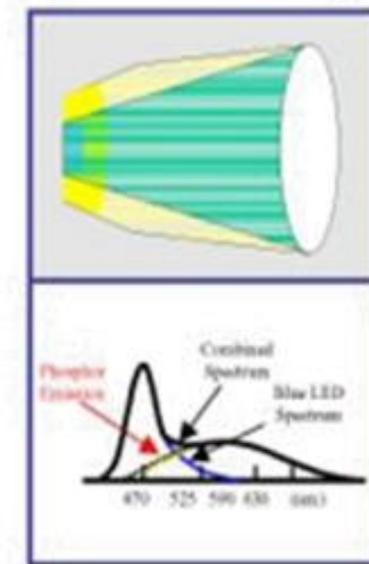
Red + Green + Blue LEDs



UV LED + RGB Phosphor



Blue LED + Yellow Phosphor





LED bulbo



LED PAR



LED dicrónica



LED AR111

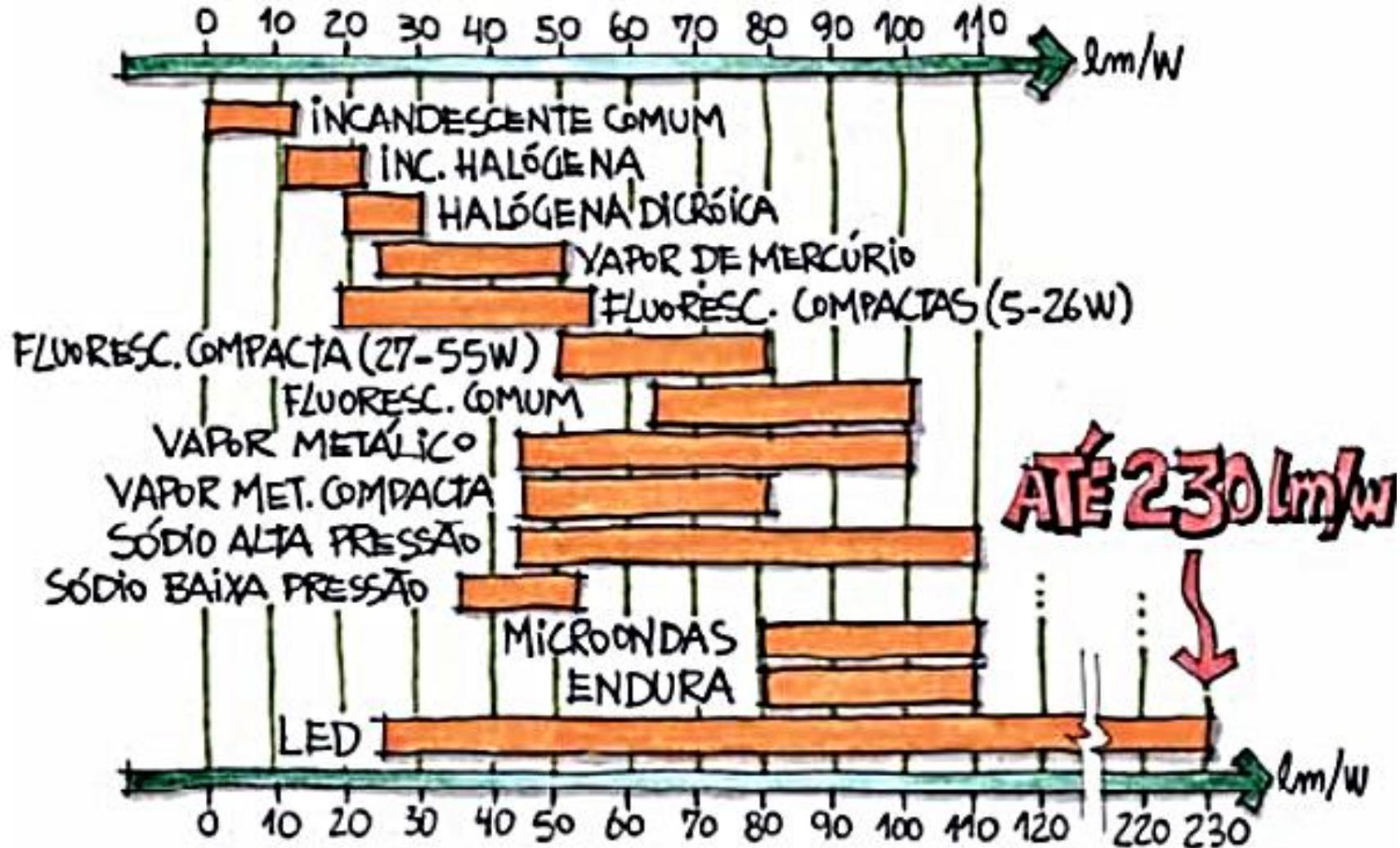


Tubo LED



Fita LED

Material cedido por Cris Sato





5. Exercício