

Conceitos de Iluminação

Prof. James Alexandre Baraniuk

E-mail: james.baraniuk@ufpr.br

Estrutura da Apresentação

- Materiais de Apoio
- O Olho
- A Luz
- Conceitos de Iluminação
- Conceitos de Lâmpadas
- Características de Luminárias
- Efeitos de Iluminação
- Simuladores de Iluminação
- Temas Relevantes

Materiais de Apoio

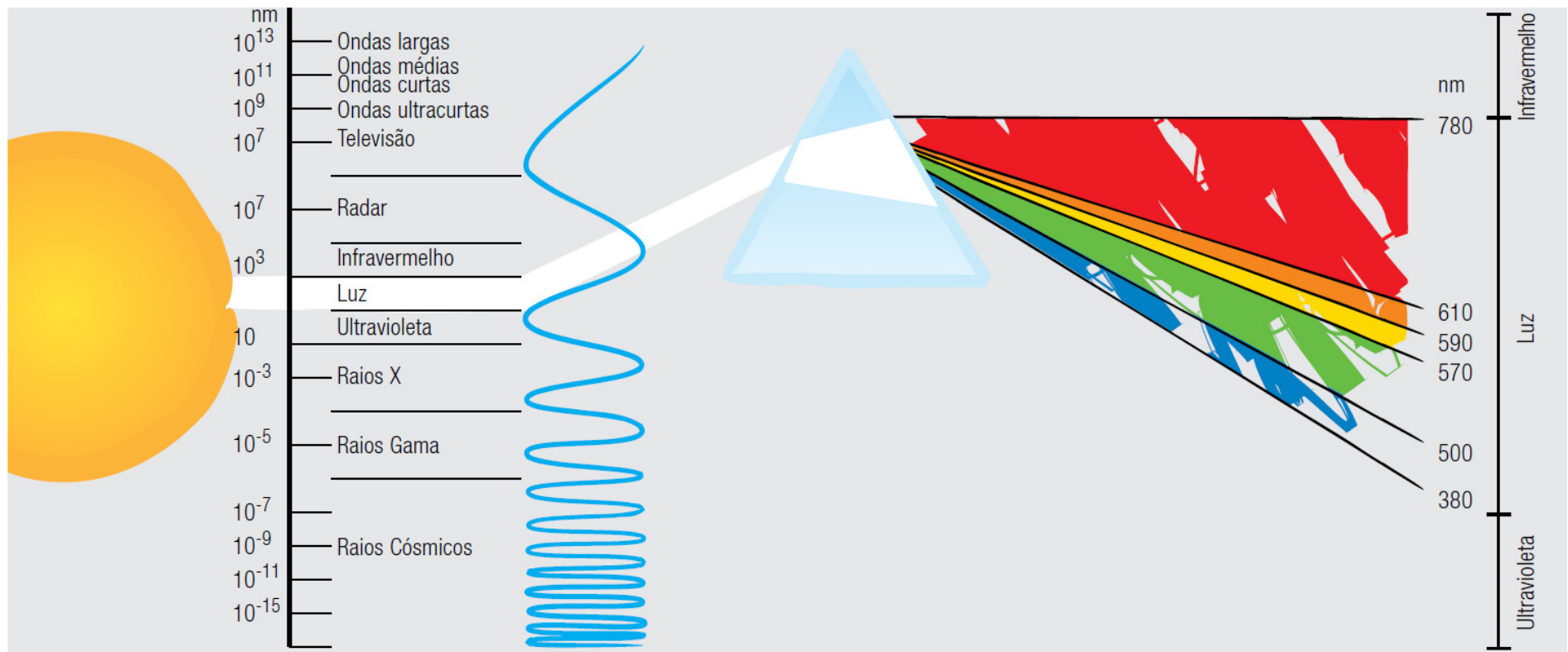
- Material de apoio voltado à Engenharia Elétrica:
<http://www.eletrica.ufpr.br/~james/Laboratorio%20V/Luminotecnica/principal.html>
- NORMA: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior -
<http://www.abntcolecao.com.br>
- Destaques:
 - Manual de Iluminação da ERCO
 - Site da LUMICENTER
 - Software de Simulação DIALUX

Como aprender sobre Iluminação?

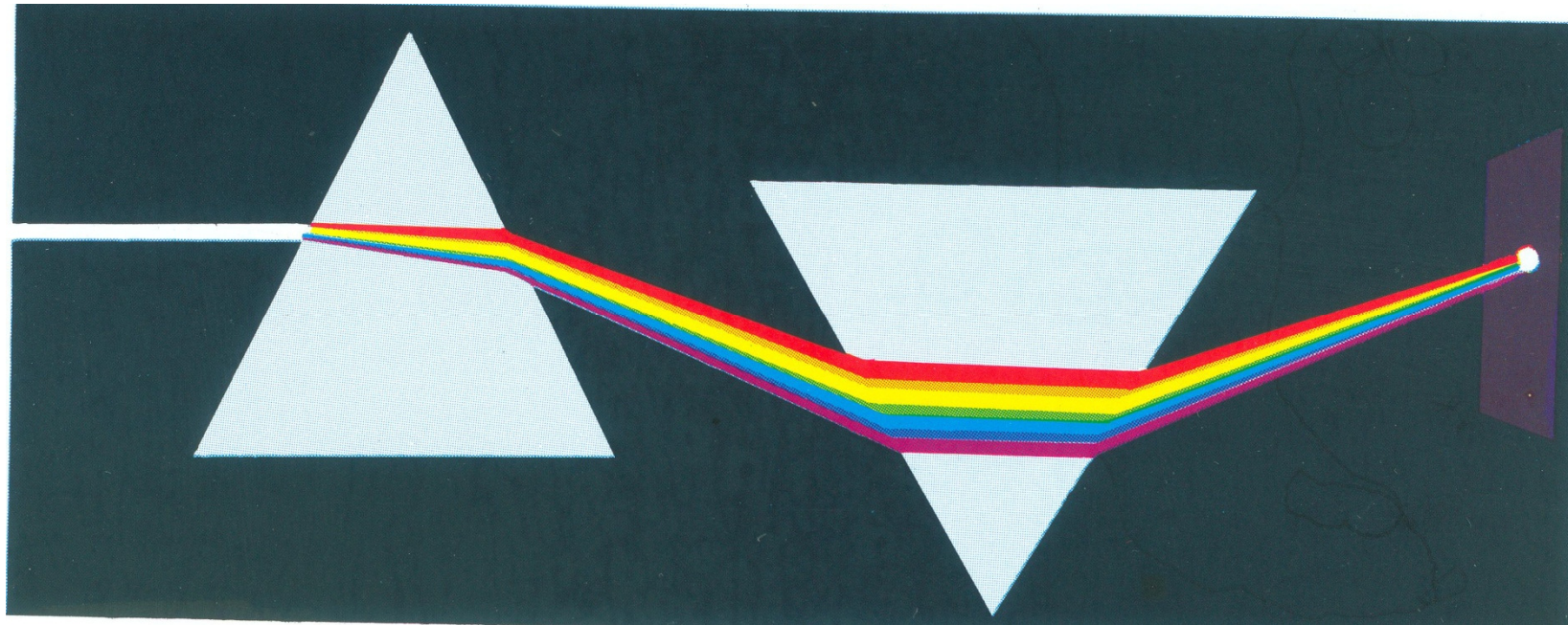
- Lighting Designers – Ver livro da Philips
- Iluminação Cênica de Teatros – Ver Beto Bruel
 - <http://www.youtube.com/watch?v=0n6UKFfHywM>

A Luz

Espectro da Luz Visível



Prisma Invertido



Formação da Cor no Olho

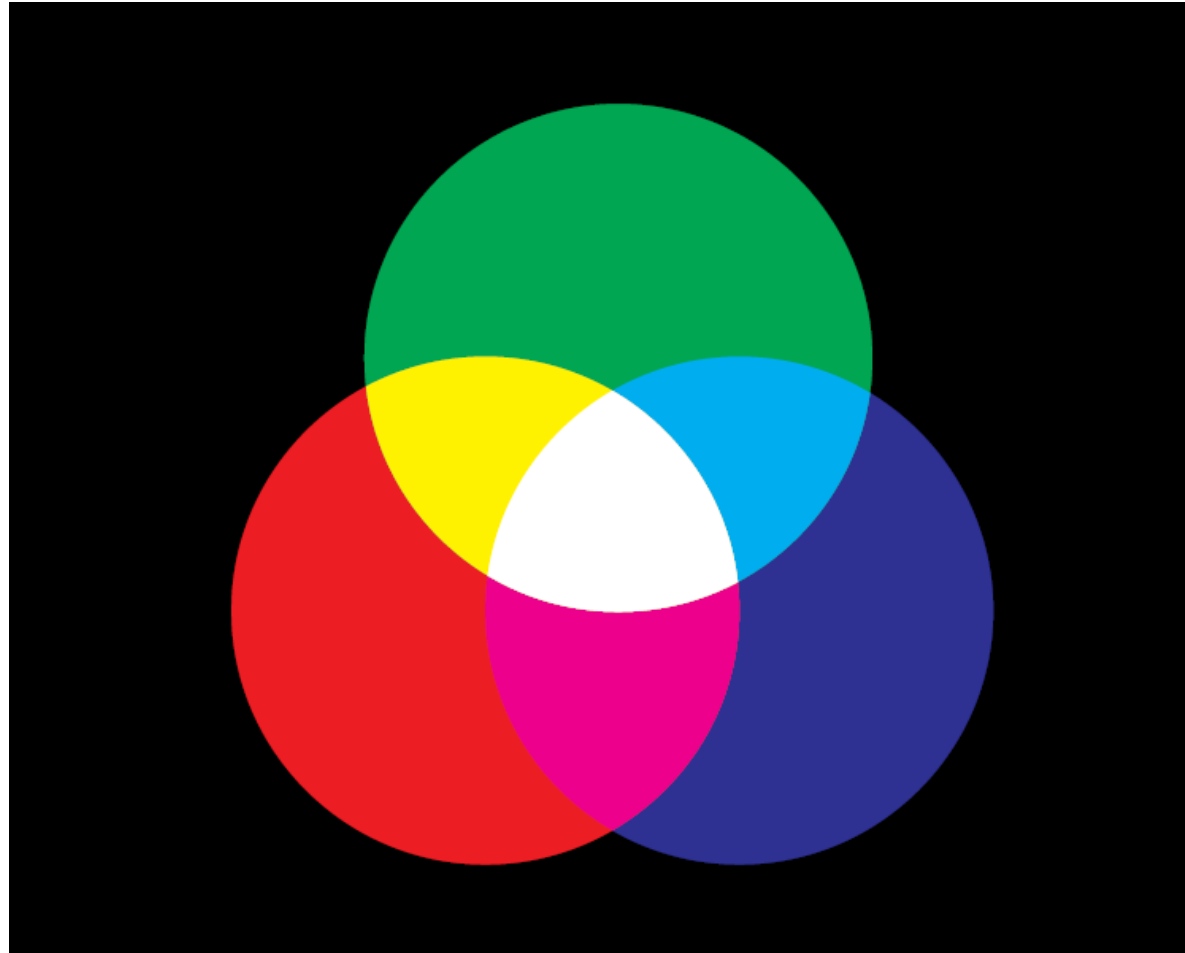
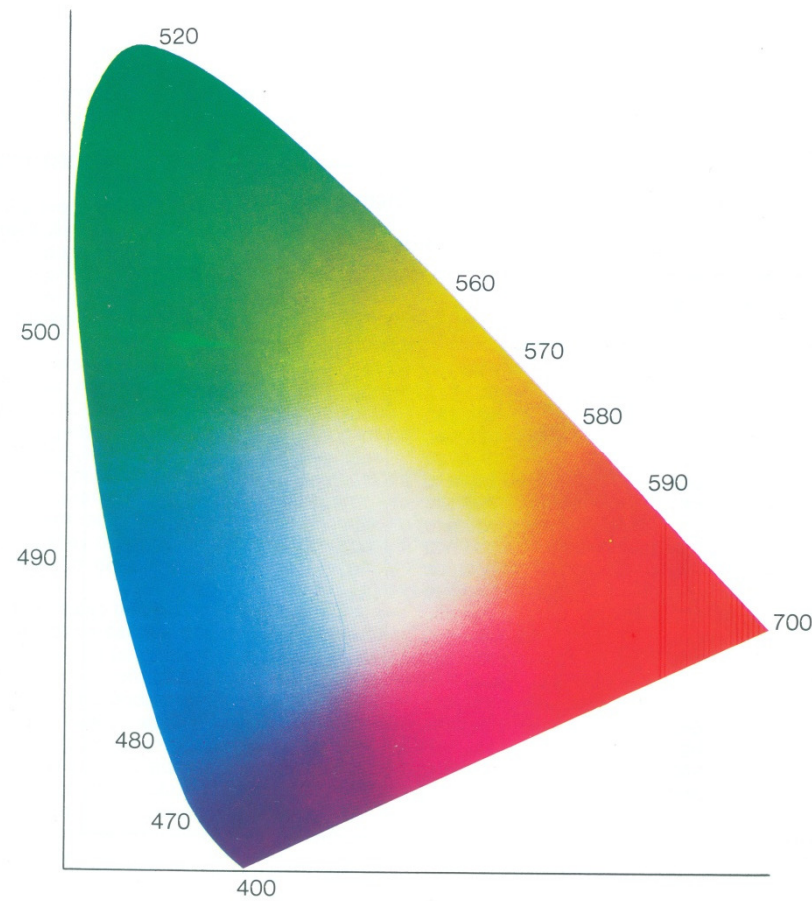
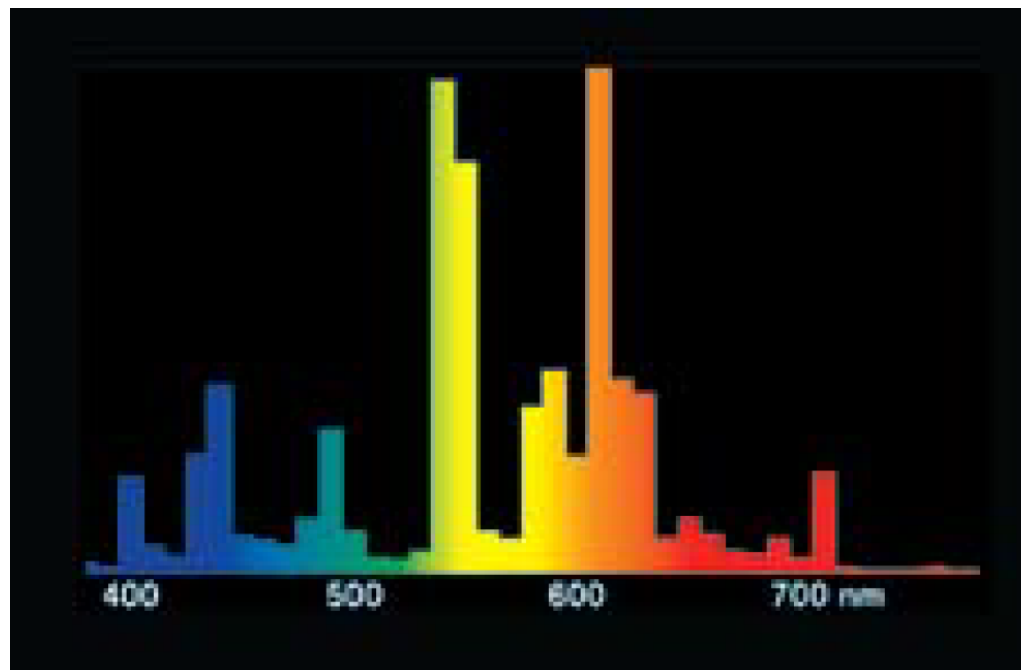
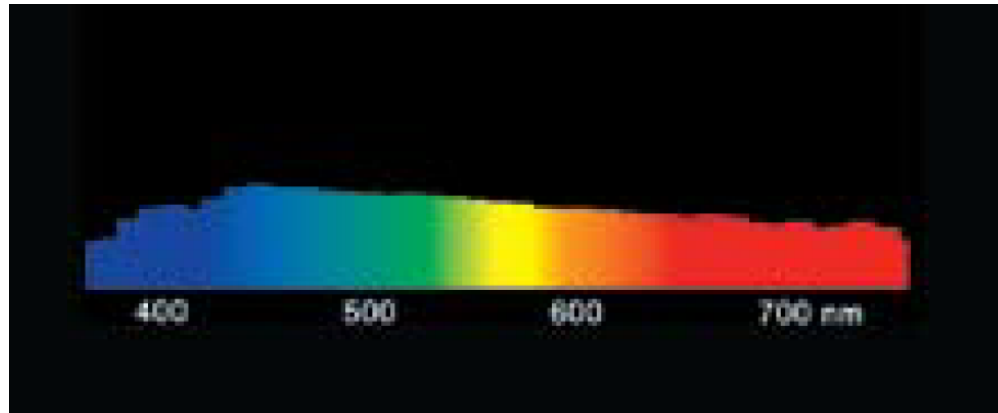


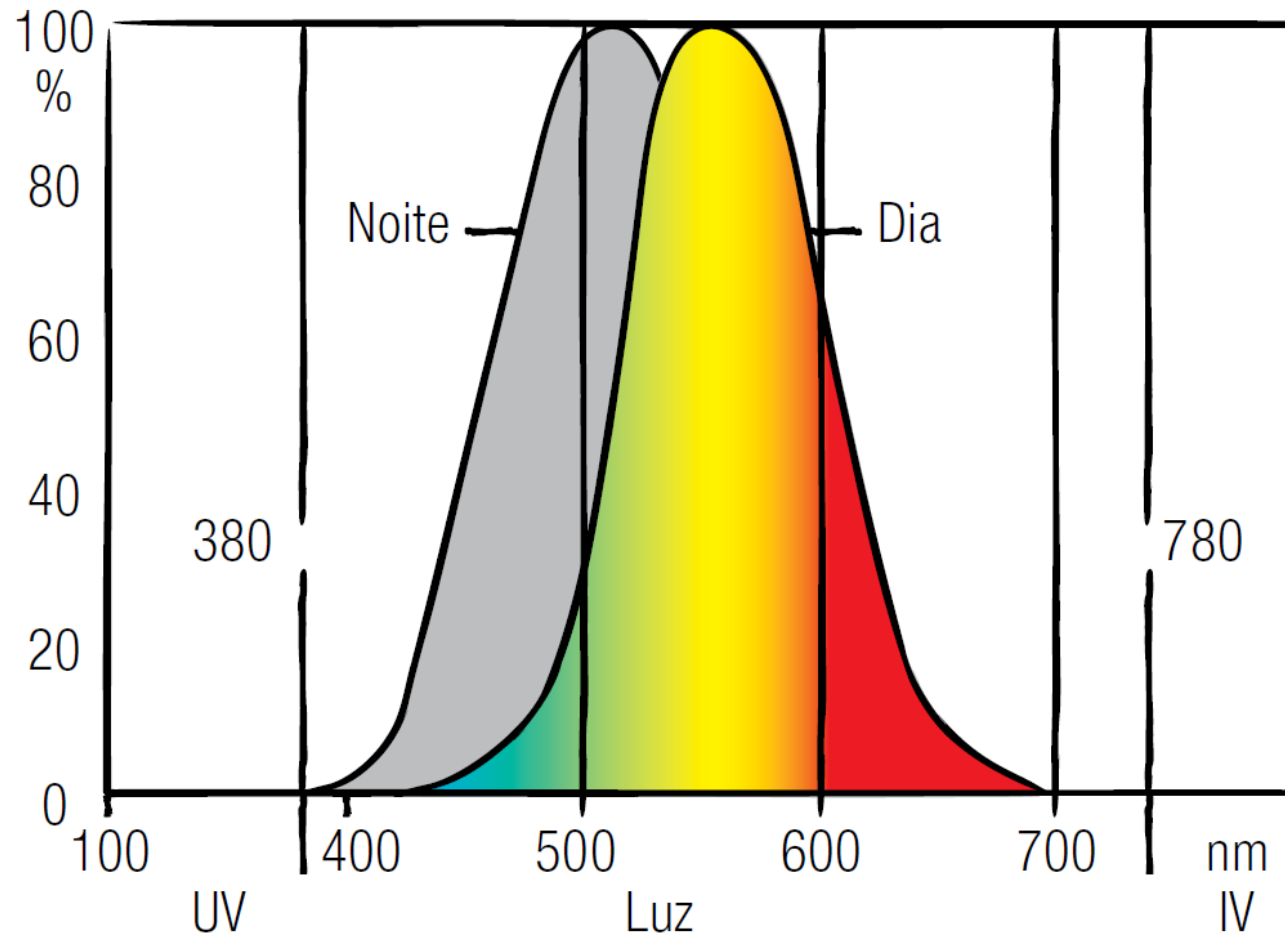
Diagrama Tricromático do CIE



Espectro de Luz Natural e de Lâmpada Fluorescente

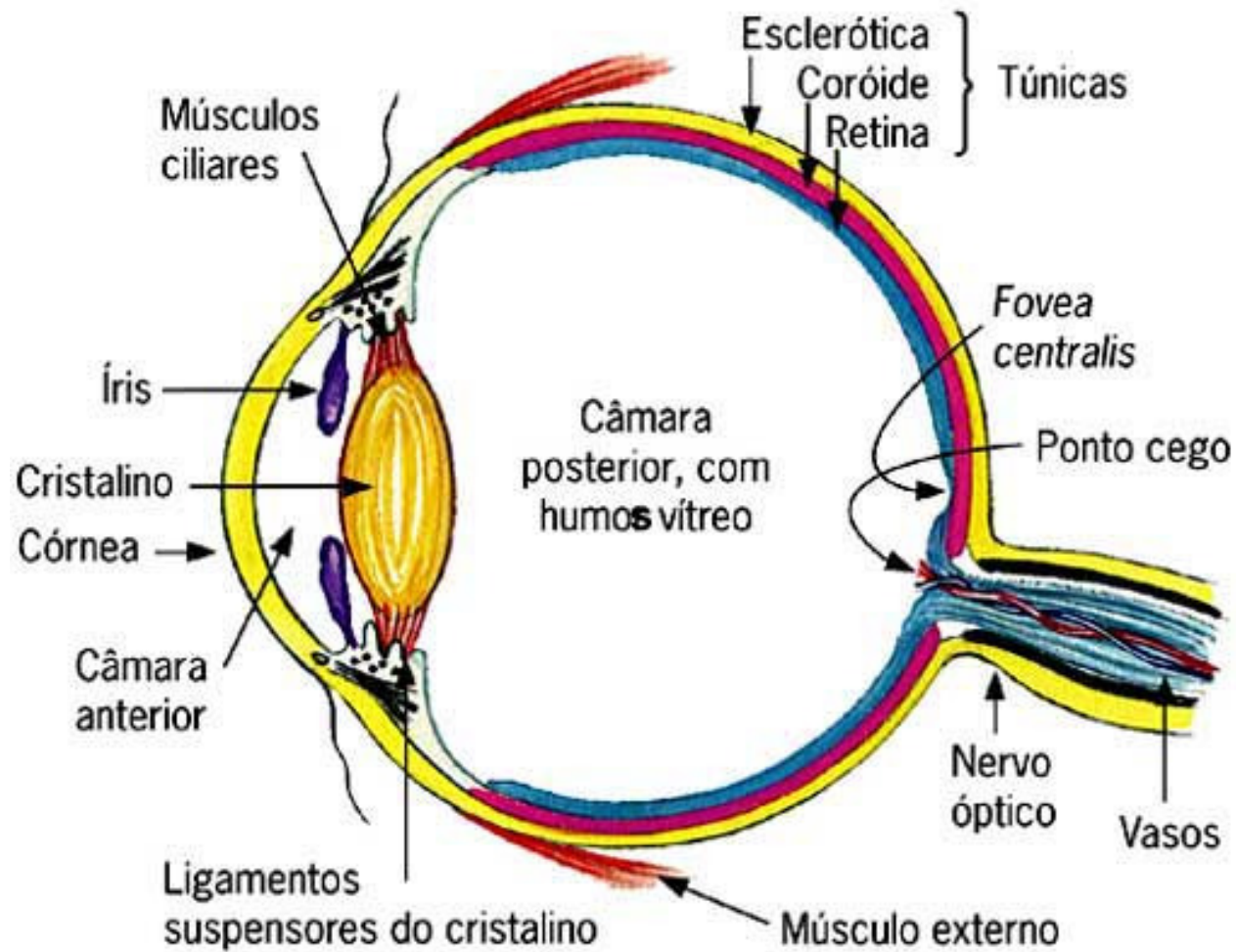


Sensibilidade do Olho Humano



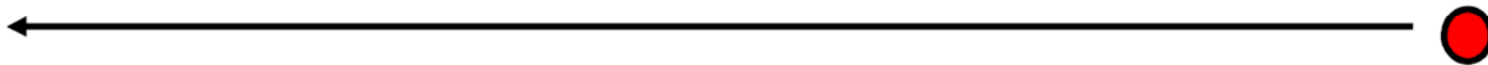
O Olho

O Olho Humano



Ponto Cego

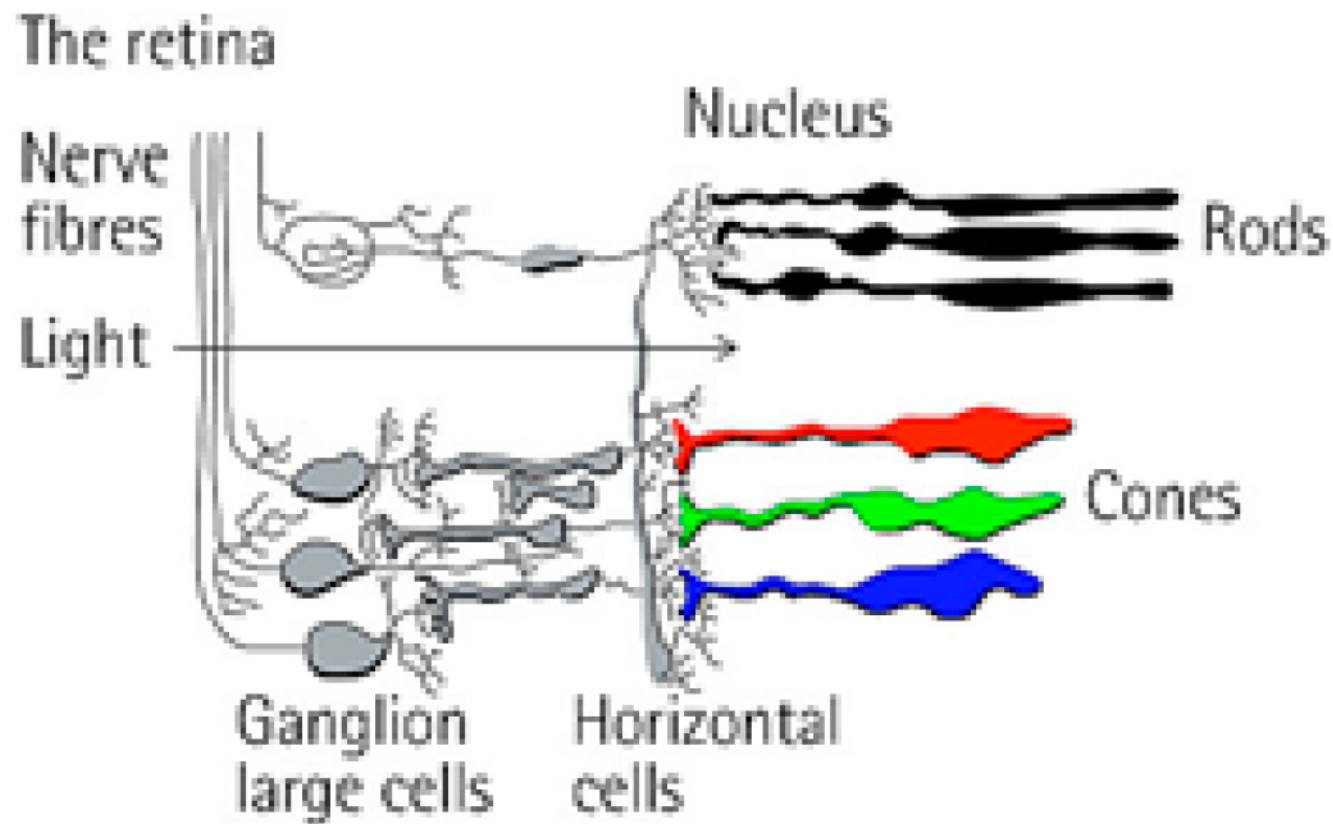
- Localize o ponto cego do olho direito: cubra o olho esquerdo



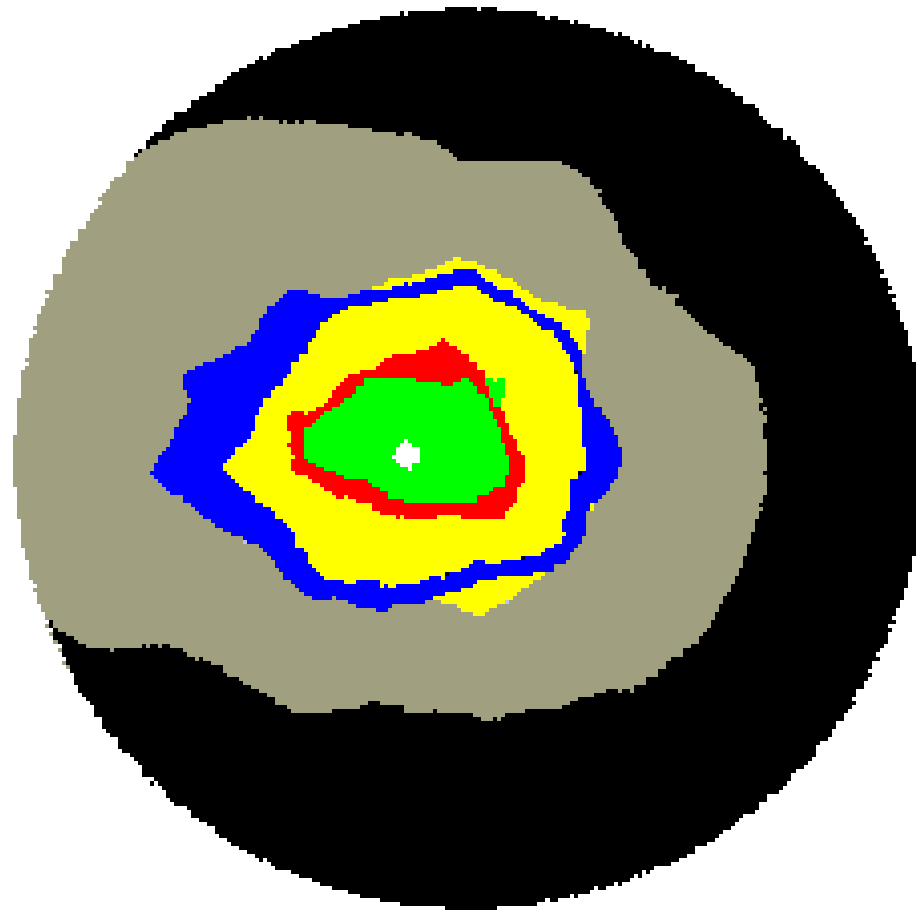
- Localize o ponto cego do olho esquerdo: cubra o olho direito



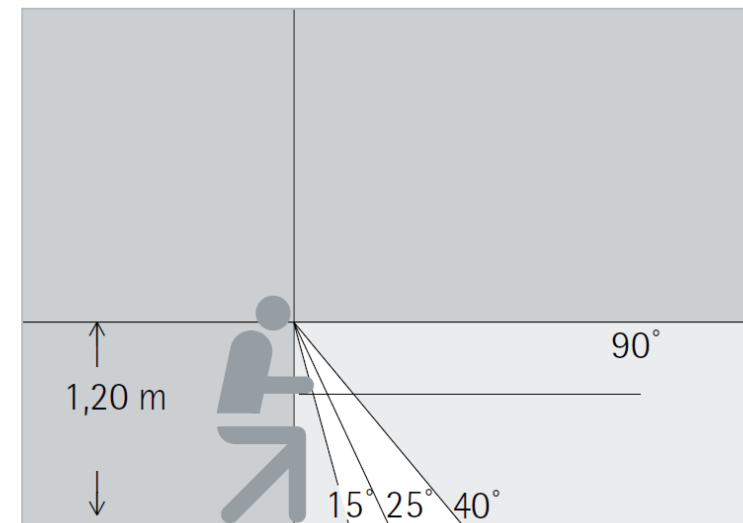
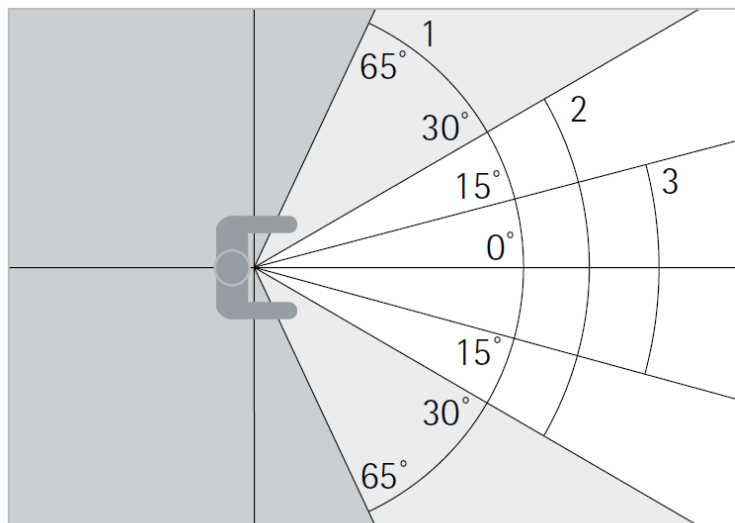
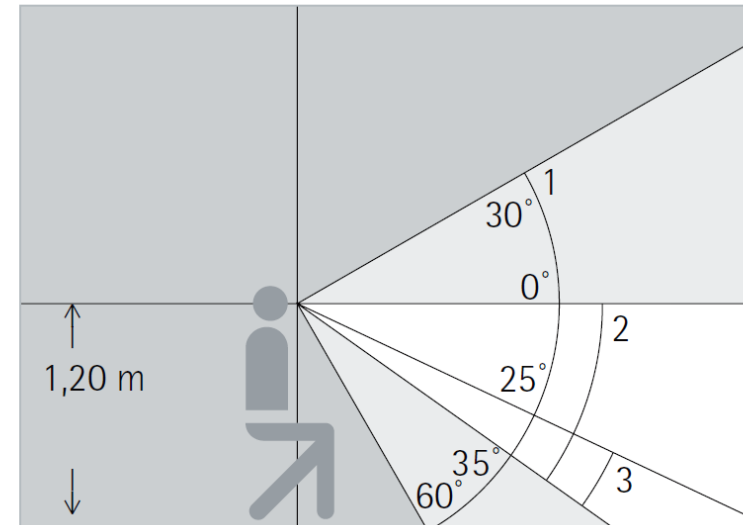
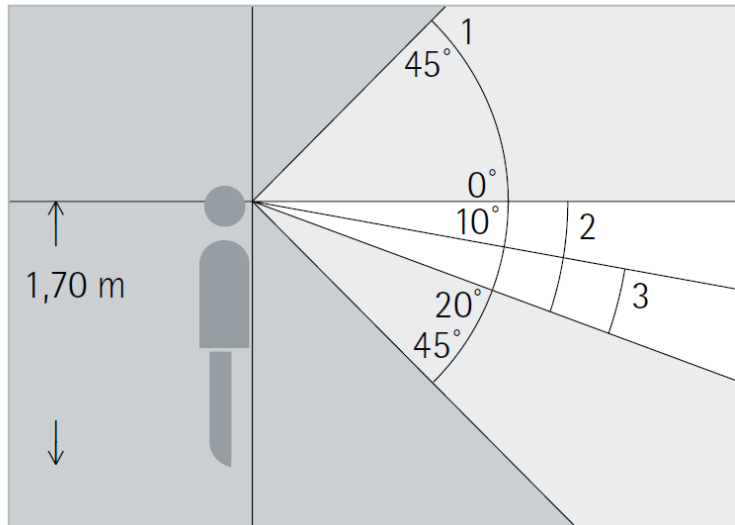
Cones e Bastonetes



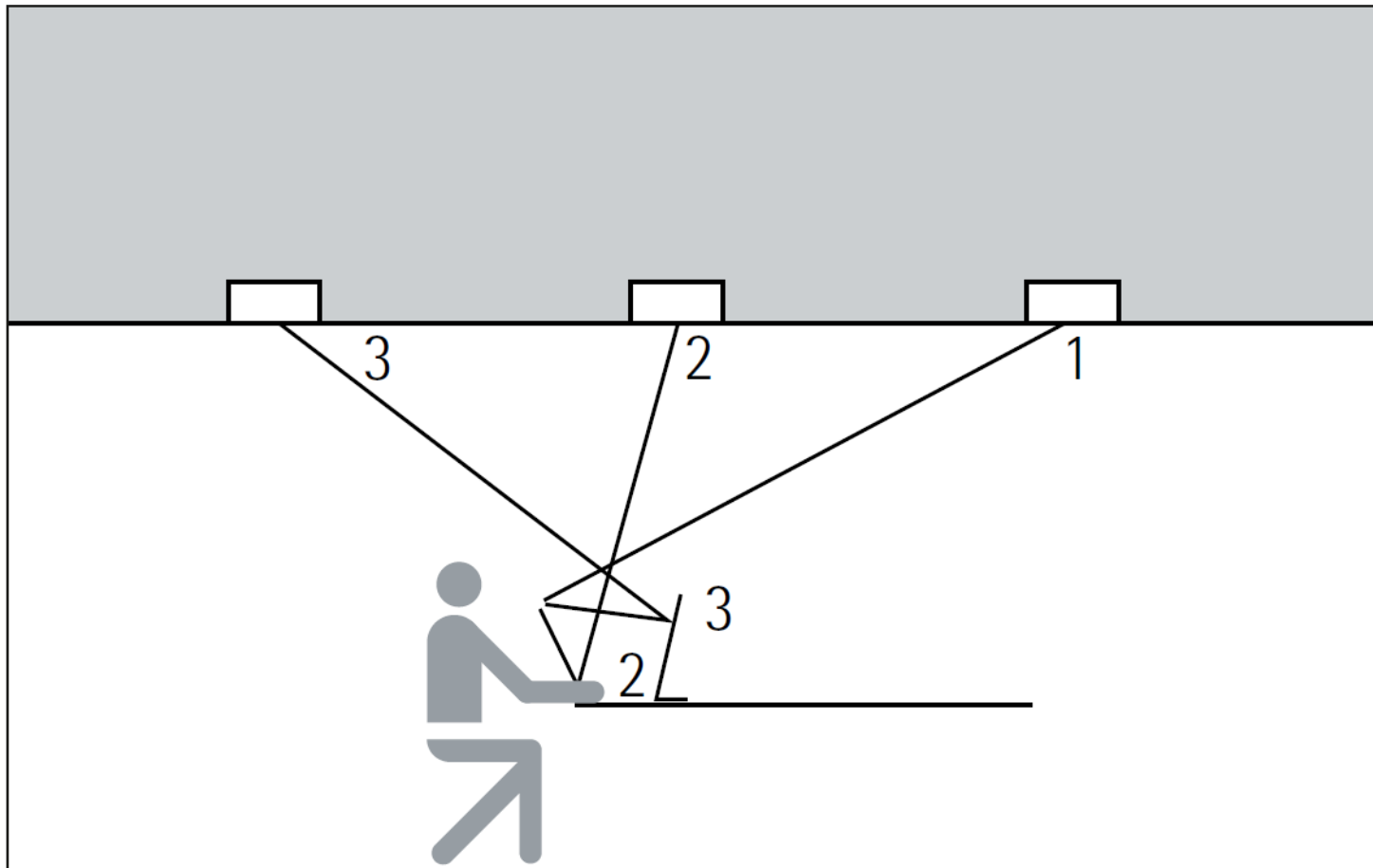
A Retina



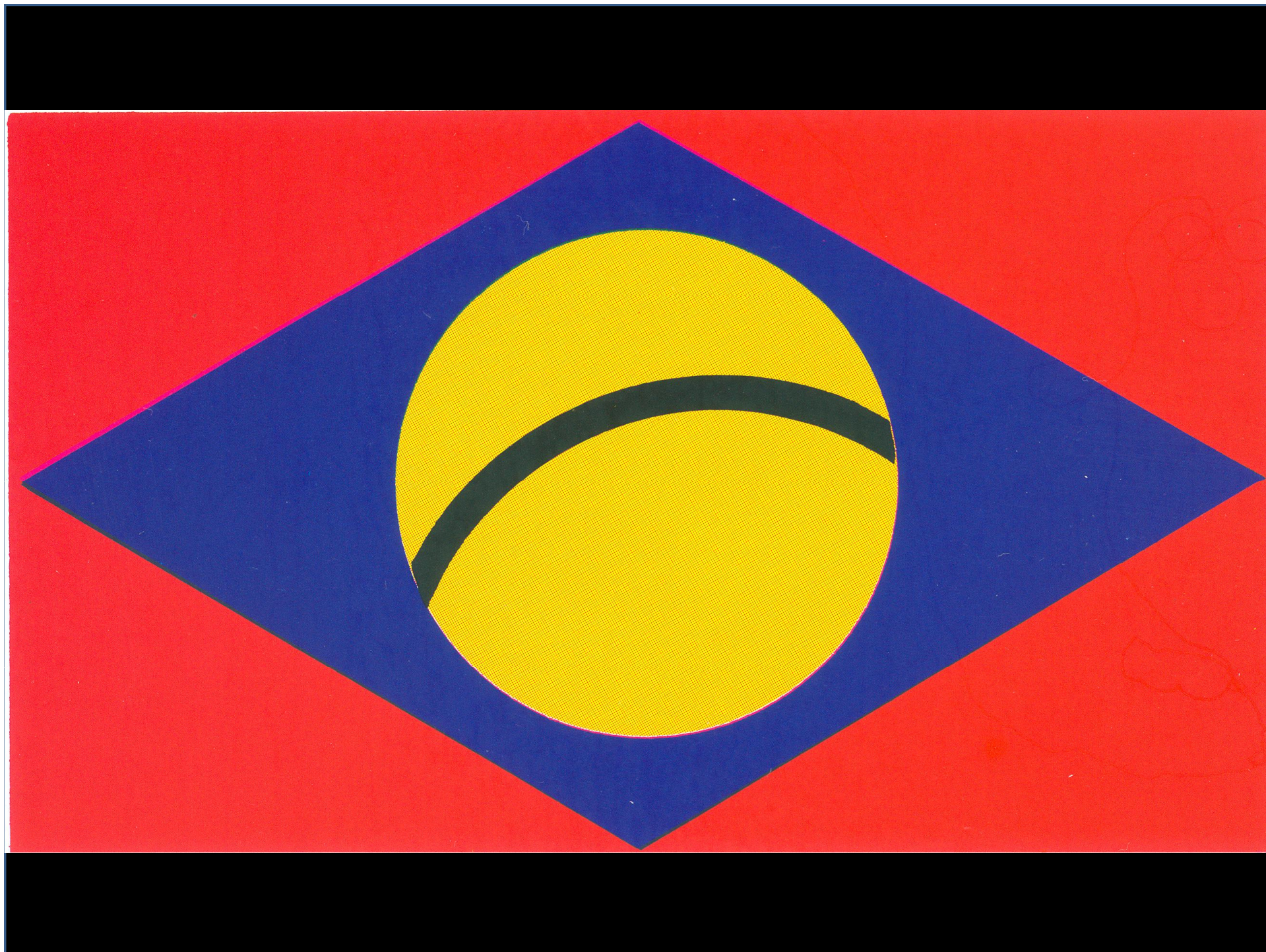
Campo Visual de Preferência



Ofuscamento



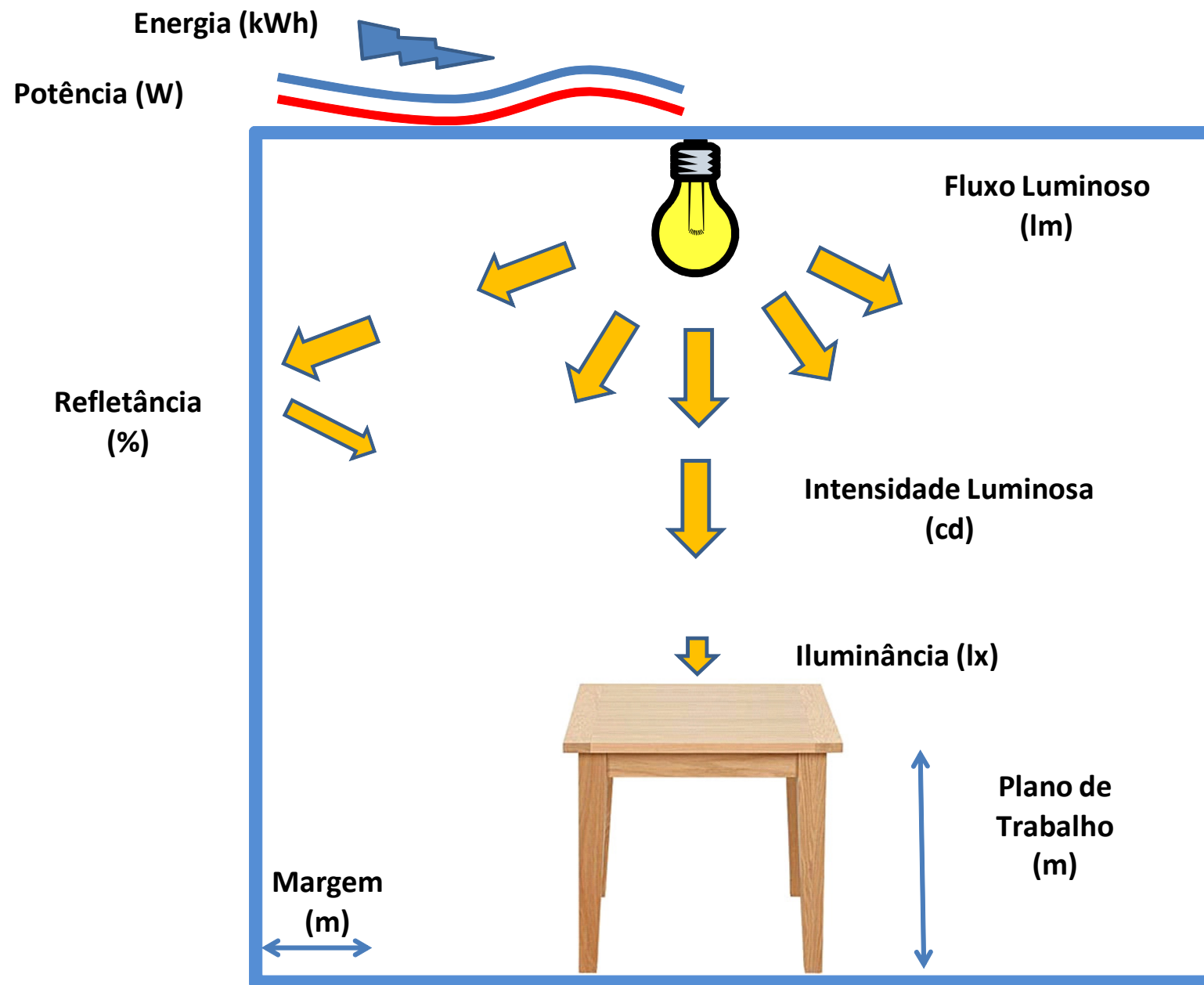
Efeito de Retenção



Conceitos Básicos de Luminotécnica

Conceitos de Iluminação

- Elétrica
 - Tensão
 - Corrente
 - Potência
 - Energia
- Iluminação
 - Fluxo Luminoso
 - Intensidade Luminosa
 - Iluminância
 - Refletância

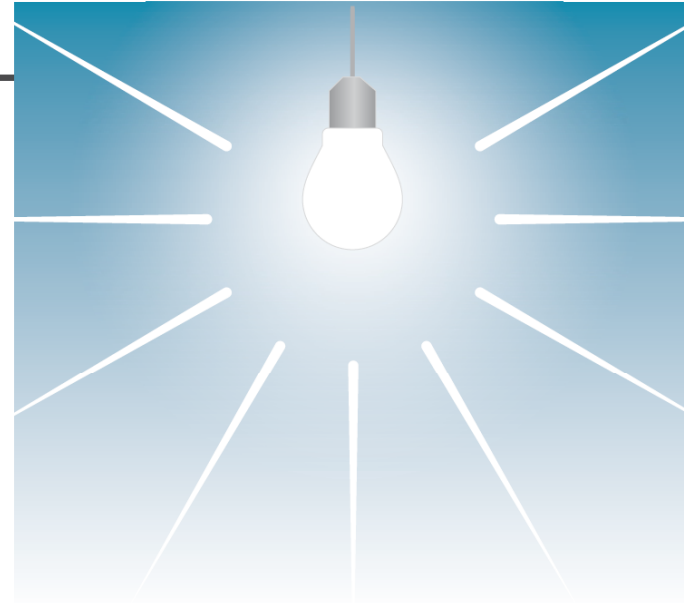


Fluxo
Luminoso

Símbolo Φ

Unidade **lúmen**
(lm)

É uma das unidades fundamentais em engenharia de iluminação, dada como a quantidade total de luz emitida por uma fonte, em sua tensão nominal de funcionamento.



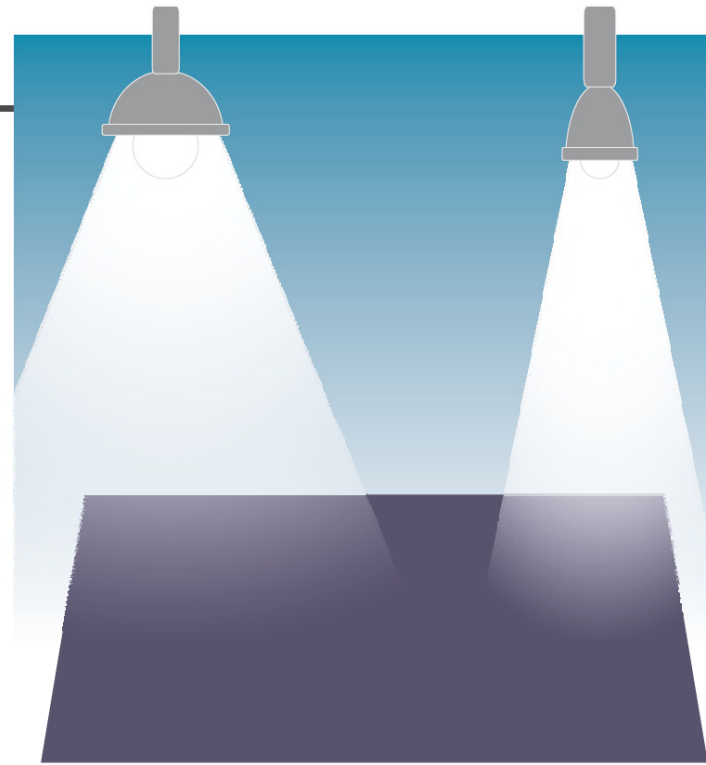
Intensidade
Luminosa

Símbolo **I**

Unidade **candela
(cd)**

É a quantidade de luz que uma fonte emite por unidade de ângulo sólido (lúmen/esferorradiano) projetada em uma determinada direção. O valor está diretamente ligado à direção desta fonte de luz.

A intensidade luminosa é expressa em candelas (cd) e, em algumas situações, em candelas/1000 lúmens.

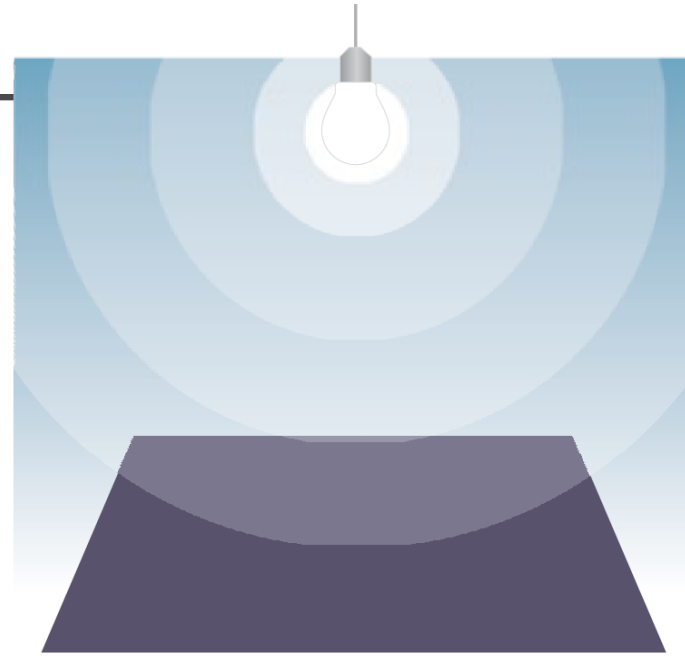


Iluminância

Símbolo **E**

Unidade **lux (lx)**

É o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância da fonte, ou seja, é a quantidade de luz que está chegando em um ponto. Esta relação é dada entre a intensidade luminosa e o quadrado da distância (I/d^2). A iluminância pode ser medida através de um luxímetro, porém, não pode ser vista. O que é visível são as diferenças na reflexão da luz. A iluminância é também conhecida como níveis de iluminação.



Iluminâncias por Classes de Tarefas – Norma ABNT NBR 5413/1992

Classe	Iluminância (lux)	Atividade
A - Iluminação Geral para tarefas visuais simples	20 – 30 – 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 – 75 – 100	Orientação simples para curta permanência
	100 – 150 – 200	Recintos sem uso contínuo, depósitos
	200 – 300 – 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, auditórios
B - Iluminação Geral	500 – 750 – 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, escritórios
	1000 – 1500 – 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
C - Iluminação Adicional para Tarefas Difíceis	2000 – 3000 – 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 – 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, microeletrônica
	10000 – 15000 – 20000	Tarefas visuais complexas, cirurgia

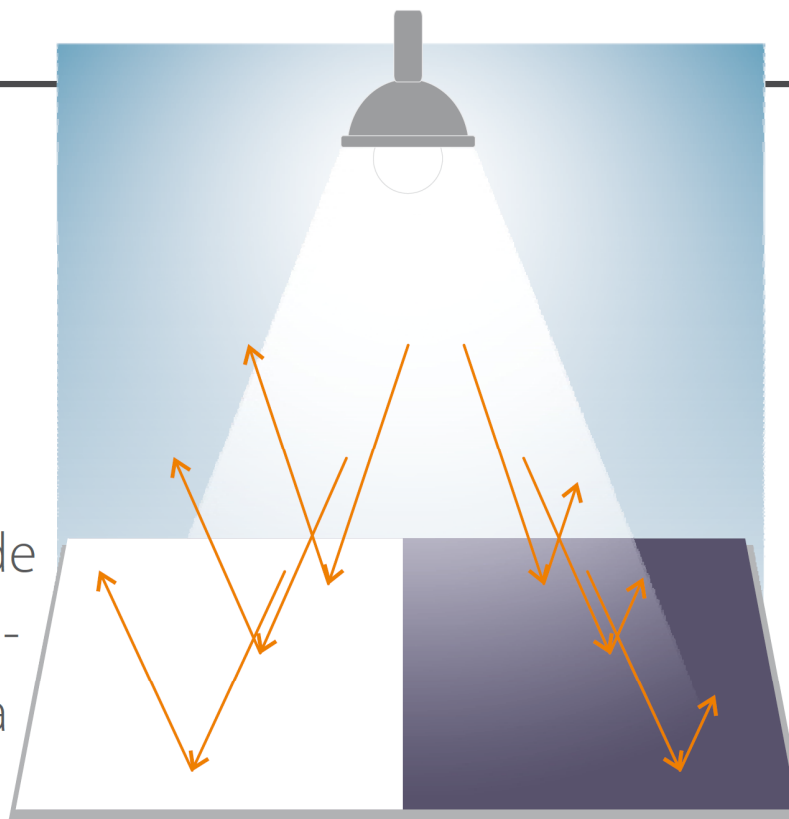
Luminância

Símbolo **L**

Unidade **cd/m²**

É a intensidade luminosa de uma fonte de luz produzida ou refletida por uma superfície iluminada. Esta relação é dada entre candelas e metro quadrado da área aparente (cd/m²).

A luminância depende tanto do nível de iluminação ou iluminância, quanto das características de reflexão das superfícies.



Eficiência Luminosa

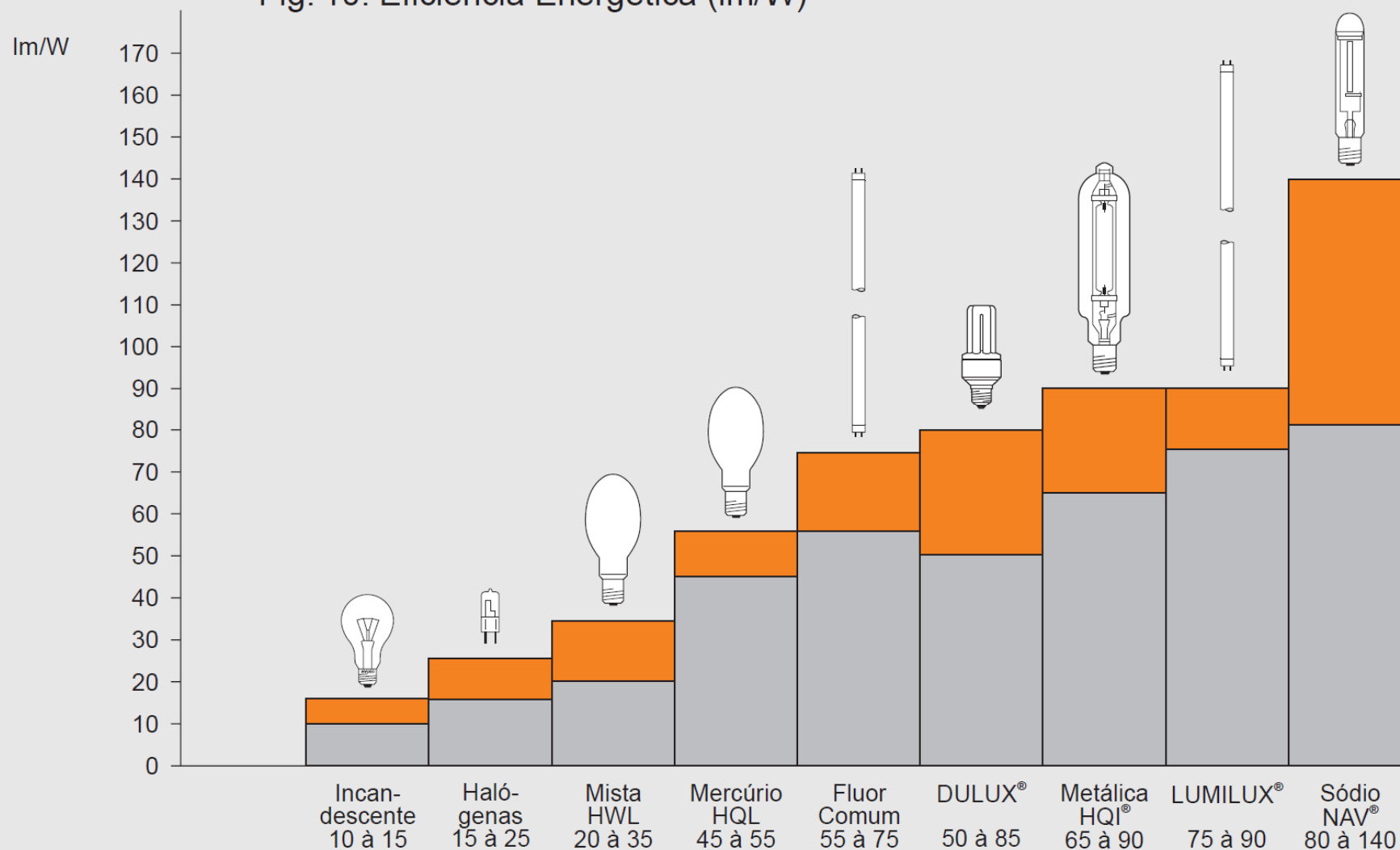
Unidade **lúmen por Watt (lm/W)**

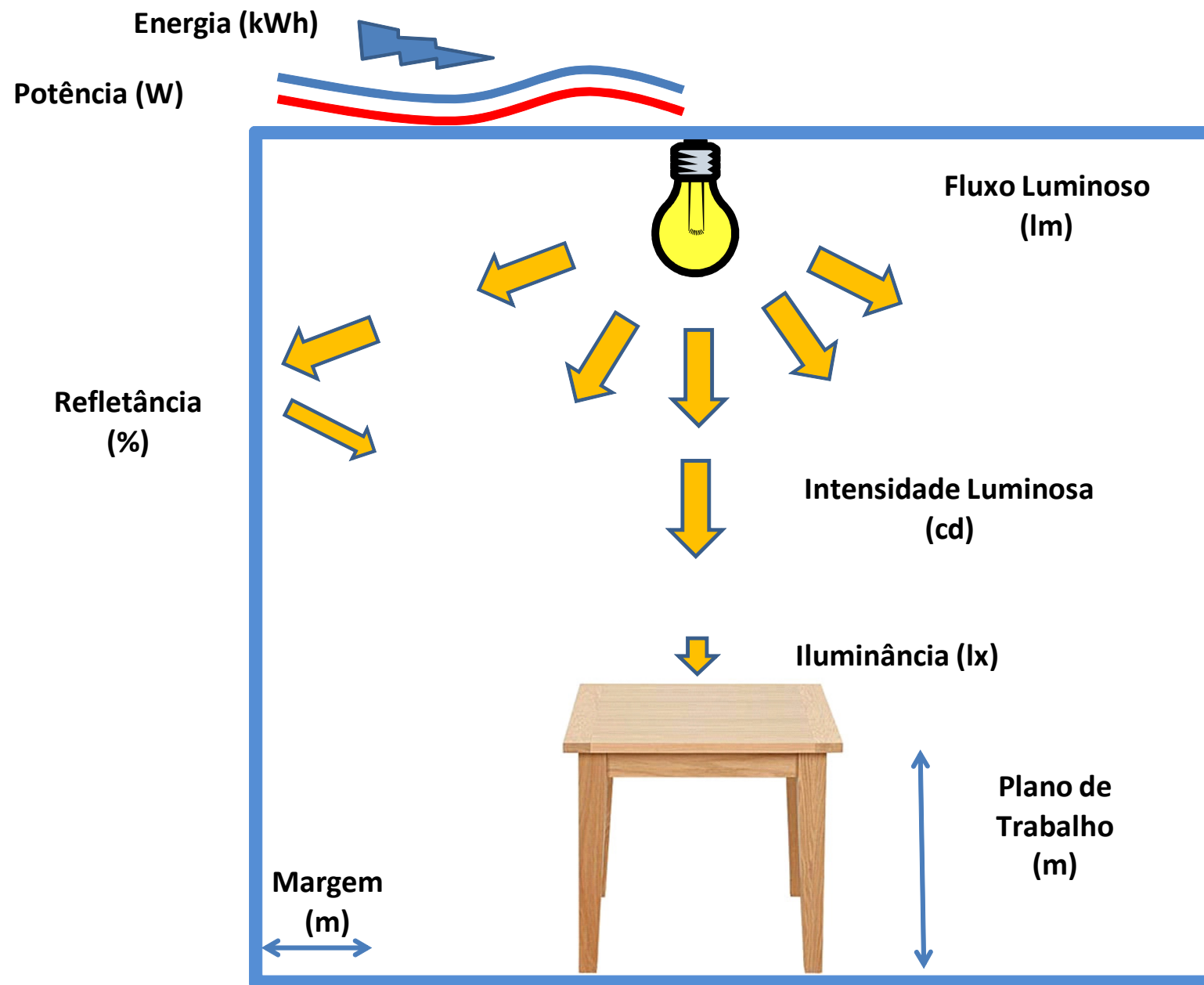
É a relação entre o fluxo luminoso emitido e a energia elétrica consumida (potência).

É útil para averiguarmos se um determinado tipo de lâmpada é mais ou menos eficiente do que outro.

Exemplo de eficiência energética em lâmpadas da OSRAM

Fig. 10: Eficiência Energética (lm/W)





Temperatura de Cor

Temperatura de cor

Símbolo **K**

Unidade **Kelvin**



É a grandeza expressa em Kelvin que indica a aparência de cor da luz.

A luz “quente”, de aparência amarelada, tem baixa temperatura de cor (não superior a 3000K). A luz “fria” de aparência azul violeta, tem temperatura de cor maior que 6000K. A luz branca natural emitida pelo sol em céu aberto ao meio-dia, tem temperatura de cor perto de 5800K.

Efeito da Temperatura de Cor



Índice de Reprodução de Cores

Índice de reprodução de cor - IRC

É a medida de correspondência entre a cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte de luz. A luz artificial deve permitir ao olho humano perceber as cores corretamente, ou o mais próximo possível da luz natural do dia.

Quanto mais alto o índice, melhor a reprodução das cores. Lâmpadas com IRC de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão.

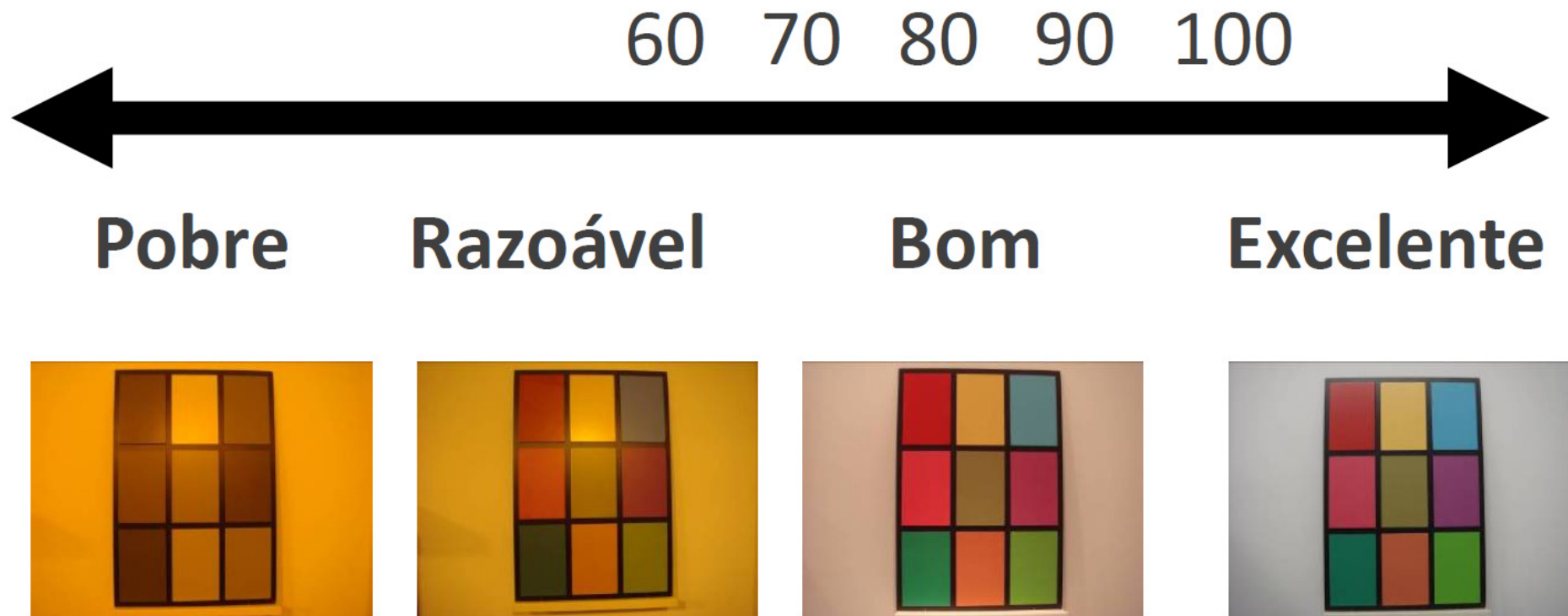


Índice de reprodução de cor = 40%



Índice de reprodução de cor = 100%

Efeito do Índice de Reprodução de Cores (IRC ou CRI)

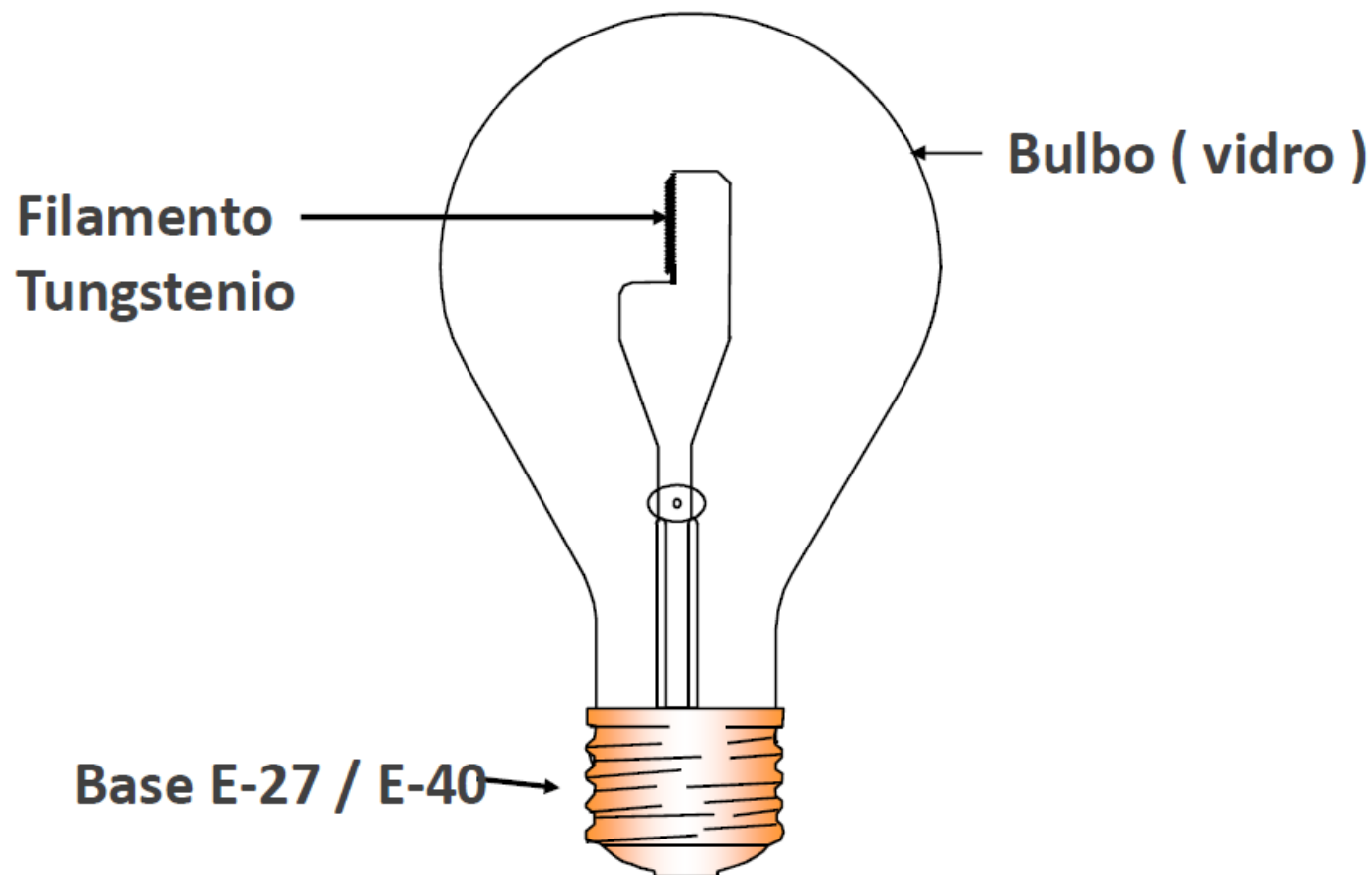


A Lâmpada

Tipos de Lâmpadas Mais Comuns

- Incandescente
- Fluorescente
- Vapor de Sódio de Baixa Pressão
- Vapor de Sódio de Alta Pressão
- Vapores Metálicos
- LED

Lâmpada Incandescente



Lâmpada Incandescente Padrão

Aplicações

- Ideais para iluminação geral de áreas em que se desenvolvam atividades como cozinhar, lavar, ler e utilizar computador, em residências, hotéis e locais similares.

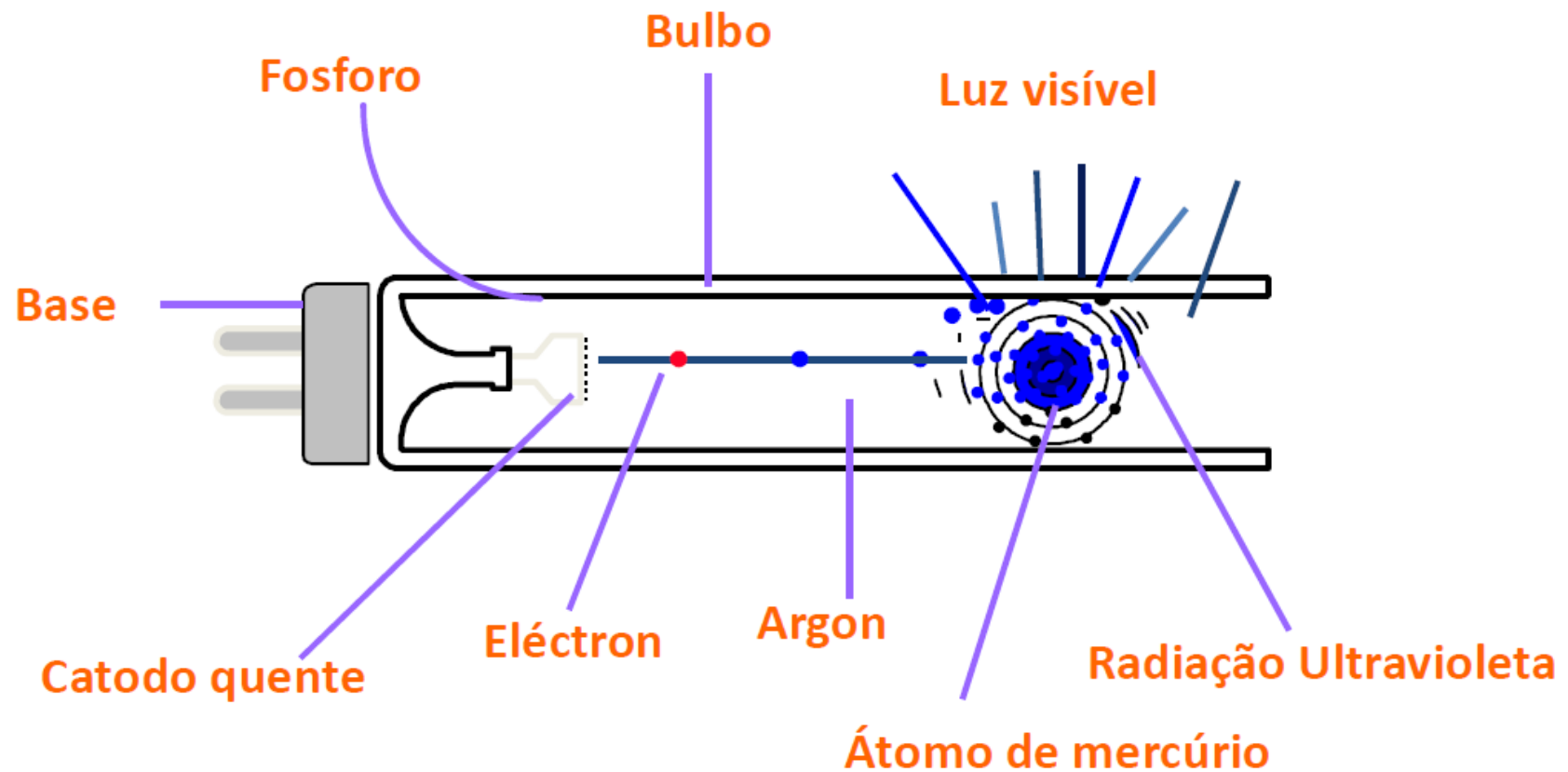


Lâmpada Incandescente Padrão

Potência (W)	Bulbo	Tensão (V)	Base	Acabamento	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Vida mediana (horas)*
25	A55	127	E27	CLARA	230	9	750
25	A55	220	E27	CLARA	220	9	1.000
40	A55	127	E27	CLARA	516	13	750
40	A55	220	E27	CLARA	415	10	1.000
60	A55	127	E27	CLARA	864	14	750
60	A55	220	E27	CLARA	715	12	1.000
100	A55	127	E27	CLARA	1.620	16	750
100	A55	220	E27	CLARA	1.350	14	1.000



Lâmpadas FLuorescentes



Fluorescente Compacta



Fluorescente Compacta

Descrição

- São lâmpadas fluorescentes compactas integradas extremamente miniaturizadas,
- Possuem reator e base E27 já acoplados aos tubos fluorescentes, tornando sua instalação extremamente prática.
- Proporcionam economia de energia, durabilidade e qualidade de luz quando comparadas com lâmpadas incandescentes tradicionais (consomem até 80% menos energia e duram até oito vezes mais considerando um uso diário de até 3 horas).
- Possuem opção de luz clara (branca) ou suave (amarela).

Aplicações

- Devido a sua grande praticidade de instalação e seu formato extremamente compacto tornam-se ideais para iluminação geral e decorativa de residências, hotéis e similares.
- A opção de luz clara (branca) é indicada para iluminação de áreas onde ocorra o desenvolvimento freqüente de atividades, como cozinhas e áreas de serviço.
- A opção de luz suave (amarela) é indicada para iluminação de áreas de descanso, como salas e quartos.
- Quando utilizadas em substituição de lâmpadas incandescentes tradicionais, recomenda-se que seja verificada a equivalência ideal de potências, visando manter a mesma quantidade de luz para o ambiente iluminado.

Outras Características

- Possui mercúrio metálico, por isso precisa ser descartada em lixo especial

Fluorescente Compacta

Potência (W)	Tensão (V)	Base	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)	Temperatura de cor (K)	Índice de reprodução de cor (IRC)	Vida mediana (horas)
8	110-127V	E27	400	50	luz suave - 2.700K	82	8.000
8	220-240V	E27	400	50	luz suave - 2.700K	82	8.000
11	110-127V	E27	570	52	luz suave - 2.700K	82	8.000
11	220-240V	E27	570	52	luz suave - 2.700K	82	8.000
11	110-127V	E27	540	49	luz clara - 6.500K	80	8.000
11	220-240V	E27	540	49	luz clara - 6.500K	80	8.000
15	110-127V	E27	800	53	luz suave - 2.700K	82	8.000
15	220-240V	E27	800	53	luz suave - 2.700K	82	8.000
20	110-127V	E27	1.100	55	luz suave - 2.700K	82	8.000
20	220-240V	E27	1.100	55	luz suave - 2.700K	82	8.000

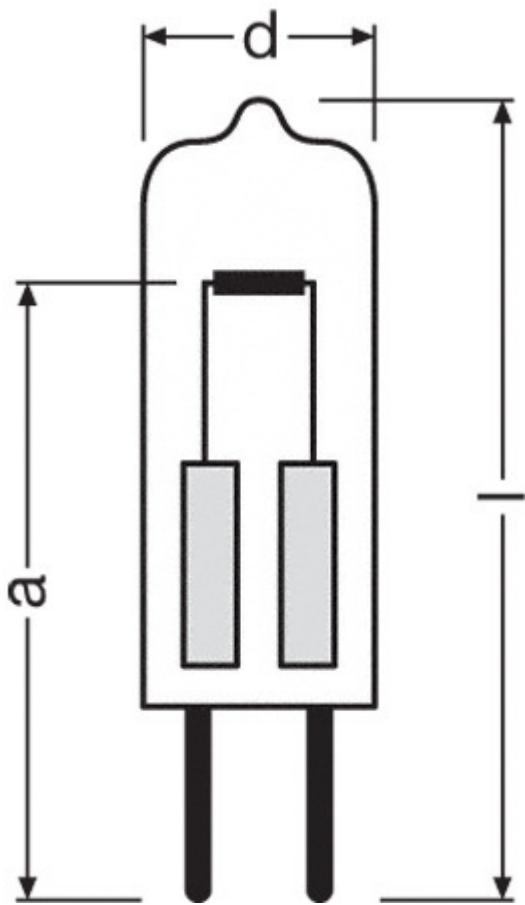




Lâmpadas Halógenas



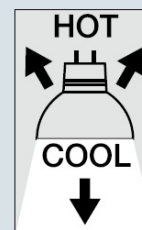
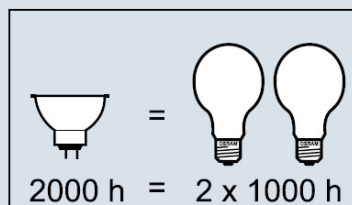
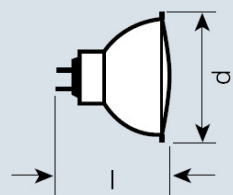
Lâmpadas Halógenas



Decostar 51 Titan

- Luz constante e uniforme ao longo de suas vidas, indicadas especialmente para instalações comerciais ou residenciais com prolongadas horas de acendimento.
- Lâmpadas com refletor dicróico mais resistente, que não se danifica ao longo do uso, garantindo uma luz constante e aparência de cor uniforme.
- Emissão de luz mais fria decorrente do refletor dicróico, que reduz em até 66% a radiação térmica emitida pela lâmpada.
- Possuem lente frontal protetora, assegurando a qualidade do refletor contra poeira e umidade.
- Utilizadas na iluminação de destaque, de objetos sensíveis ao calor, na iluminação em residências, hotéis, vitrines e halls.
- Atendem à norma IEC 60598-1, permitindo o uso em luminárias abertas.
- Podem ser dimerizadas.
- Temperatura de cor: 3.100 K.
- Índice de reprodução de cor: 100.
- UV FILTER: bulbo de quartzo que filtra em até 5 vezes a radiação UV, evitando o desbotamento de cores.

Decostar 51 S – 41570 WFL



Tensão



Potência



Intens. Luminosa



Ângulo



Vida Médiana



Diâmetro



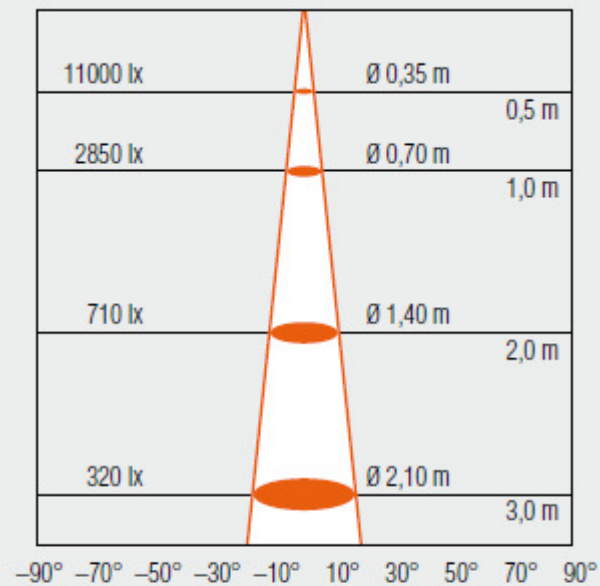
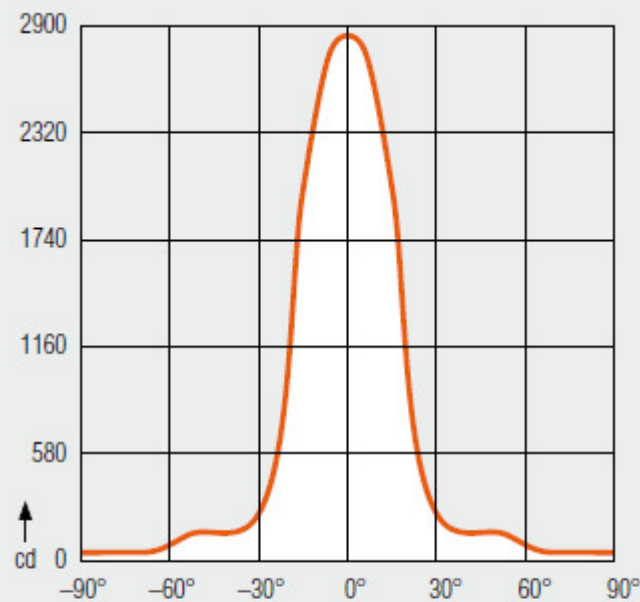
Compr. Máx.



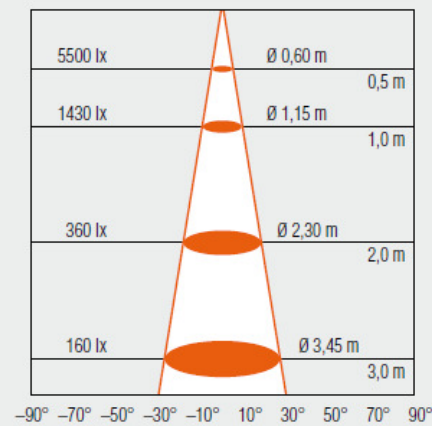
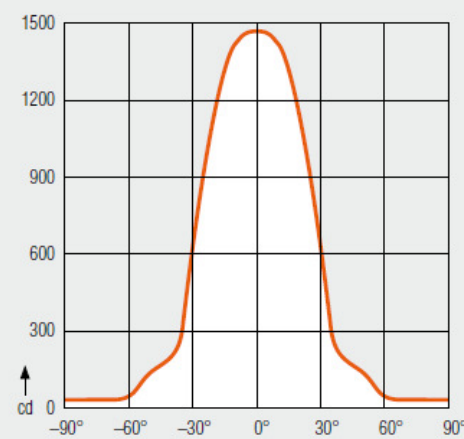
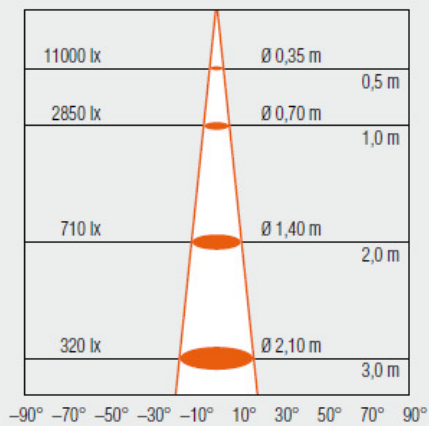
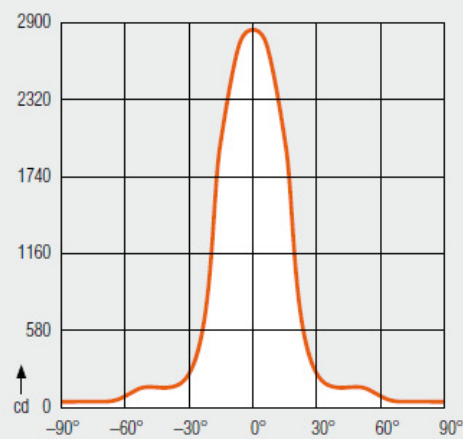
Base

DECOSTAR® 51 S

44860SP	12	20	3000	10	2000	51	46	GU5,3
41560WFL	12	20	450	36	2000	51	45	GU5,3
44870SP	12	50	7800	10	2000	51	46	GU5,3
41570WFL	12	50	1300	36	2000	51	45	GU5,3



➡ 46870 WFL: / 23%
 41570 WFL: / 49%
 41871 WFL: / 37%
 46871 WFL: / 55%



➔ 46870 WFL: / 23%
 41570 WFL: / 49%
 41871 WFL: / 37%
 46871 WFL: / 55%

➔ 46870 VWFL: / 23%





Lâmpadas Especiais

Lâmpada de Descarga de Alta Intensidade MHN-TD (Vapor Metálico Compacta)



Lâmpadas Especiais

Lâmpada de Descarga de Alta Intensidade MHN-TD (Vapor Metálico Compacta)

Descrição

- São lâmpadas de descarga de alta intensidade com formato tubular de duplo contato (MHN-TD), compostas por um tubo de descarga de quartzo preenchido por vapor de mercúrio em alta pressão aliado a uma mistura de gases metálicos.
- Possuem redutor de emissão de raios ultra-violeta.
- As lâmpadas de vapor metálico apresentam boa qualidade de luz com boa eficiência e durabilidade.
- Necessitam de equipamento auxiliar compatível com sua tecnologia.

Aplicações

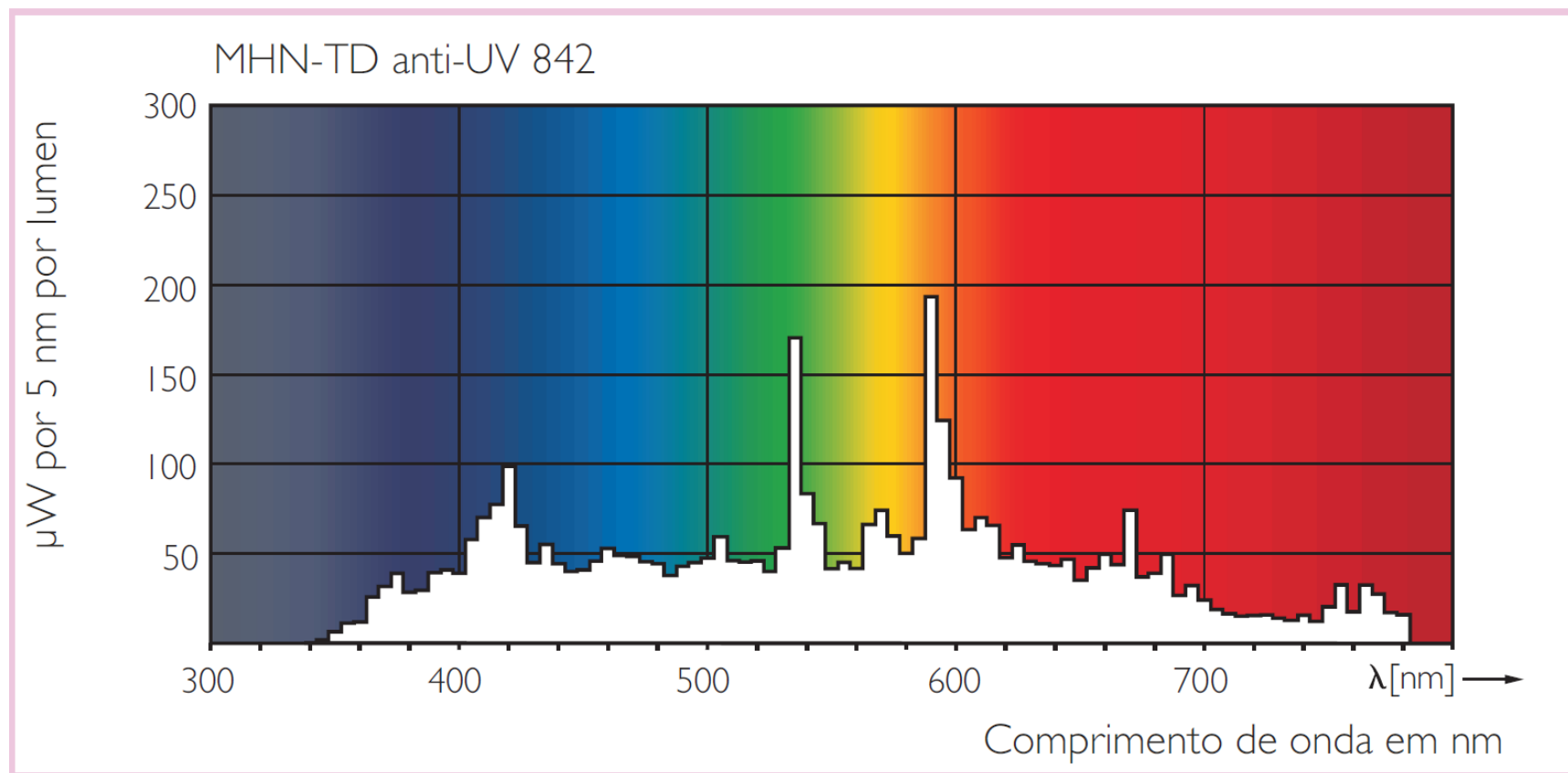
- Ideais para iluminação comercial interna (lojas) e externa (fachadas) e demais áreas onde exista a necessidade de uma ótima qualidade de luz e boa eficiência.
- As lâmpadas MHN-TD Pro devem ser utilizadas em luminárias fechadas (com vidro protetor).

Código Comercial	Corrente (A)	Potência (W)	Tensão (V)	Base	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência luminosa (lm/W)*	Temperatura de cor (K)	Índice de reprodução de cor (IRC)	Vida mediana (horas)
Lâmpada de Vapor Metálico - MHN-TD Pro									
MHN-TD70W/842	1.0	75	90	RX7S	5.700	76	4.200	80	9.000
MHN-TD150W/842	1.8	150	98	RX7S	12.900	86	4.200	85	9.000
MHN-TD70W/730	1.0	75	90	RX7S	6.200	83	3.000	75	9.000
MHN-TD150W/730	1.8	150	96	RX7S	13.800	92	3.000	75	9.000

Lâmpadas Especiais

Lâmpada de Descarga de Alta Intensidade

MHN-TD (Vapor Metálico Compacta)



Distribuição espectral de energia

Lâmpadas de descarga de Alta Intensidade MASTERColour CDM-T (Vapor Metálico Compacta)



Lâmpadas de descarga de Alta Intensidade MASTERColour CDM-T (Vapor Metálico Compacta)

Descrição

- Lâmpadas de descarga de alta intensidade com formato tubular de base bipino, compostas por um tubo de descarga com revestimento cerâmico que proporciona maior qualidade de luz, melhor reprodução de cores e grande estabilidade de fluxo luminoso ao longo da vida da lâmpada.
- Possuem redutor de emissão de raios ultra-violeta.
- Necessitam de equipamento auxiliar compatível com sua tecnologia.

Aplicações

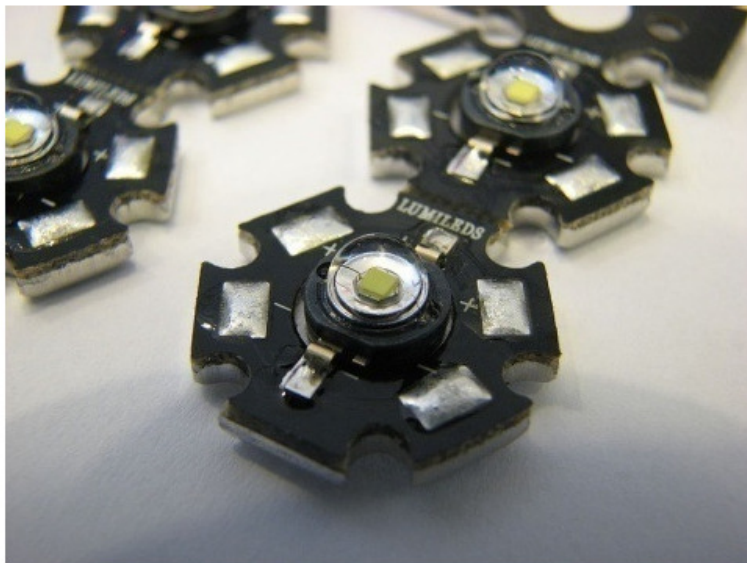
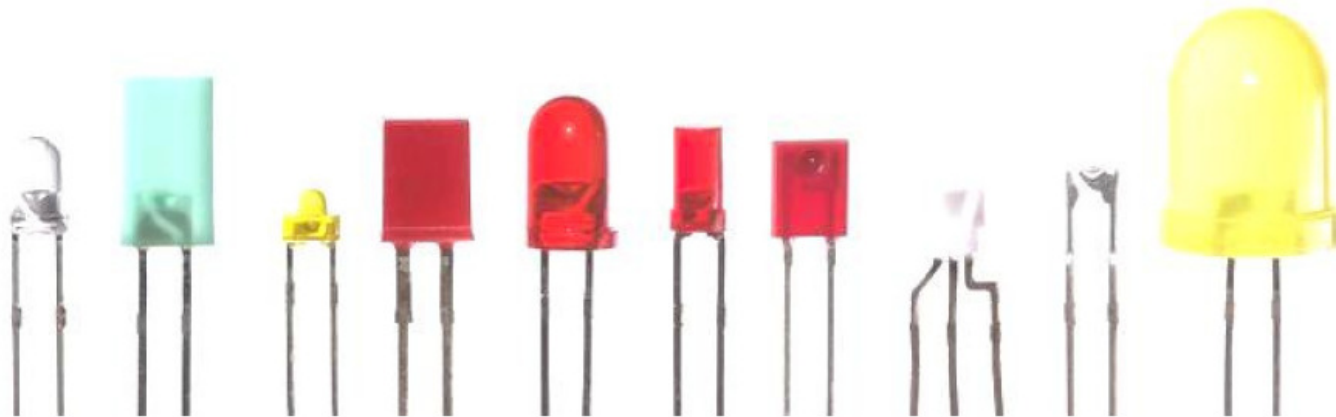
- Devido a combinação de economia de energia com excelente qualidade de luz são ideais para iluminação comercial (vitrines, lojas e shopping centers) e de áreas externas (fachadas).
- As lâmpadas MASTERColour CDM-T devem ser utilizadas em luminárias fechadas (com vidro protetor).

Lâmpadas de descarga de Alta Intensidade MASTERColour CDM-T (Vapor Metálico Compacta)

Potência (W)	Tensão (V)	Corrente (A)	Tensão mín. para ignição (V)	Base	IRC	Fluxo luminoso (lm)	Eficiência (lm/W)	Temperatura de cor (K)	Vida Mediana (horas)
38	88	0.50	198	G12	81	3300	87	3000	12000
71	88	0.98	198	G12	81	6600	93	3000	12000
72	88	0.98	198	G12	92	6600	92	4200	12000
147	96	1.80	198	G12	85	14000	95	3000	12000
145	90	1.90	198	G12	96	12700	88	4200	12000
245	93	3.00	198	G12	89	23000	94	3000	11000
247	91	3.00	198	G12	92	23000	94	4200	11000



Lâmpadas LED

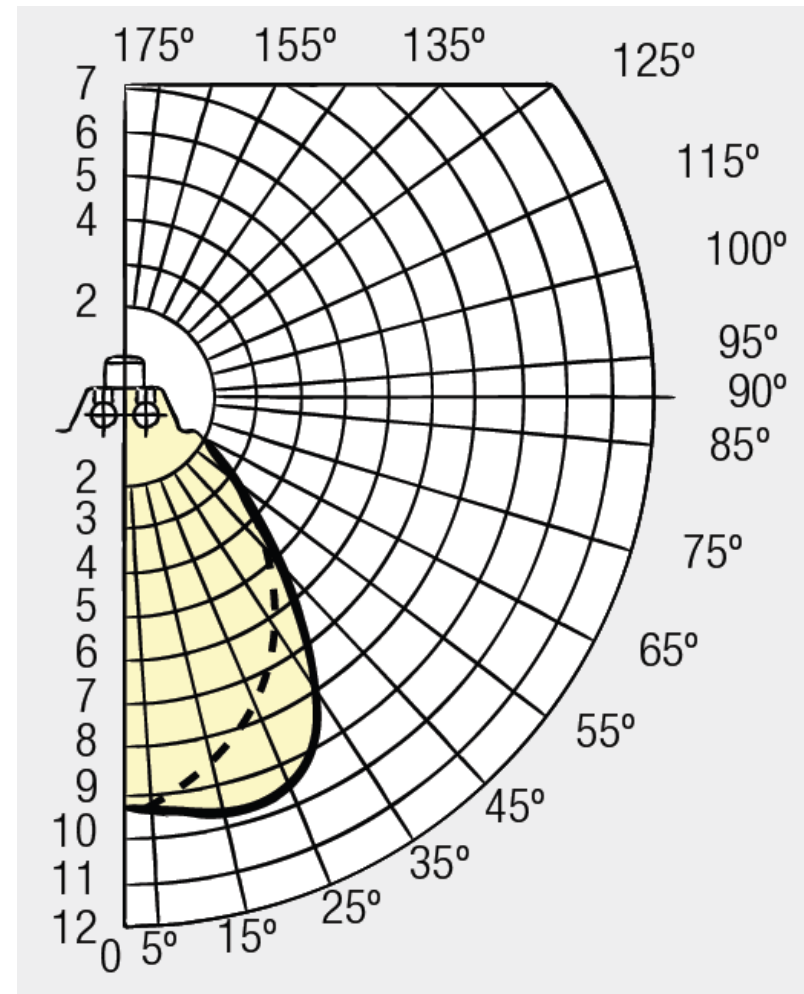


Luminárias

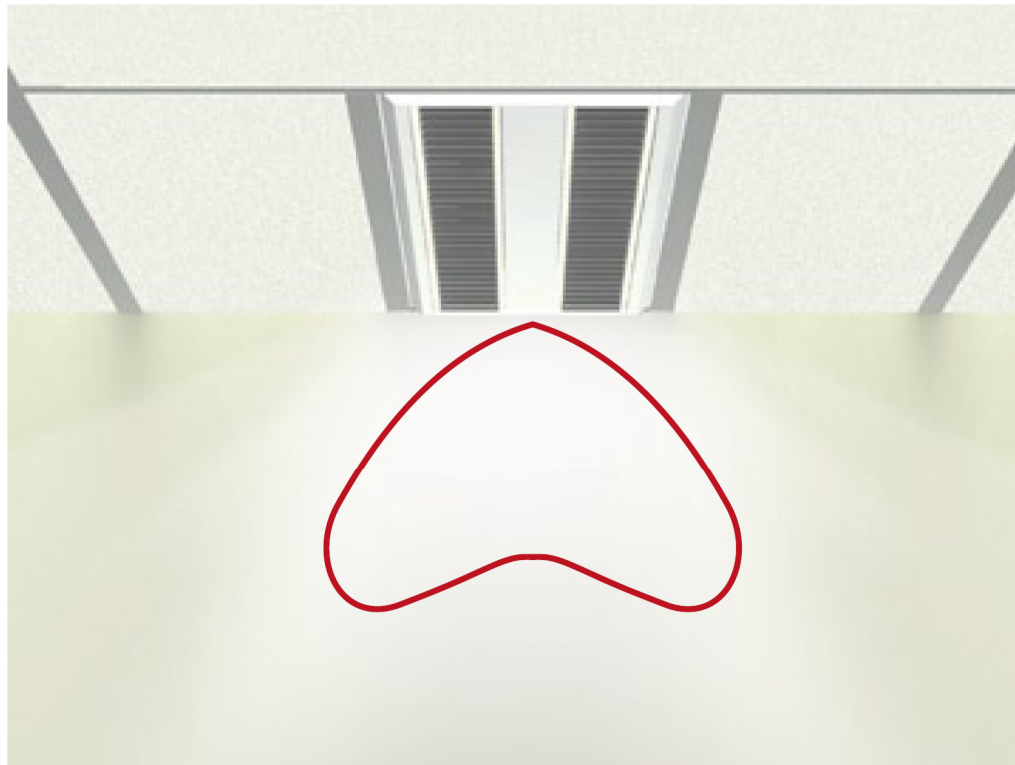
Ângulo de Abertura



Ângulo de Abertura e Curva de Distribuição Luminosa



Curva de Distribuição Luminosa



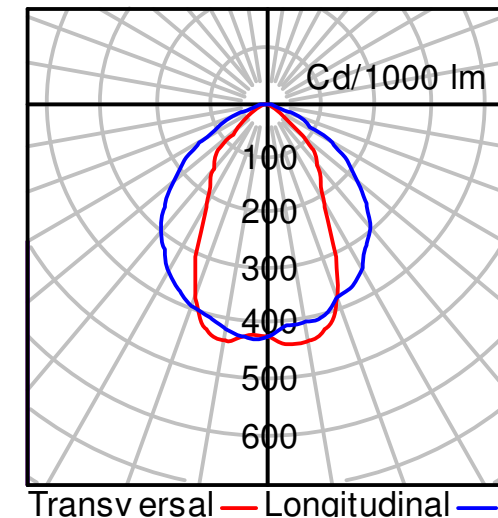
A figura mostra o efeito da luz num plano vertical e a linha vermelha sobreposta corresponde ao diagrama de intensidade luminosa no plano transversal.

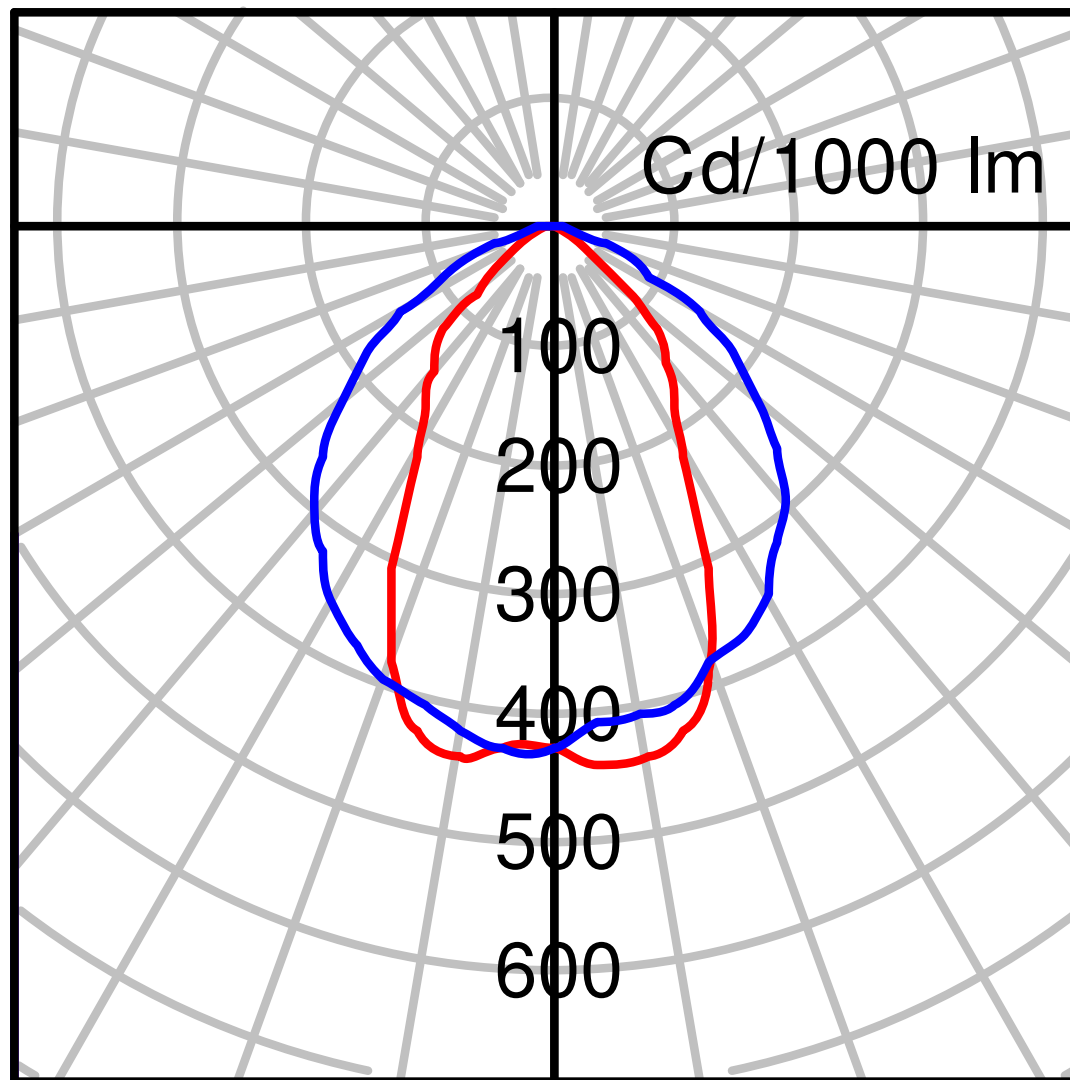
Grau de Proteção IP

Proteção contra poeira		Proteção contra umidade	
Primeiro algarismo	Grau de proteção	Segundo algarismo	Grau de proteção
0	Sem proteção	0	Sem proteção
1	Proteção contra objetos sólidos maiores que 50mm	1	Proteção contra gotejamento d'água
2	Proteção contra objetos sólidos maiores que 12mm	2	Proteção contra gotejamento d'água quando inclinada acima de 15°
3	Proteção contra objetos sólidos maiores que 2,5mm	3	Proteção contra água pulverizada
4	Proteção contra objetos sólidos maiores que 1,0mm	4	Proteção contra água borrifada
5	Proteção contra poeira	5	Proteção contra jatos d'água
6	Hermético	6	Proteção contra jatos d'água em alta pressão
		7	Proteção contra efeitos de imersão
		8	Proteção contra submersão

Exemplo de Luminária

- Fabricante: Lumicenter
- Modelo: **CAA01-E416**
- Luminária de embutir, com corpo em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente, refletor e aletas parabólicas em alumínio anodizado de alta pureza e refletância.
- Fluxo: 4200 lumens





Transversal — Longitudinal —

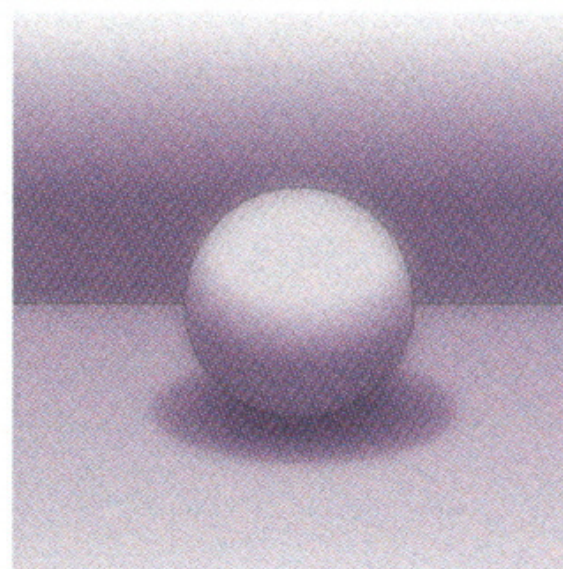
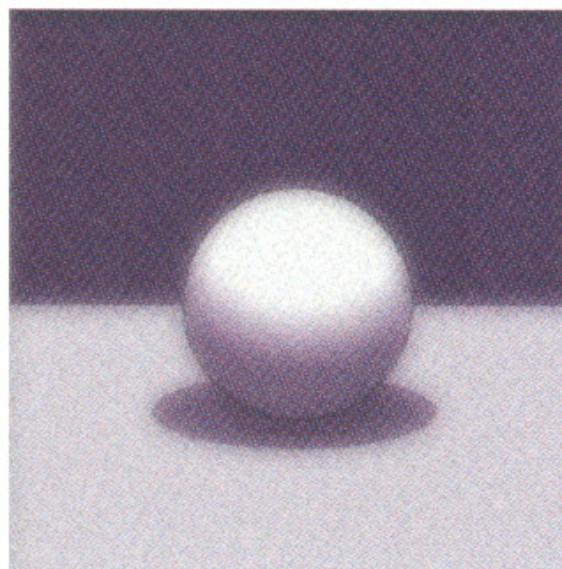
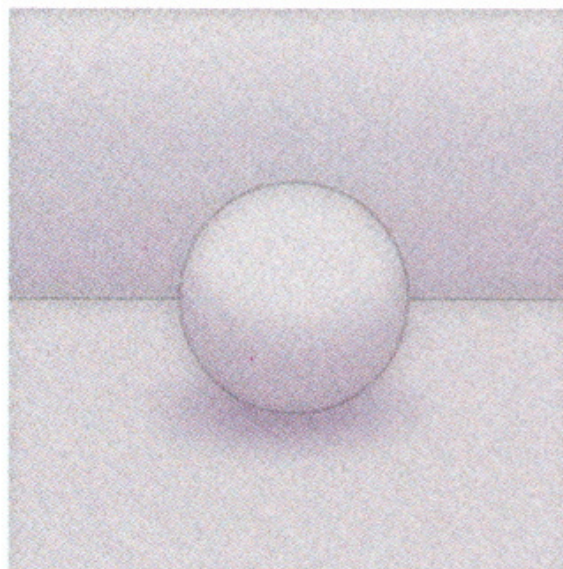
Efeitos de Iluminação

Efeitos de Iluminação

- Floodlighting
- Spotlighting
- Downlighting
- Uplighting
- Frontlight
- Pool of Lighting
- Wall Washing
- Sanca/Cornija/Sarjeta
- Efeito Estroboscópico
- Luminária Subaquática
- Luminária Subterrânea
- Luminária Vigia
- Luz de Emergência

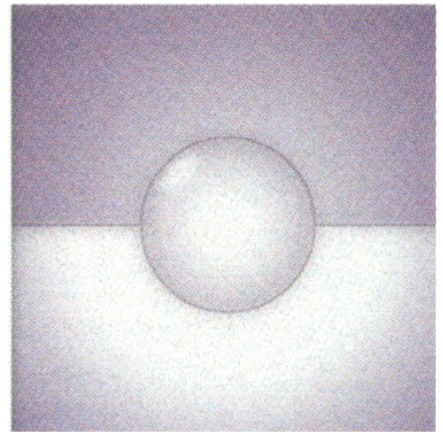
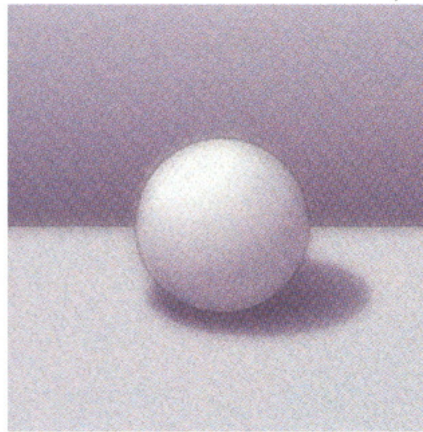
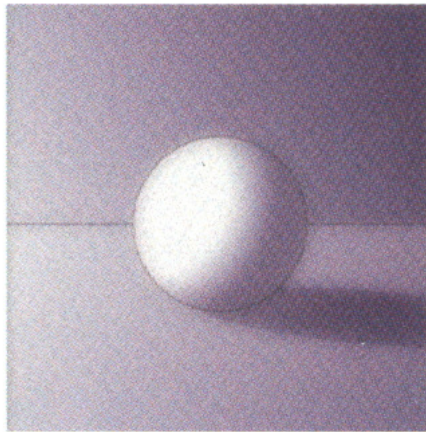
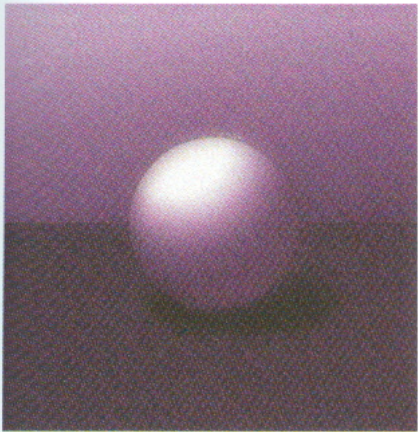
Efeitos de Iluminação

- **Iluminação de Ambiente** – Semelhante aos dias nublados
- **Iluminação *Downlighting*** – Iluminação semelhante à produzida pelo sol ao meio-dia
- **Iluminação *Uplighting*** – Iluminação por meio de reflexão no teto



Efeitos de Iluminação

- **Iluminação *Spot*** – Destaca objetos em ambientes escuros.
- **Iluminação de Velas** – Criam longas sombras, criando ar dramático e romântico
- **Iluminação para tarefa** – Provê a iluminação sobre toda a área em que será realizada uma atividade
- **Iluminação ocasional** – Procura destacar o objeto que gera a luz, no lugar do ambiente.



Iluminação do Ambiente



Iluminação *Downlighting*



Iluminação *Uplighting*



Iluminação Spot



Iluminação tipo Velas



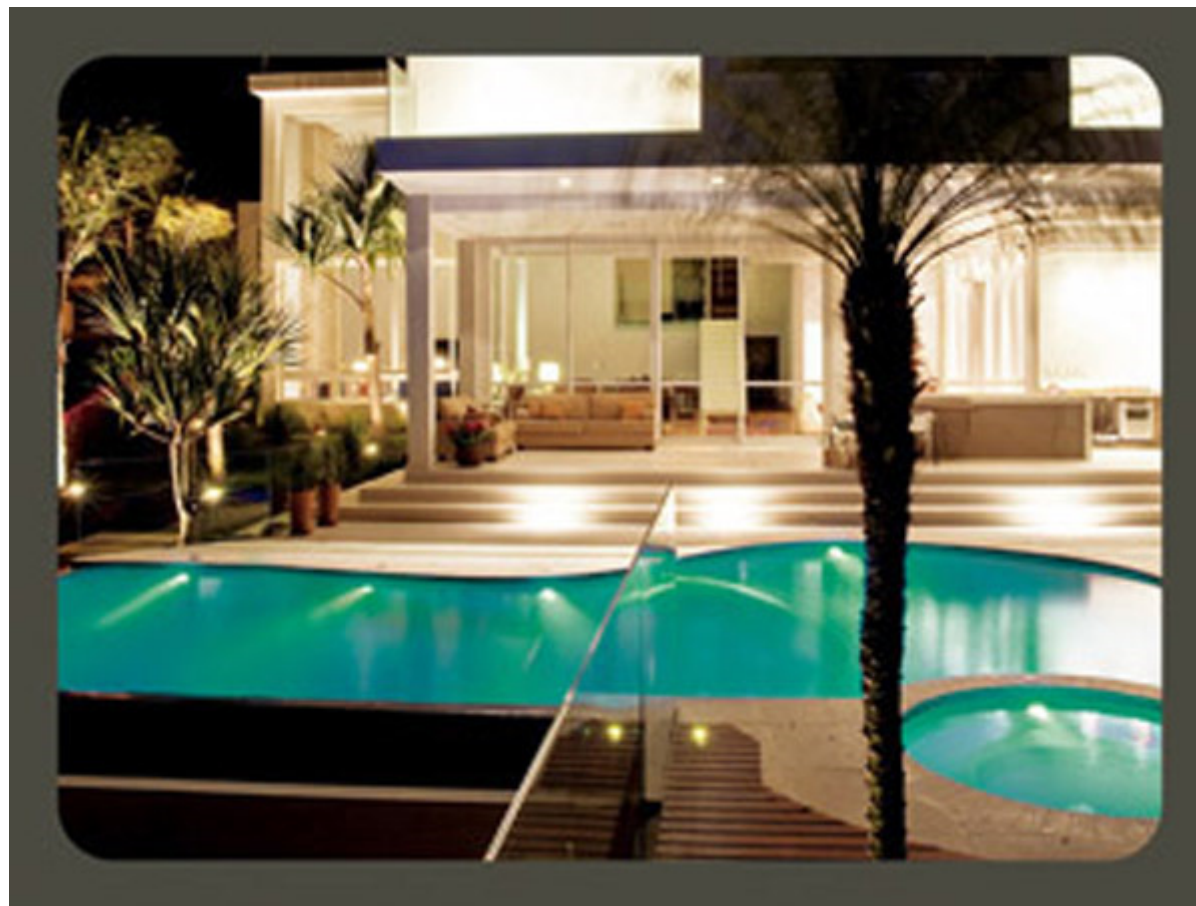
Iluminação de Tarefas



Iluminação Ocasional



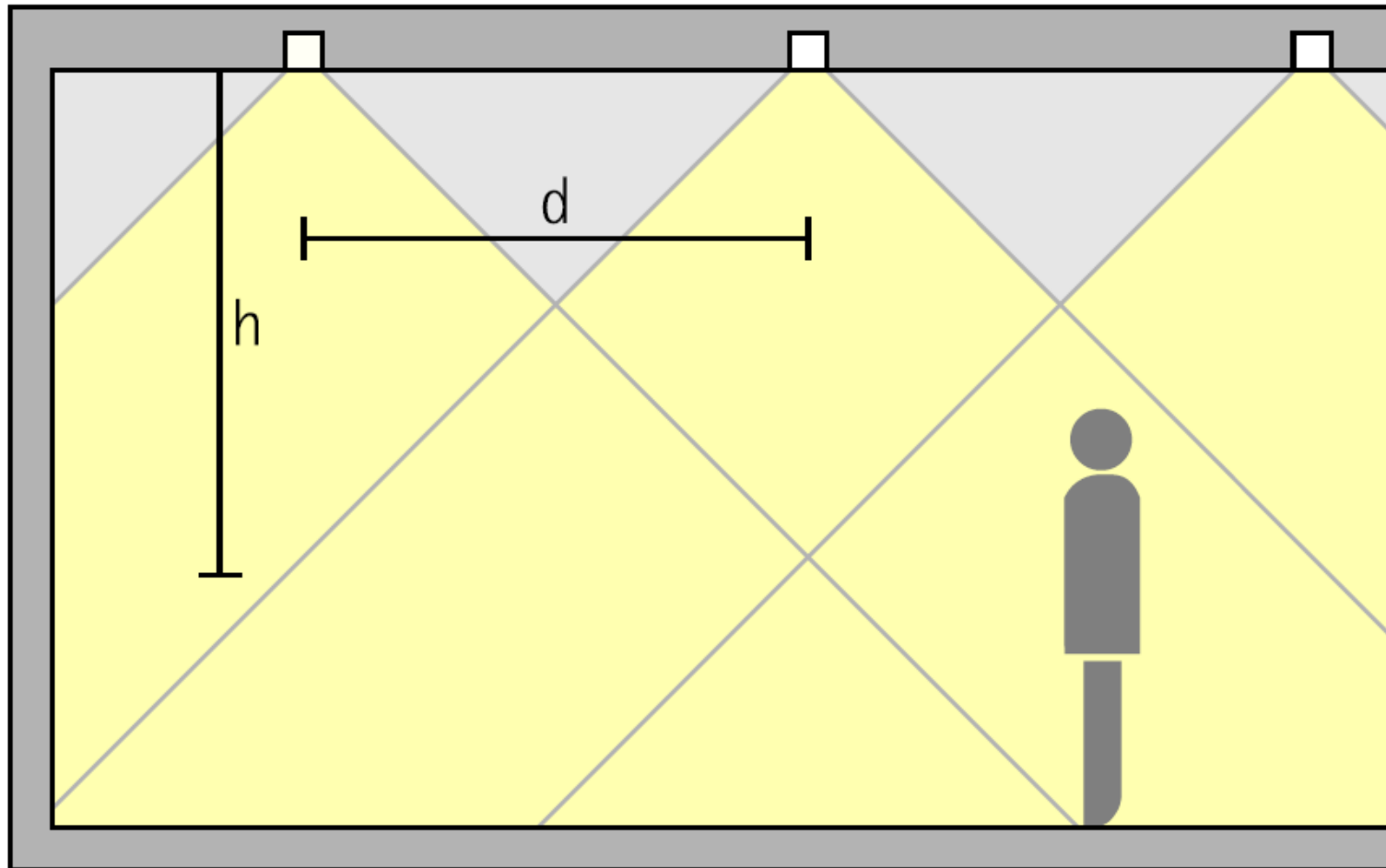
Iluminações Especiais – Piscinas e Jardins



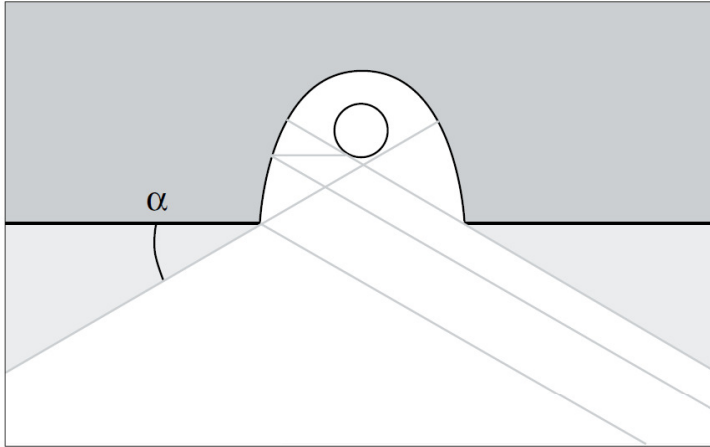
Fonte: Lighttech – <http://www.lighttech.com.br>

Downlighting

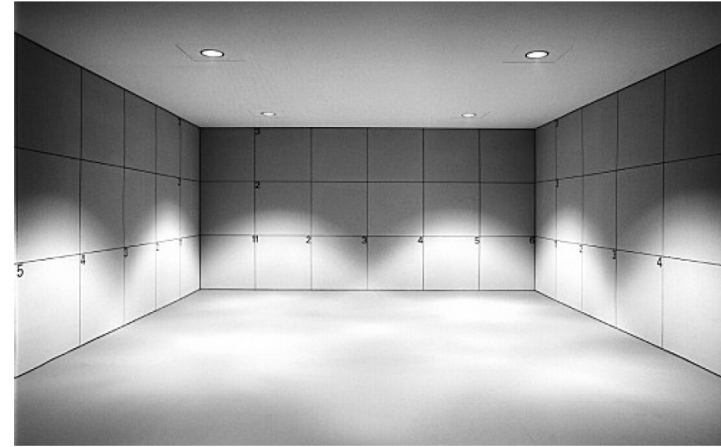
Floor Lighting



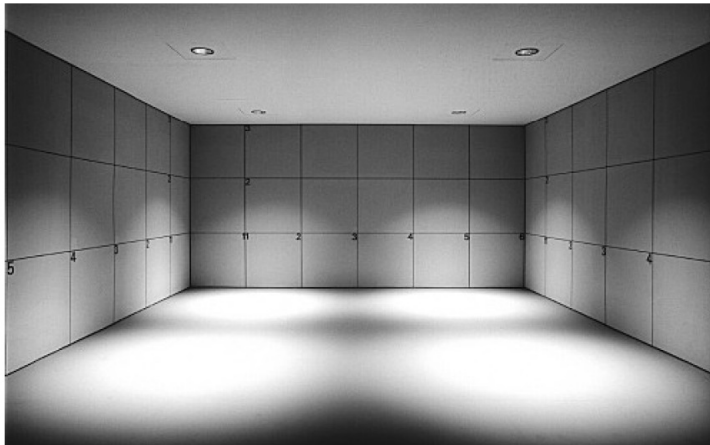
Floor Lighting



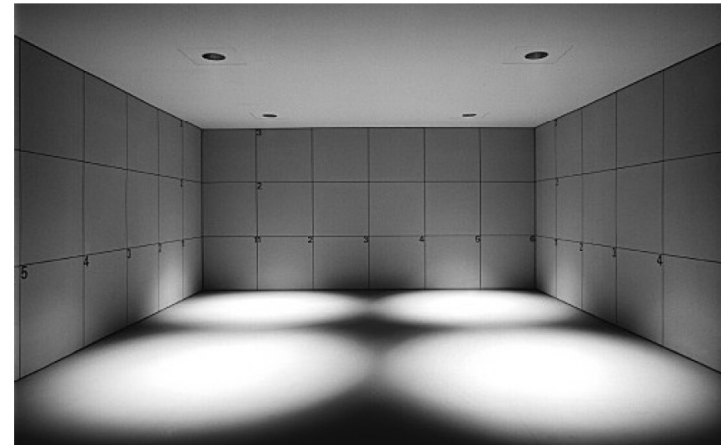
No light is emitted beyond the cut-off angle.



30° cut-off angle

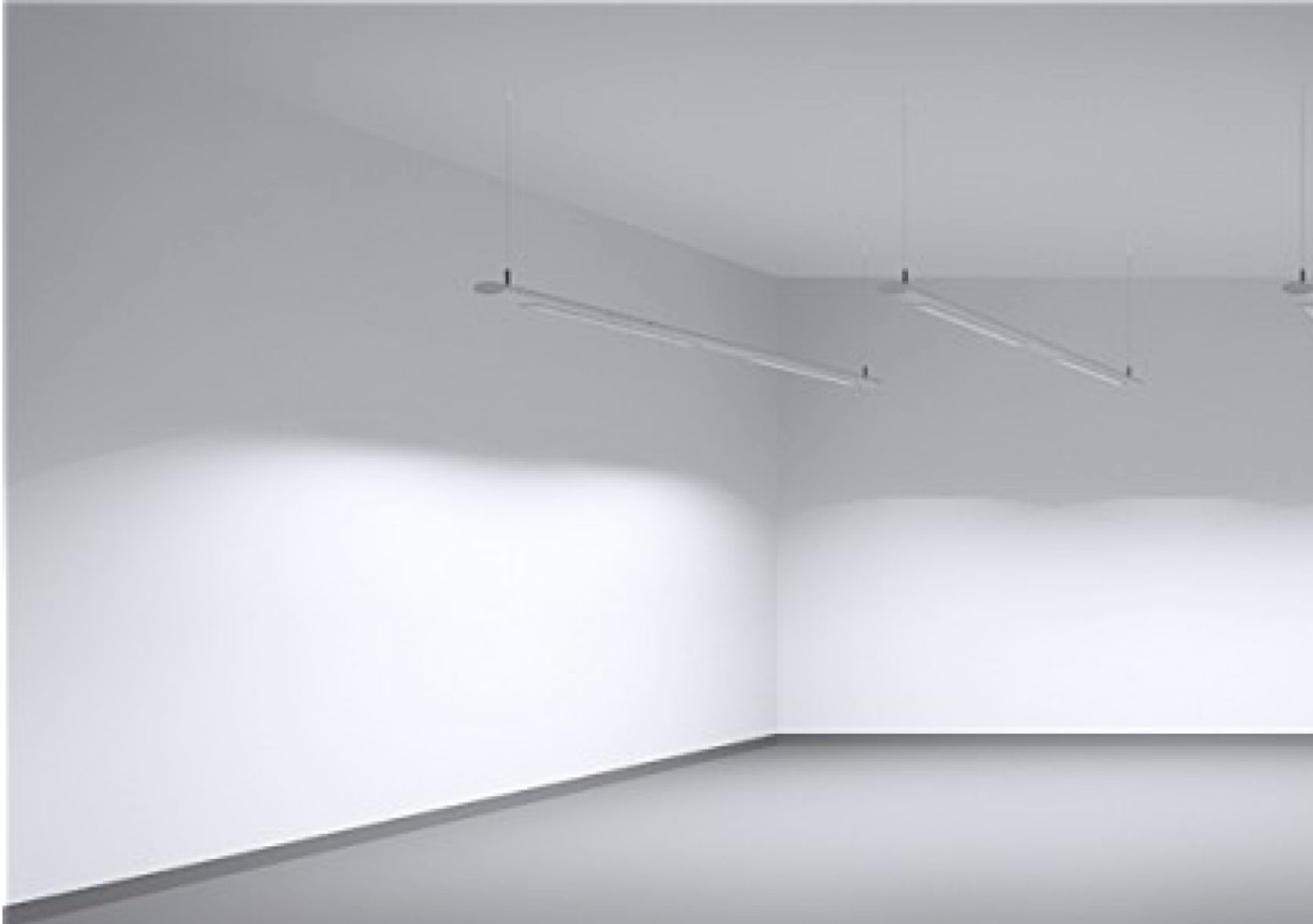


40° cut-off angle

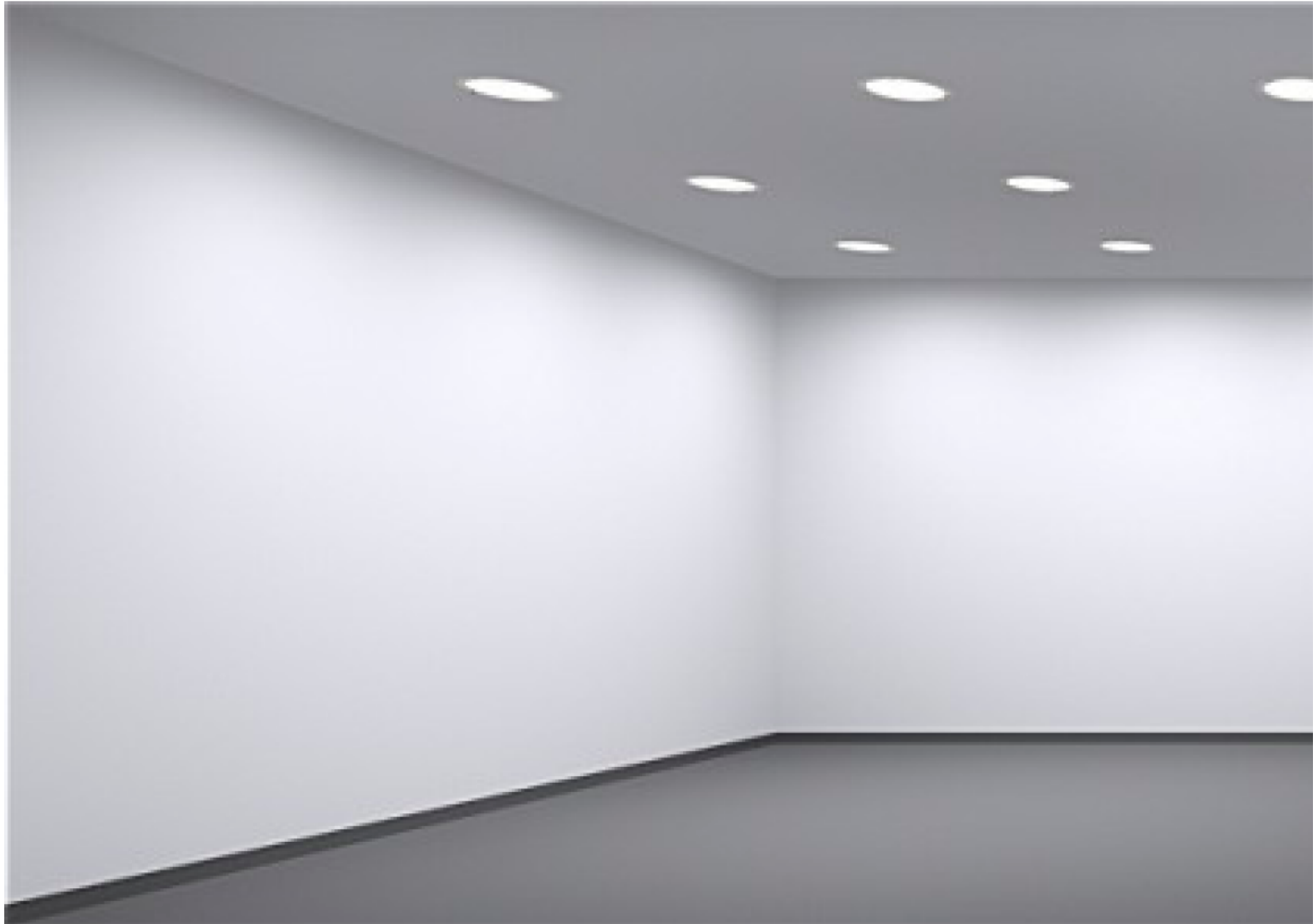


50° cut-off angle

Luz Estruturada



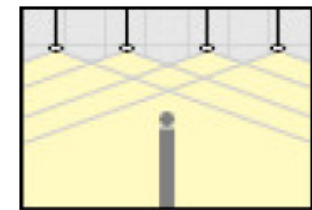
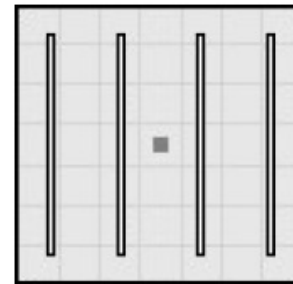
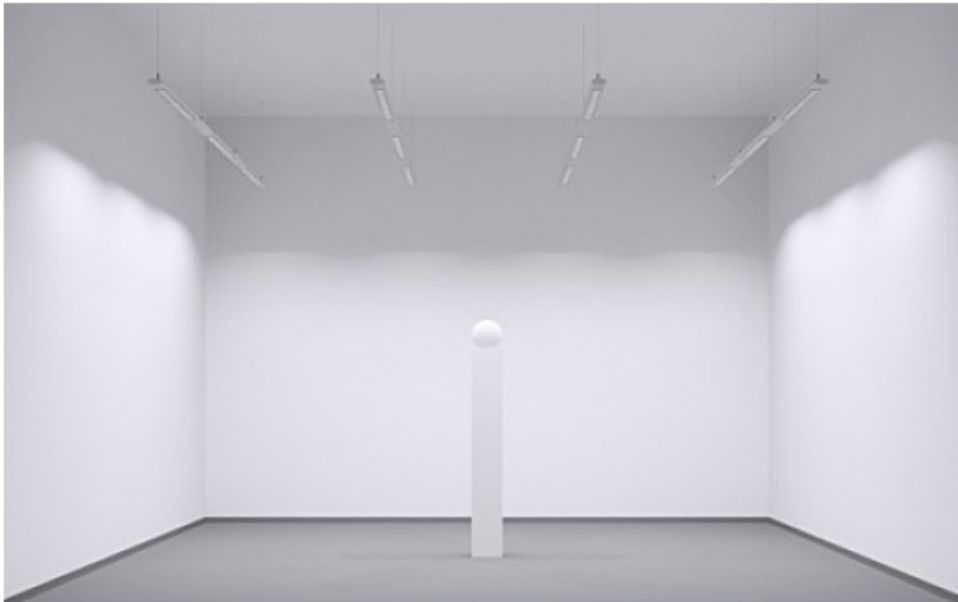
Downlight Difusa



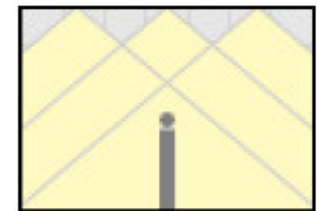
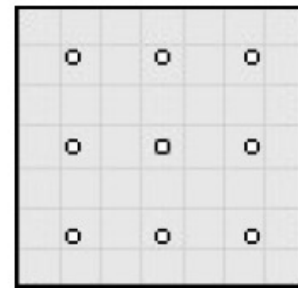
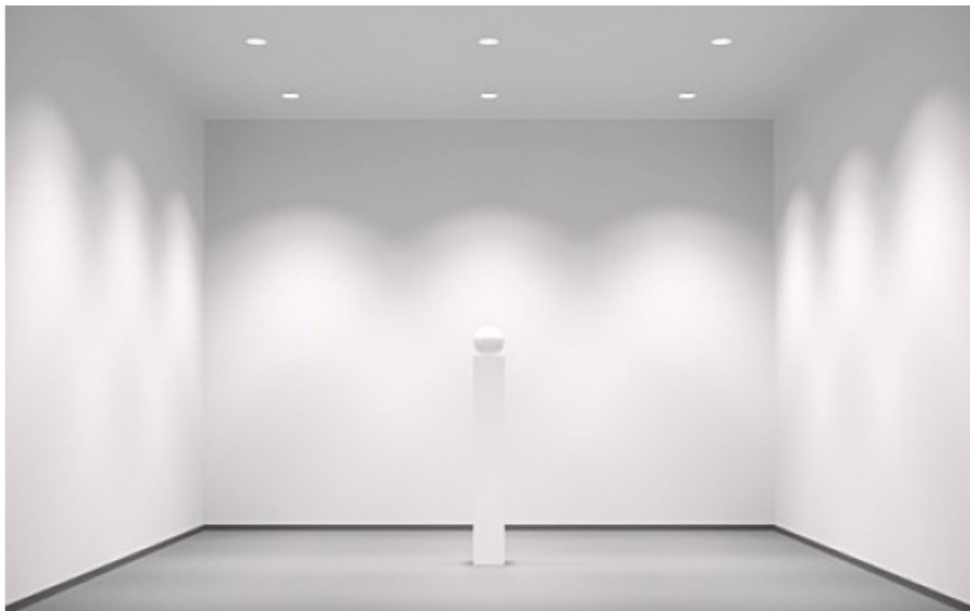
Downlight com Pendentes



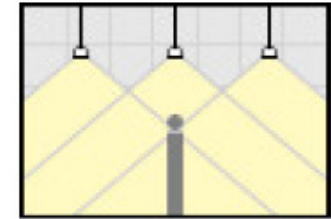
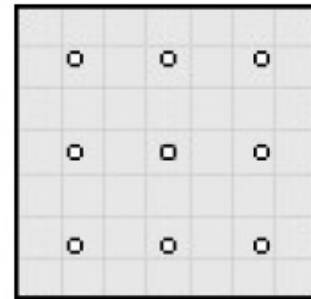
Luz Estruturada



Downlight



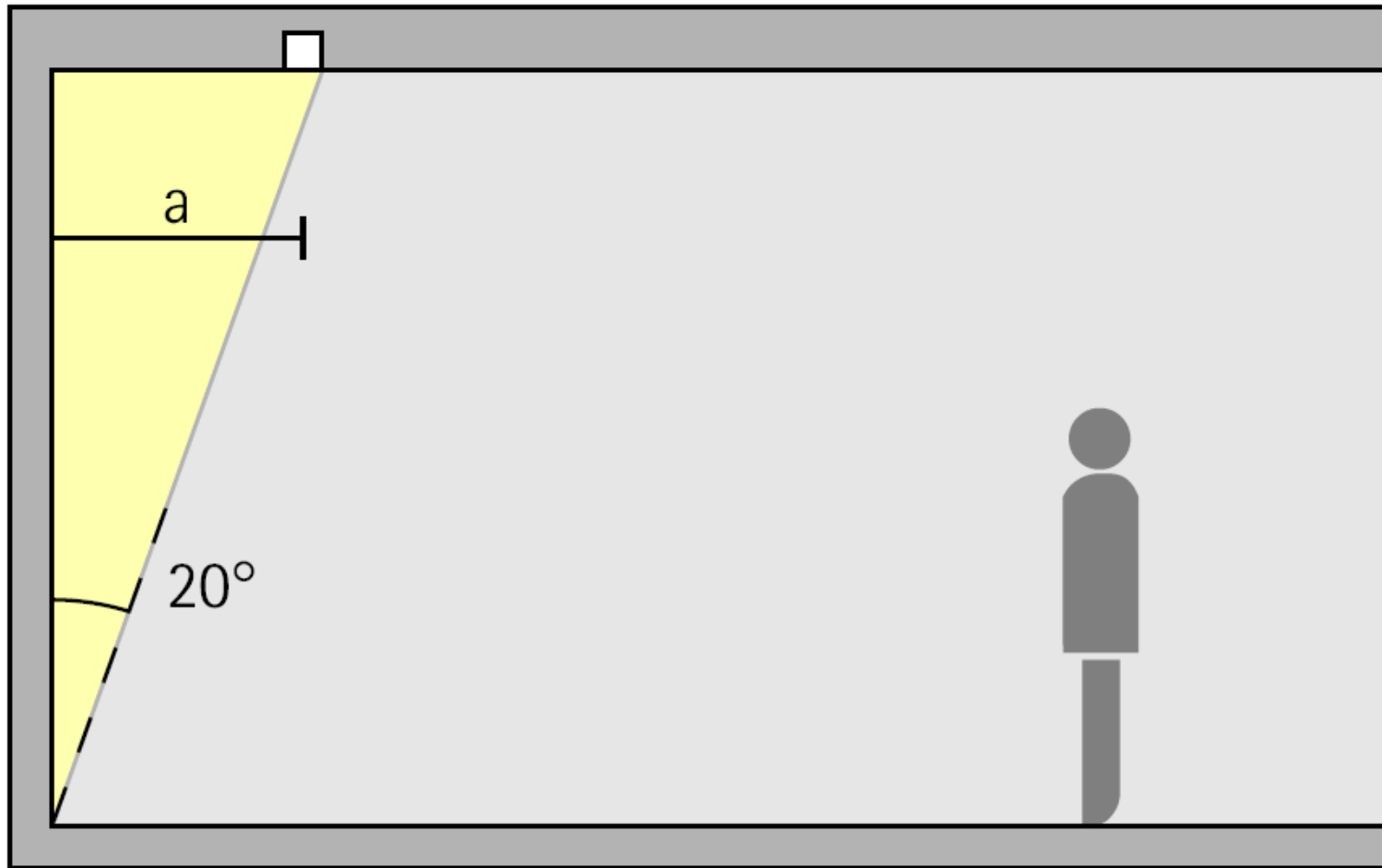
Downlight com Pendentes



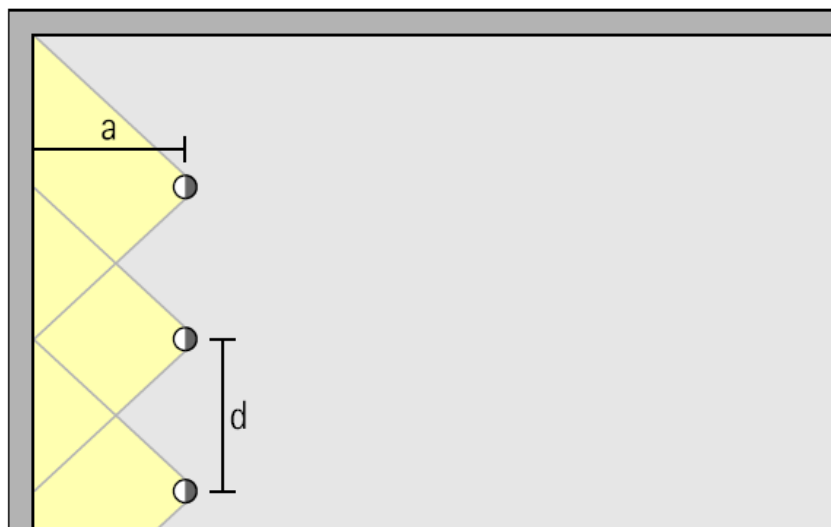
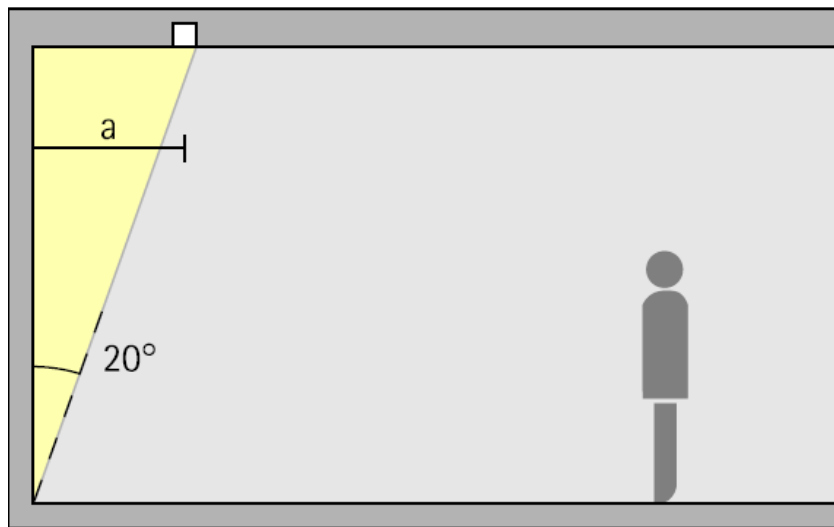


Wall Washing

Wall Washing

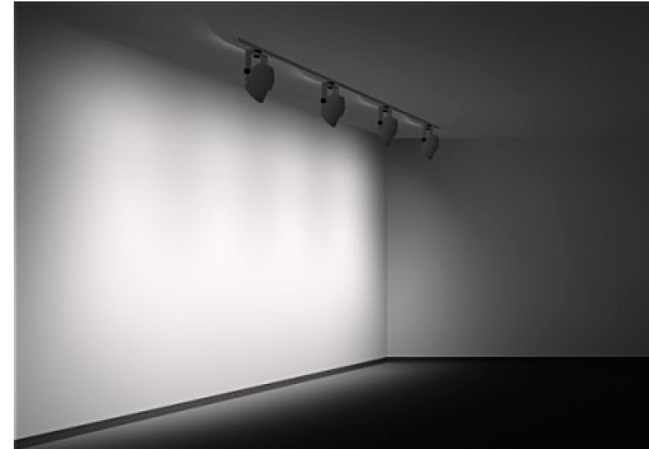


Wall

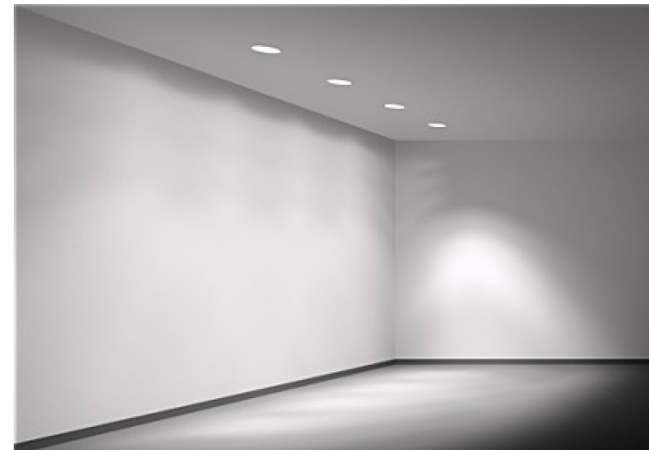


Variações de Wallwashing

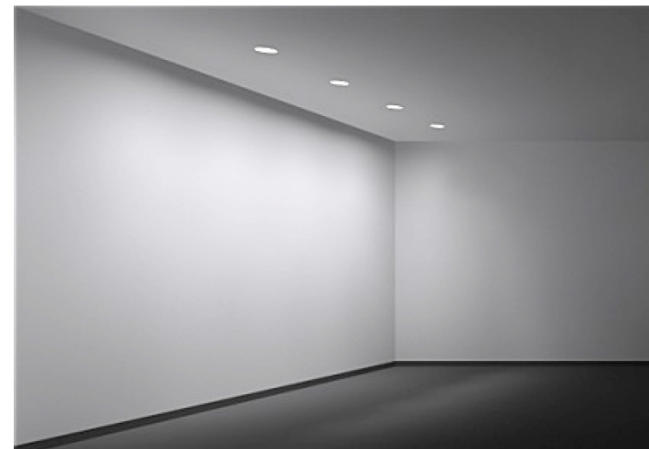
Observation



Wallwasher spotlight

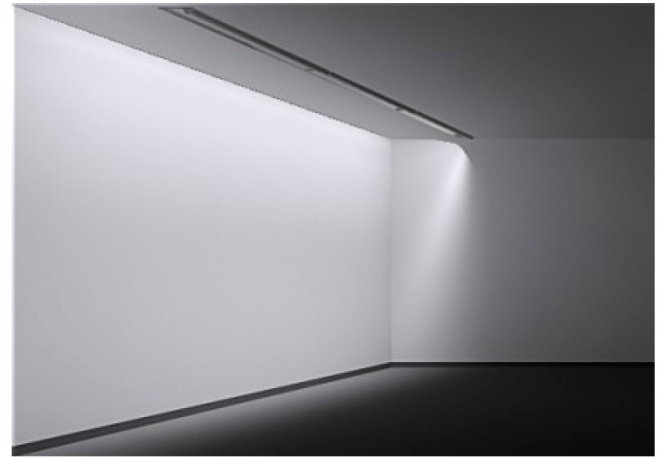


Washlights

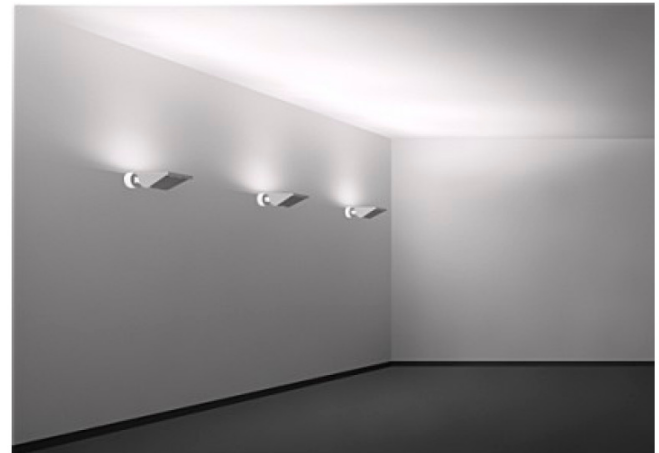


Wallwasher

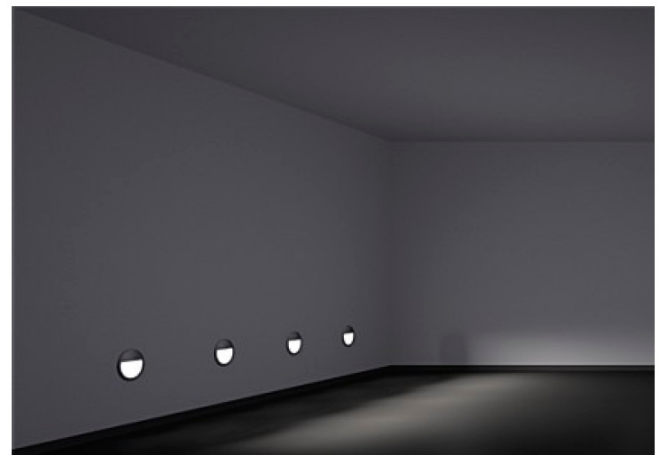
Perimeter luminaire



Uplights



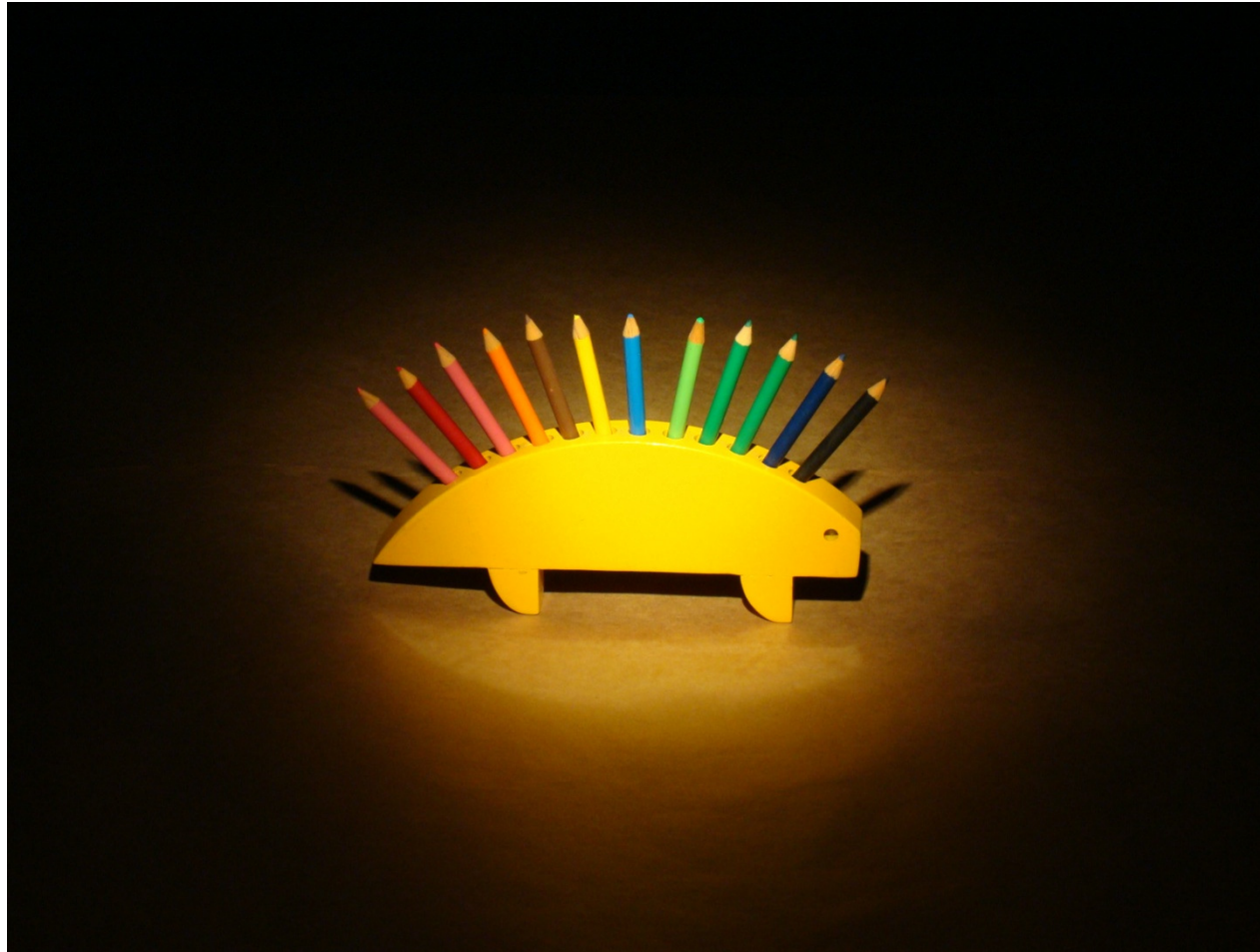
Floor washlights



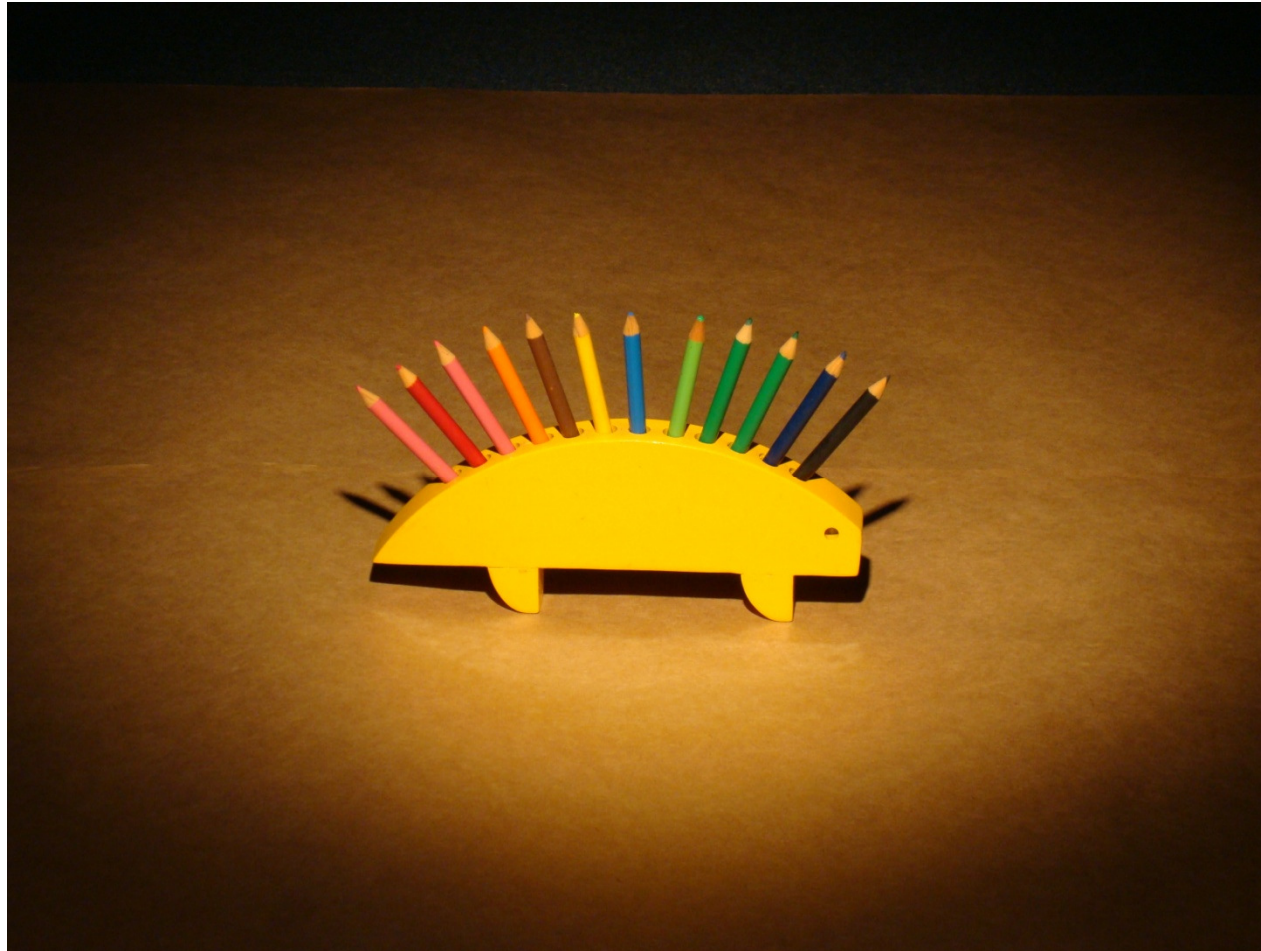


Objeto ou *Spot Lighting*

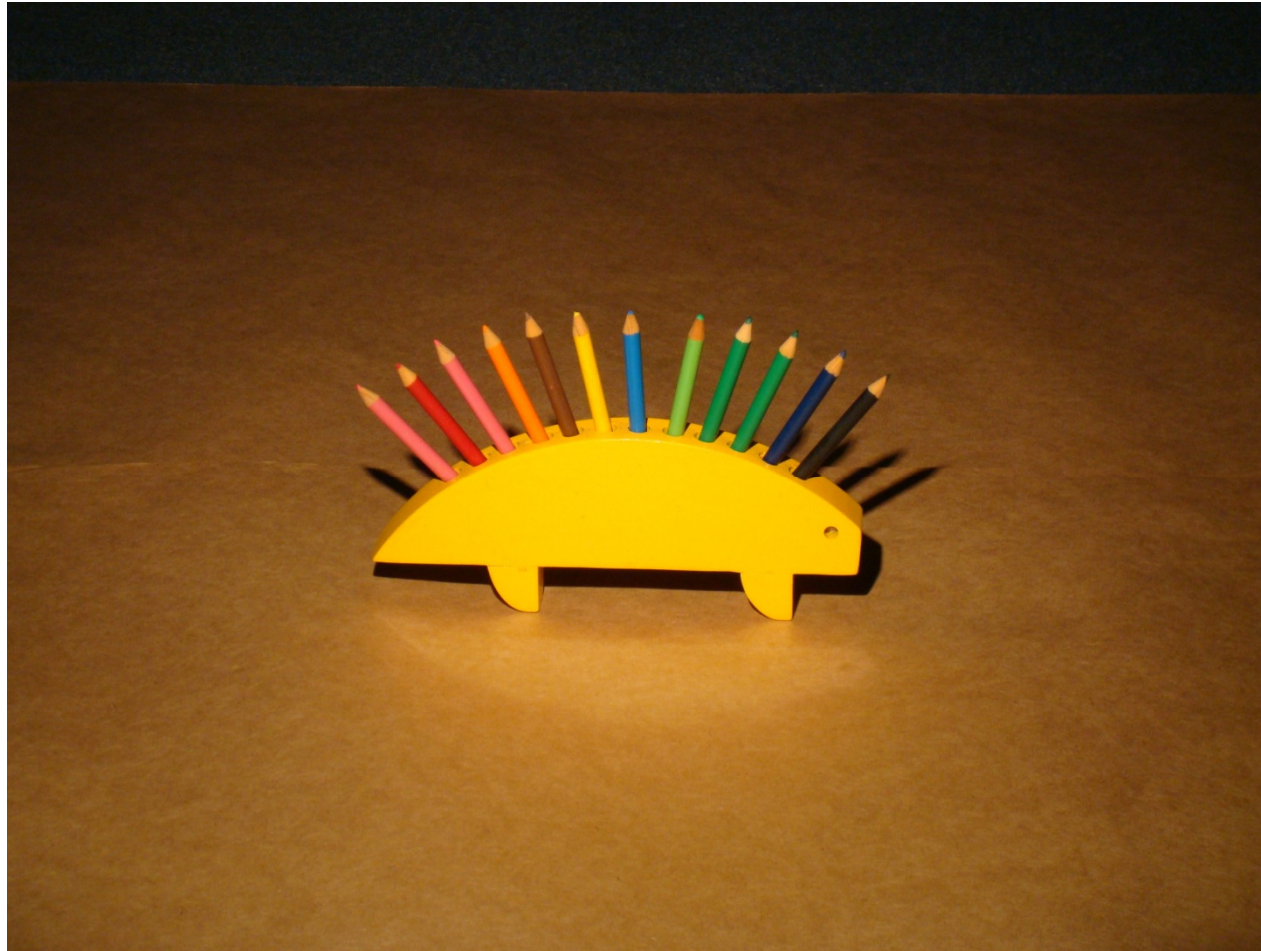
Efeitos de Iluminação – 10 Graus



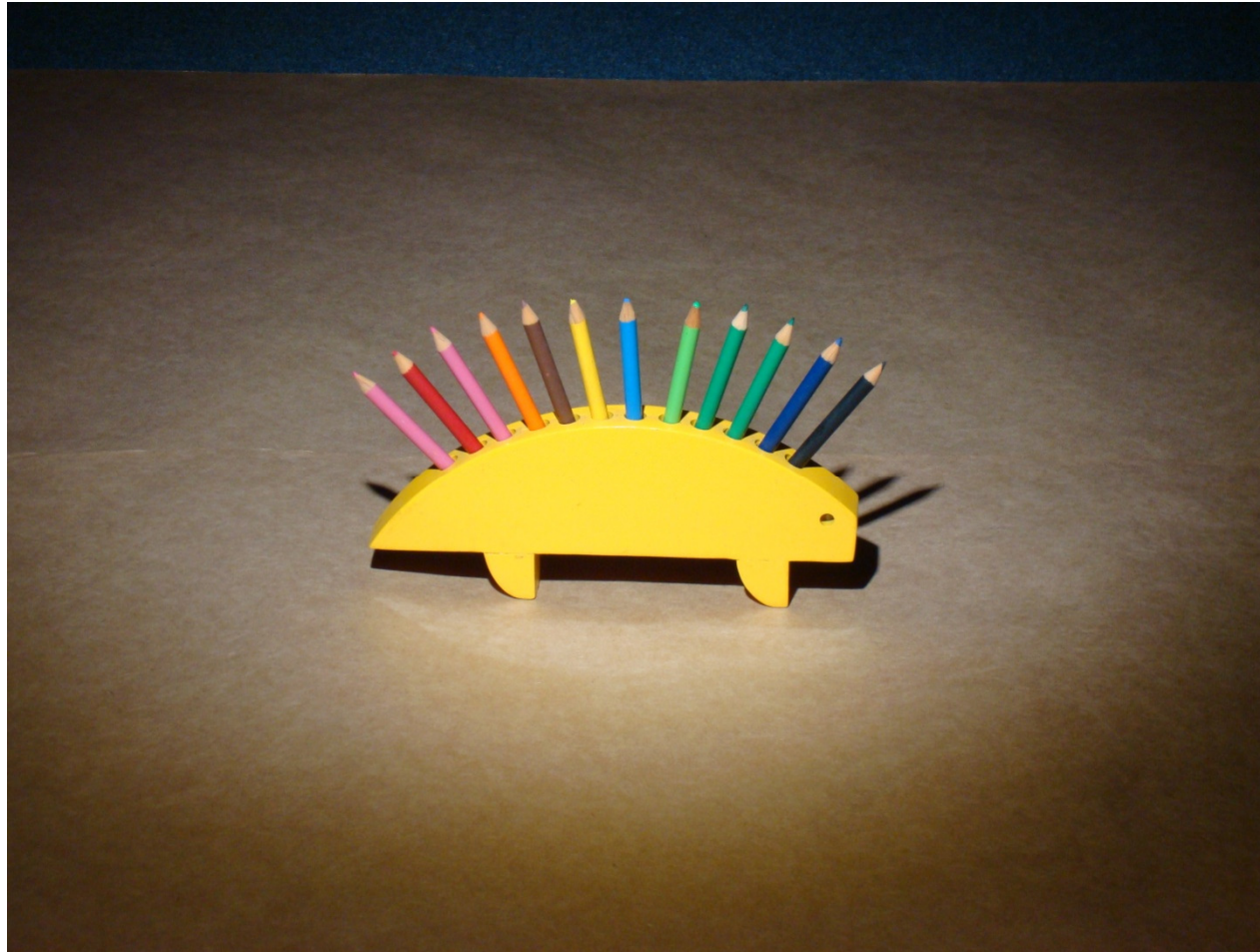
36 Graus



60 Graus



36 Graus Cool Blue

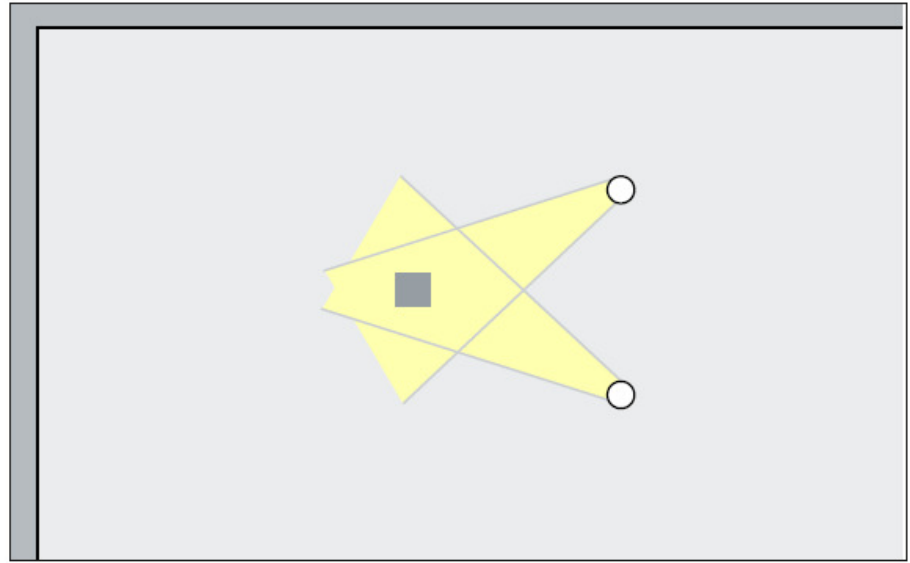
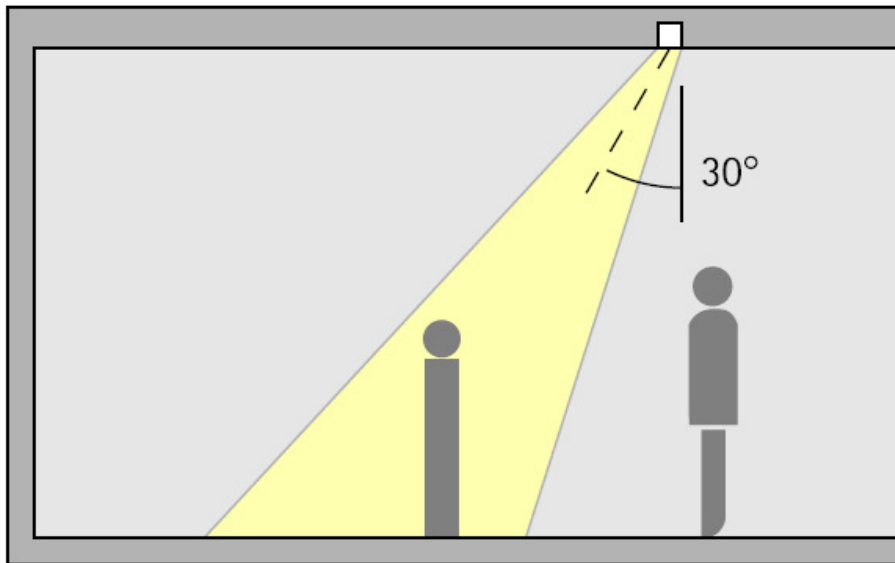


Spot Lighting



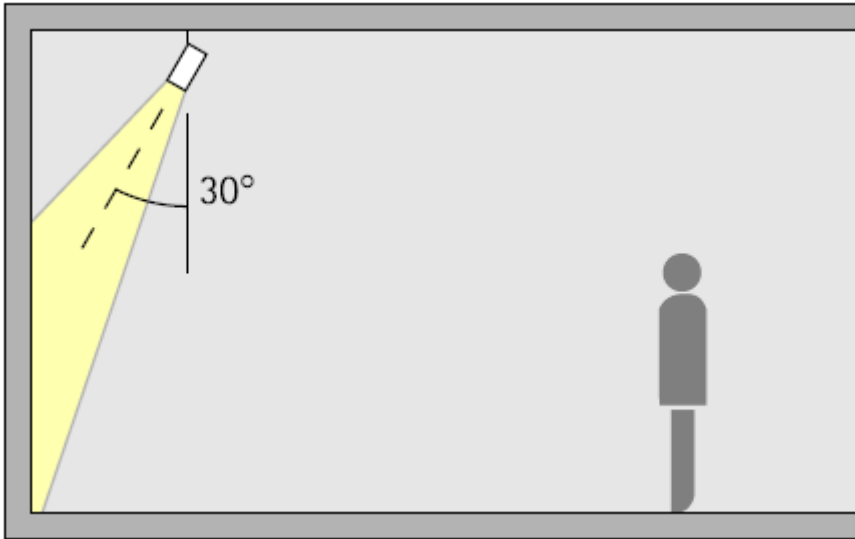


Iluminação de Objetos

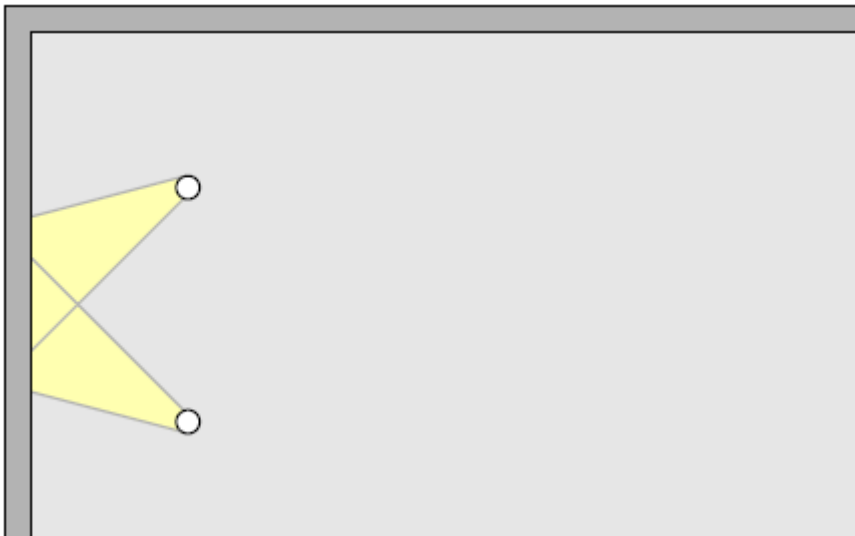


- Recomenda-se de 30° a 45° , sendo 30° o ideal.

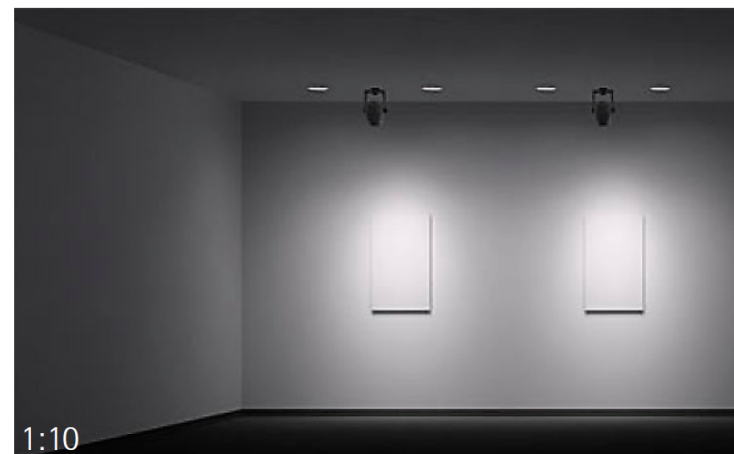
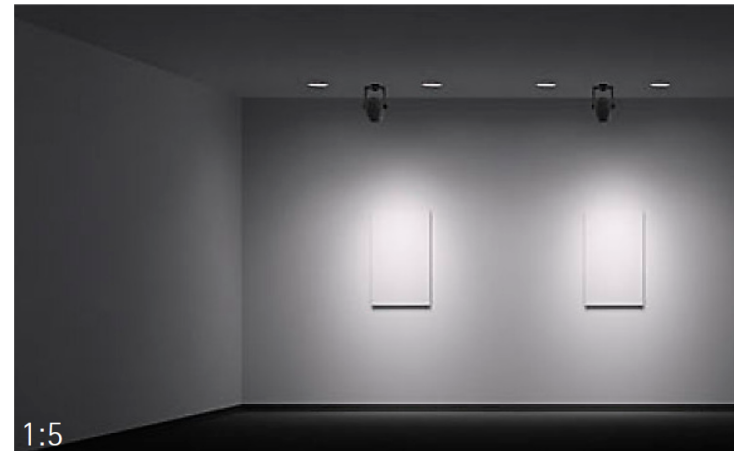
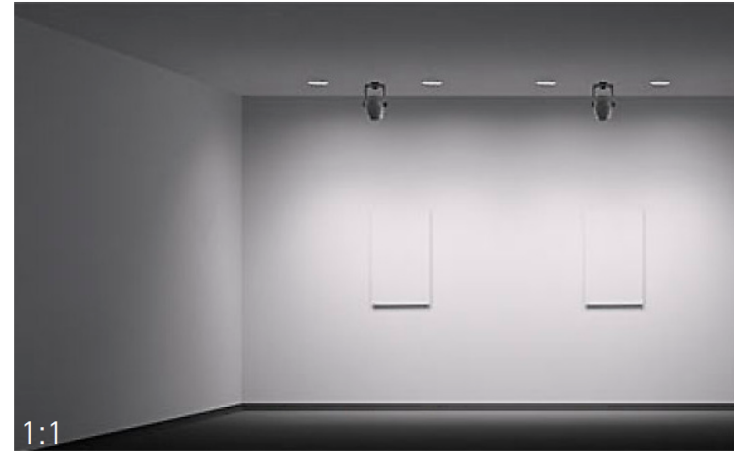
Ângulo de Iluminação



- Inclinação de 5° a 45°
- O ângulo ideal é 30°

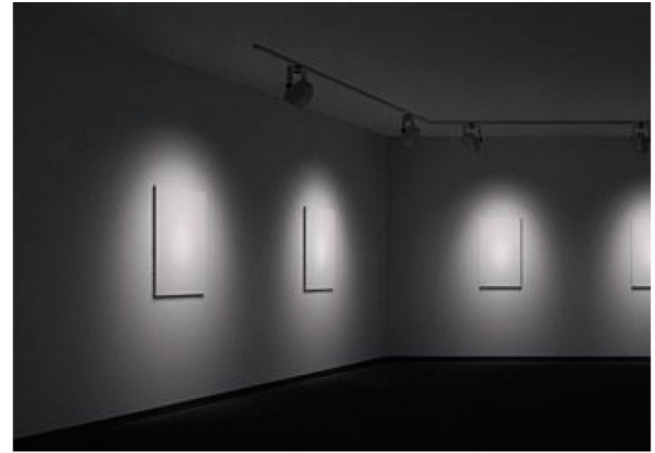


Acentuando Objetos



Acentuando Objetos

Observation



Spotlights



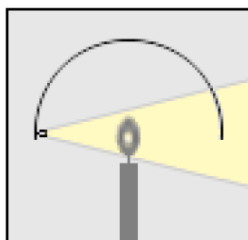
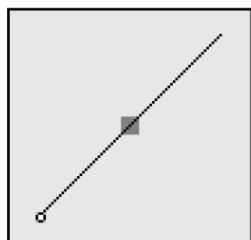
Contour spotlights

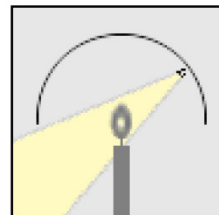
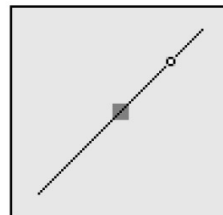
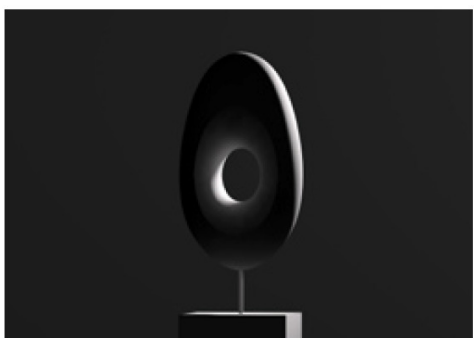
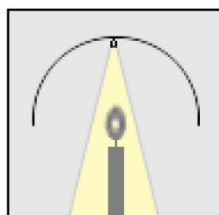
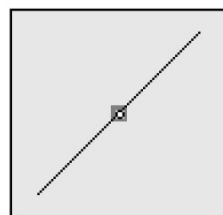
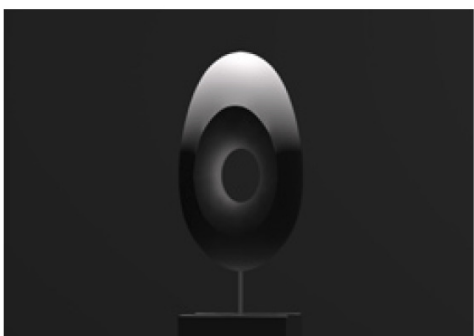
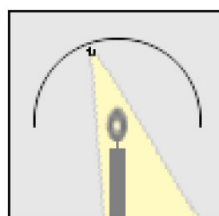
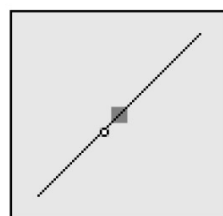
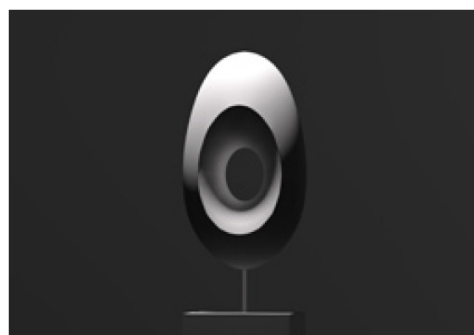
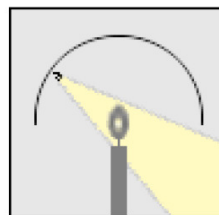
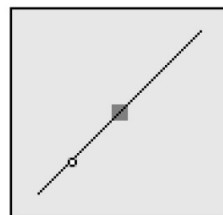


Directional luminaires

Direção da Luz

Observation

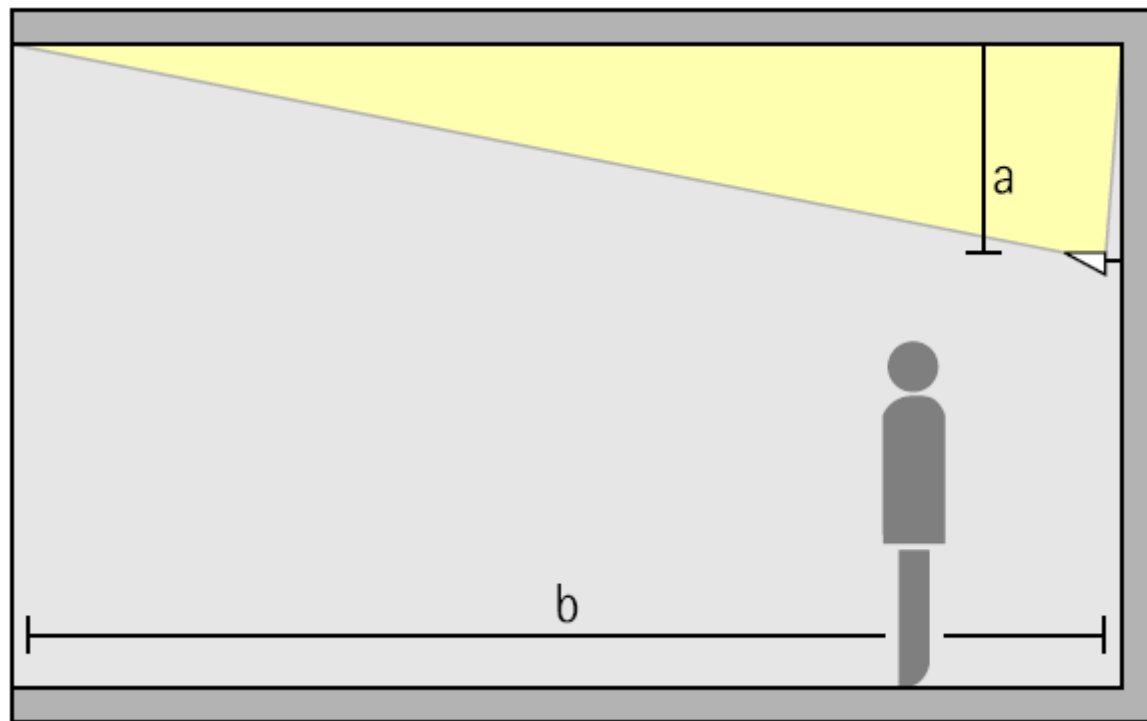




Ceiling / Sky

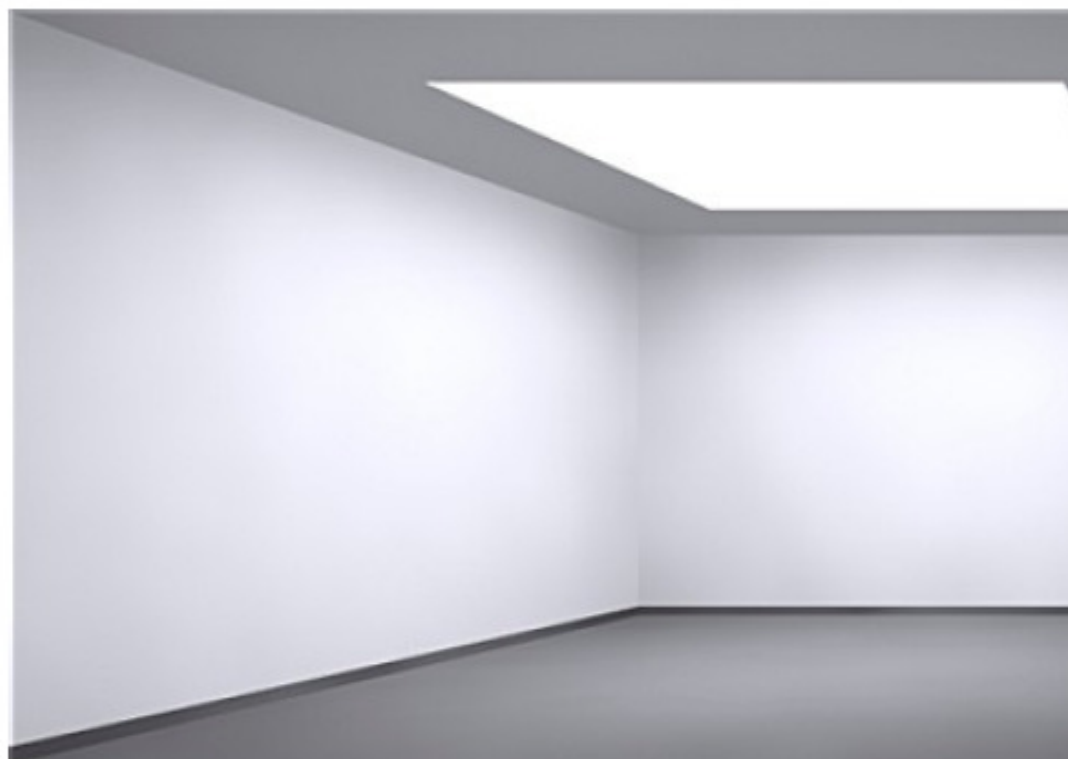


Iluminação de Teto



- Recomenda-se uma distância a superior a 0,8 m

Luminous ceiling



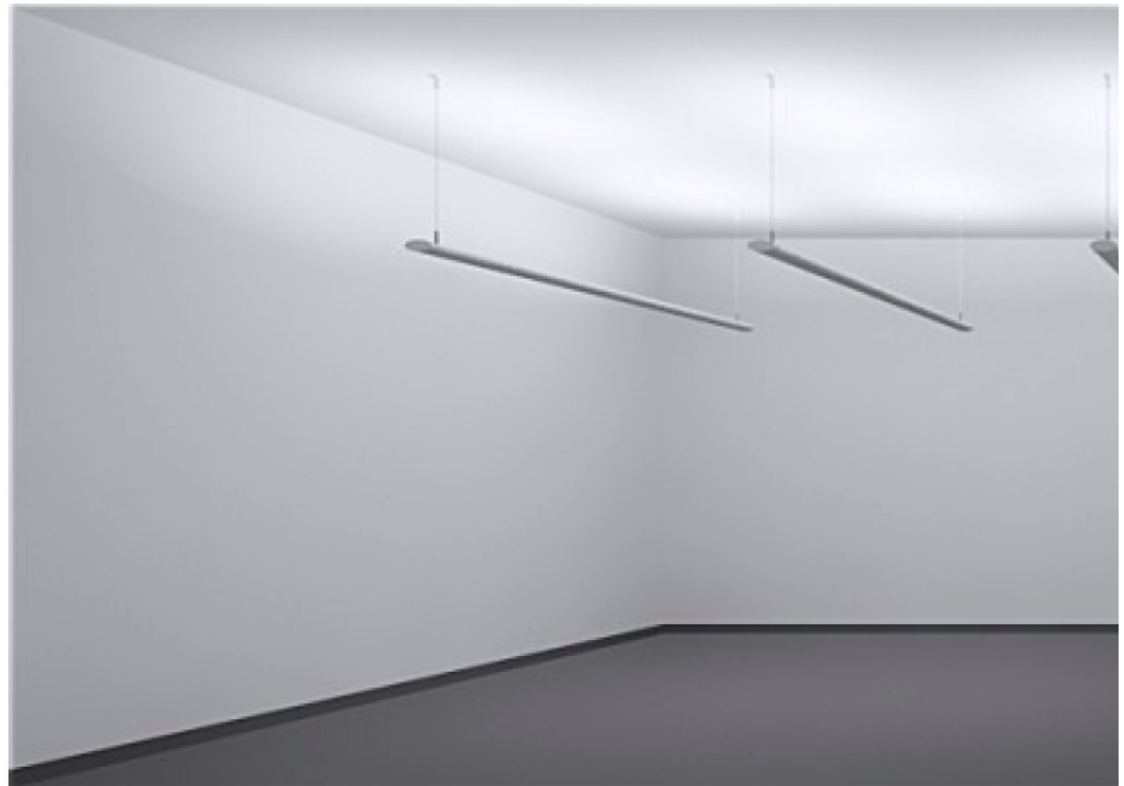
Star Lighting



Up Lighting



Observation

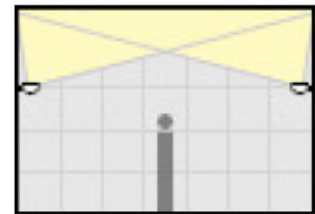
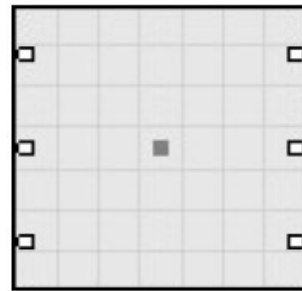
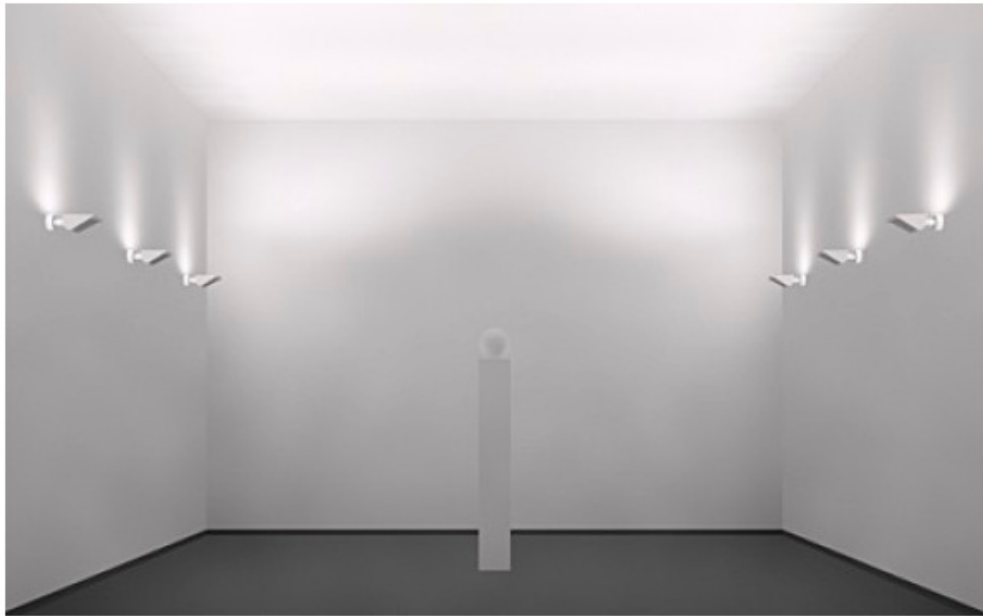


Light structures

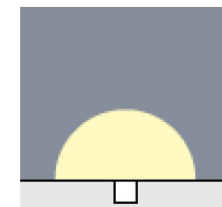
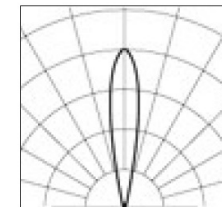
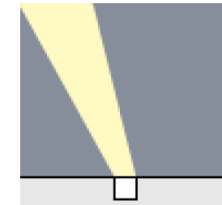
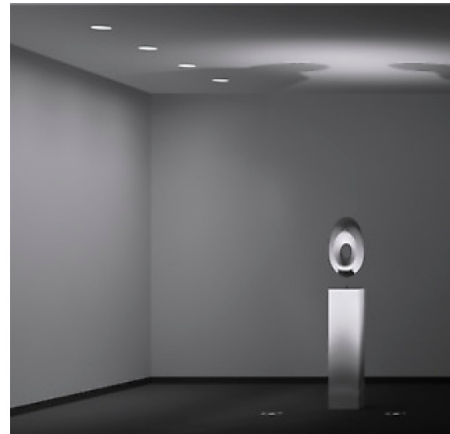
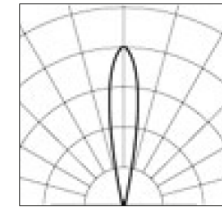
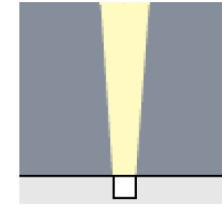
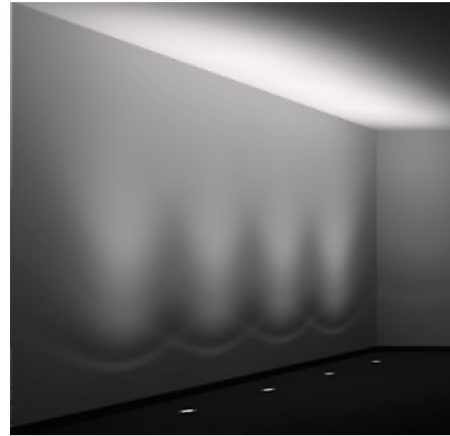
Uplights



Uplighting



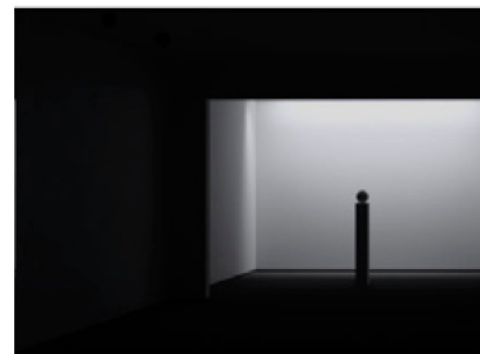
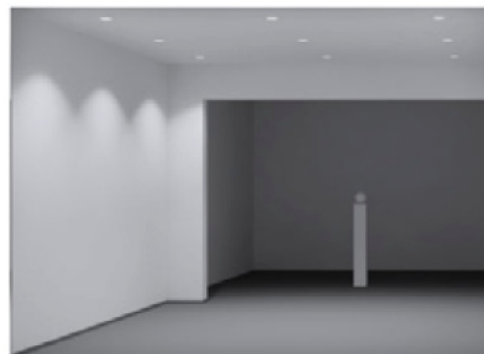
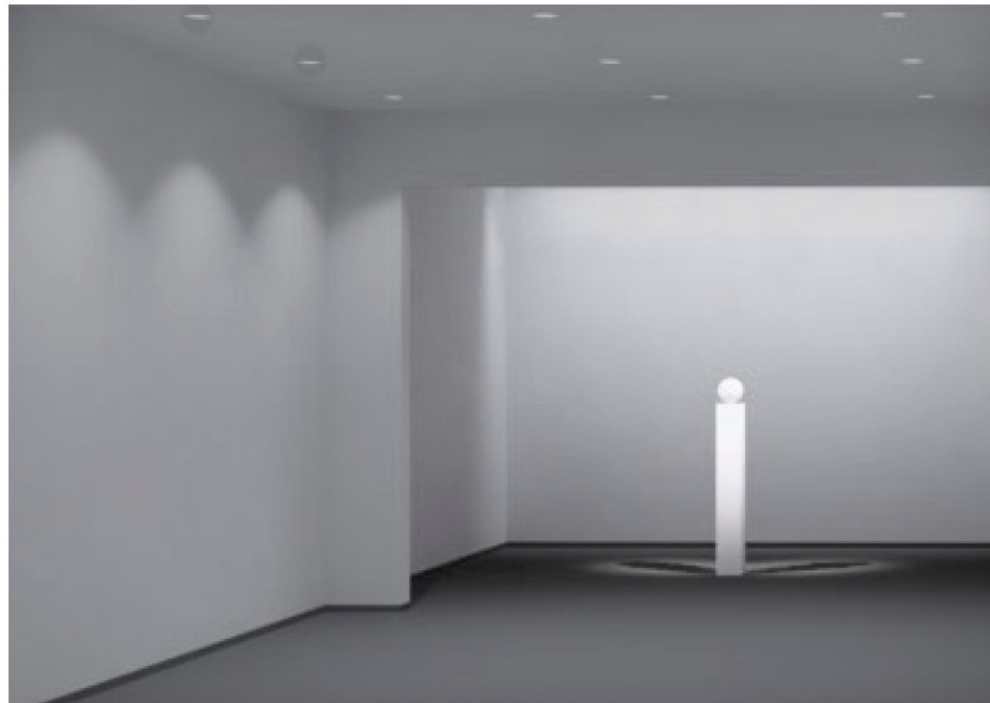
Variações de *Uplighting*

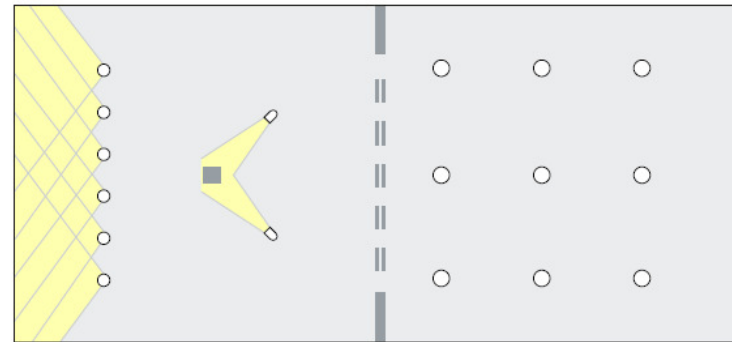
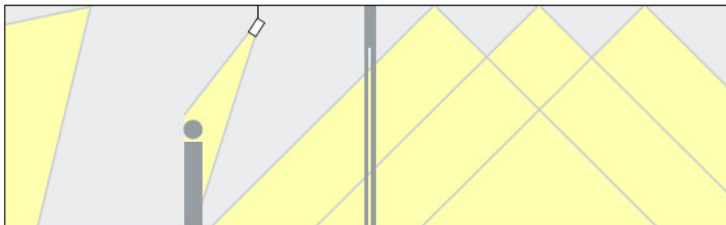
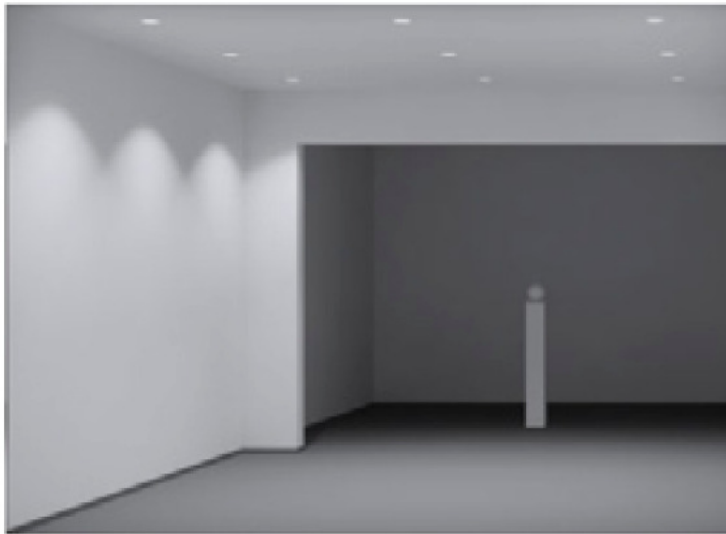




Efeitos de Iluminação

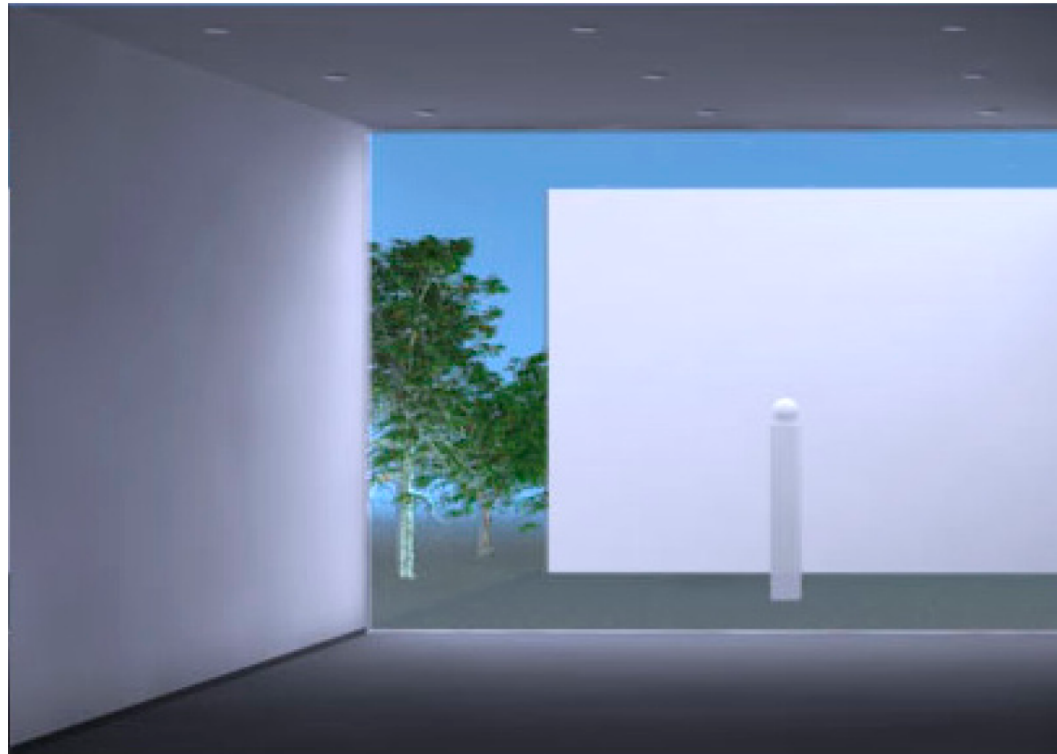
Visão Interna, com enfoque interno

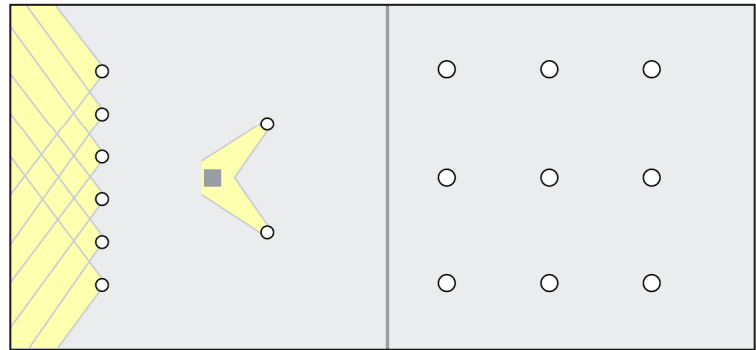






Visão Interna, com Enfoque Externo







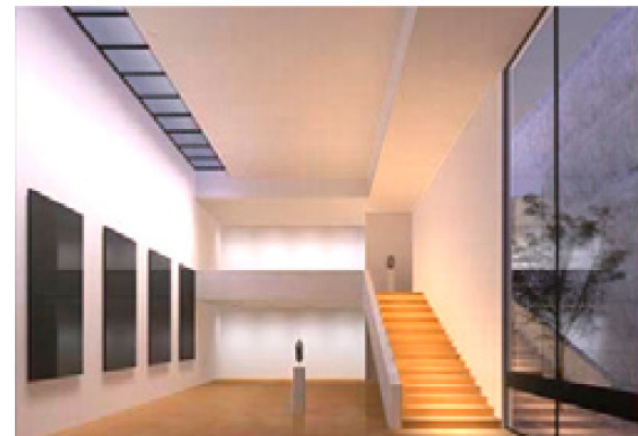
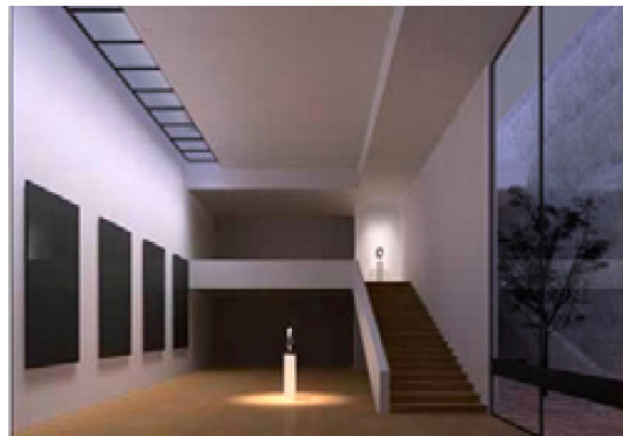


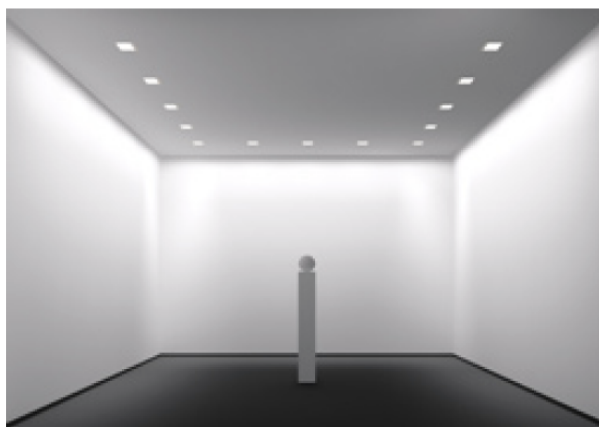
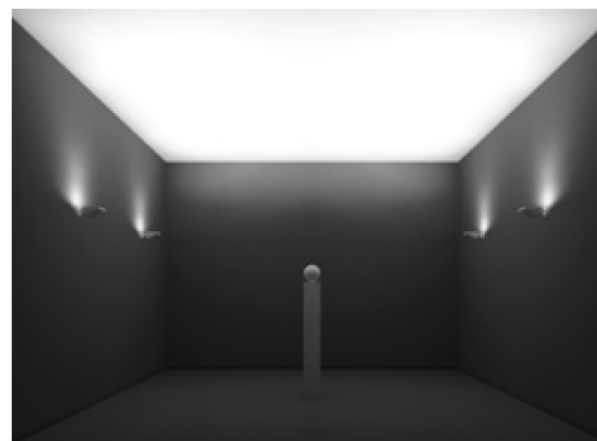
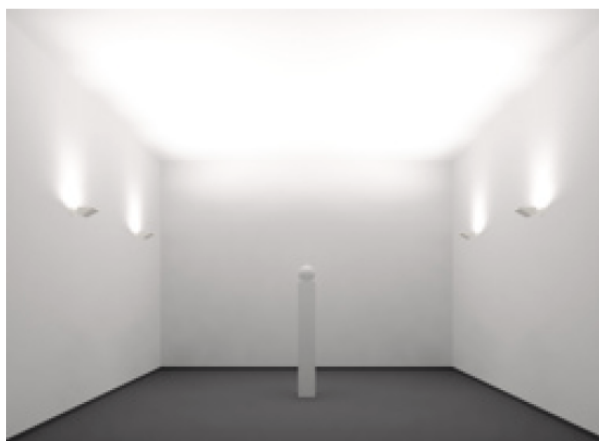
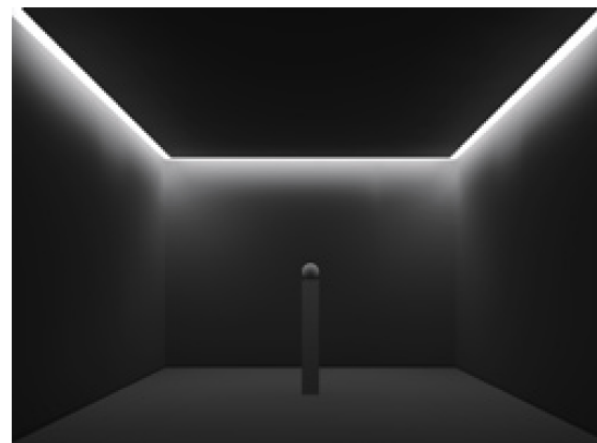
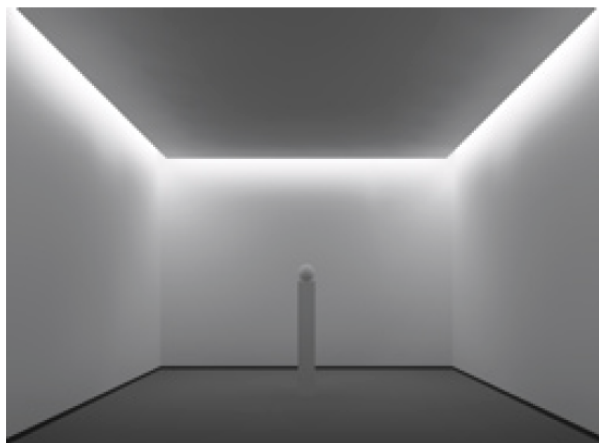
Iluminação de Orientação





Outras Visões





Wall bright

Wall dark



Simuladores de Iluminação

Simuladores de Iluminação

- DIALUX
- RELUX
- LUMISOFT – Aplicativo da LUMICENTER, que é um grande fabricante paranaense de luminárias

Exemplos de Simulações

- Iluminação de Corredores – [Ver aqui](#).
- Sala de Aula [Ver aqui](#).
- Auditório (Projeto do Aluno Pedro Ney Stroski)
– [Ver aqui](#).

Sugestões de Projetos

- Iluminação Pública à LED
- Revitalização de Áreas pela Iluminação
- Iluminação Mista (Iluminação Natural + Iluminação Artificial)
 - Residencial
 - Industrial
 - Comercial
- Estudos de Ofuscamento
- Projetos de Iluminação a partir da Luminância

Obrigado

- James Alexandre Baraniuk
- james.baraniuk@ufpr.br