



Co-funded by
the European Union

Luz e Radiação

1

Natureza da Luz

A luz é importante para a vida e, o nosso conhecimento da sua natureza e propriedades resulta de centenas de anos de discussões e estudos científicos. Houve várias teorias iniciais que tentaram explicar a luz e a radiação.



By Nick Harris - <https://www.flickr.com/photos/nickharris1/4867044788/>, CC BY 2.5,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22619295>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



2

Teoria da partícula (corpuscular) da luz

Esta teoria foi proposta por Isaac Newton no século XVII com a ideia-chave de que a luz é constituída por partículas minúsculas (corpúsculos) emitidas por objectos luminosos.

A teoria afirma:

1. A energia radiante emitida está em partículas.
2. As partículas são injetadas em linha recta.
3. As partículas provocam sensações visuais.

Esta teoria explica bem os fenómenos como a reflexão e a refração. No entanto, teve dificuldades em explicar fenómenos como a difração e a interferência.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



3

Teoria ondulatória da luz

Christiaan Huygens propôs mais tarde que a luz se comporta como uma onda e se propaga através de um meio chamado "éter luminífero".

A teoria afirma:

1. A luz resulta da vibração molecular num material luminoso.
2. As vibrações são transmitidas através do "éter" como movimentos ondulatórios e abrandam ao entrar em meios mais densos.
3. As vibrações provocam sensações visuais.

Esta teoria explicou com sucesso a reflexão, a refração e a difração e forneceu informações sobre os padrões de interferência.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



4

Teoria electromagnética da luz

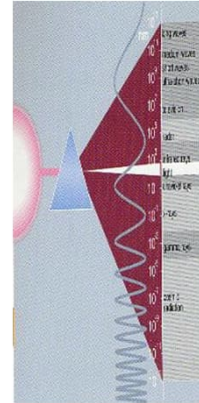
James Clerk Maxwell, no século XIX, propôs a ideia de que a luz é uma onda electromagnética constituída por campos eléctricos e magnéticos oscilantes.

O corpo luminoso emite luz sob a forma de energia radiante

A energia radiante propaga-se como onda electromagnética

A energia radiante provoca a sensação visual

Esta teoria explica todos os fenómenos da ótica geométrica, bem como os fenómenos de interferência, difração e polarização.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



5

Limitações da teoria ondulatória

No entanto, algumas experiências não podiam ser explicadas pelo modelo ondulatório da luz.

1. Efeito fotoelétrico: De acordo com as experiências, depende também do comprimento de onda da luz e não apenas da sua intensidade, como deveria ser se a luz fosse uma radiação electromagnética.
2. Incapacidade de explicar a radiação de corpo negro: A teoria ondulatória não conseguiu explicar o espectro da radiação emitida por um corpo negro a diferentes temperaturas.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



6

Teoria quântica da luz

No século XX, Max Planck desenvolveu uma teoria que explicava: Os corpos negros emitem luz apenas como pacotes discretos de energia: quanta.

Mais tarde, Einstein resolveu o quebra-cabeças do efeito fotoelétrico com a ajuda da teoria quântica, formando a base para a dualidade onda-partícula da luz e qualificando-se para o Prémio Nobel.

- A luz é um fluxo de partículas sem massa (fótons), com energia dependente da frequência
- Apenas os fótons com energia suficiente podem libertar electrões dos átomos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



7

Dualidade onda-partícula

Com estes desenvolvimentos, a luz é considerada como tendo uma natureza dupla.

A luz apresenta as características de uma onda em algumas situações e as características de uma partícula noutras situações.

A natureza ondulatória explica como a luz viaja. As ondas de luz propagam-se a partir de cada ponto do objecto, curvam-se através do sistema de lentes, obedecendo às leis das ondas

A luz comporta-se como uma partícula (fóton) quando está a ser emitida ou quando é absorvida num detector.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



8

Natureza dupla da luz

Energia de um único quantum de energia
(fotão)

onde $E = hf,$

E = energia (em Joules) ,

h = Constante de Planck $6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

f = frequência



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



9

Natureza dupla da luz

Velocidade de propagação da radiação luminosa

$$C = f \cdot \lambda$$

Onde, C = velocidade da luz = $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (no vácuo),

f = frequência,

λ = comprimento de onda da radiação



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



10

O fóton é um quantum de luz

- Vemos a luz quando um fóton atinge a retina do olho e gera um sinal elétrico para o cérebro
- A energia dos fótons determina a cor
- A quantidade de fótons determina a luminosidade
- O espectro do feixe de luz é a sua composição de fótons de diferentes energias



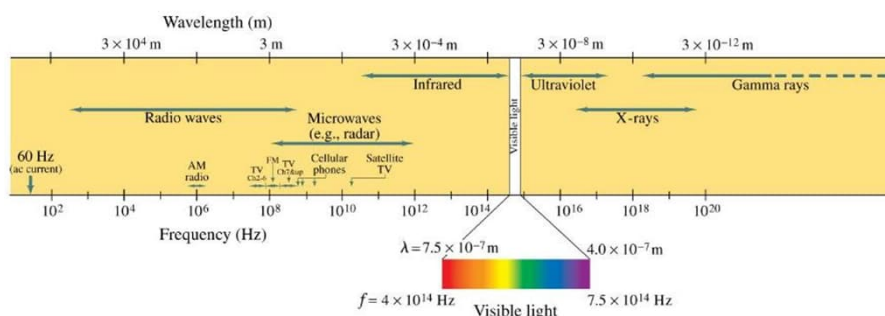
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



11

O espectro eletromagnético é mais do que a luz visível

A luz é considerada como parte do espectro eletromagnético e situa-se entre as micro-ondas e os raios X.



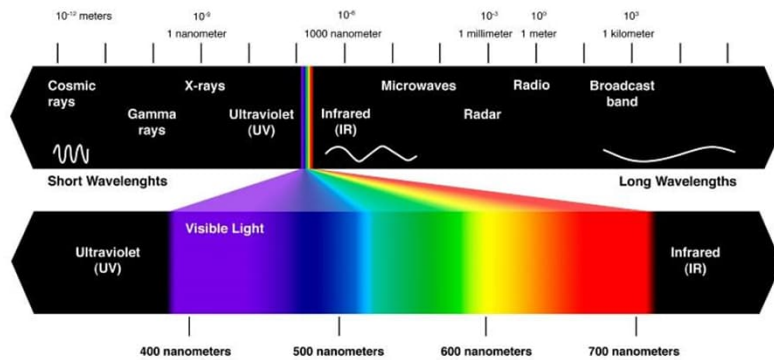
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



12

Luz como parte do espectro EM

Apenas uma pequena parte do espectro luminoso pode ser percebida pelo olho humano.



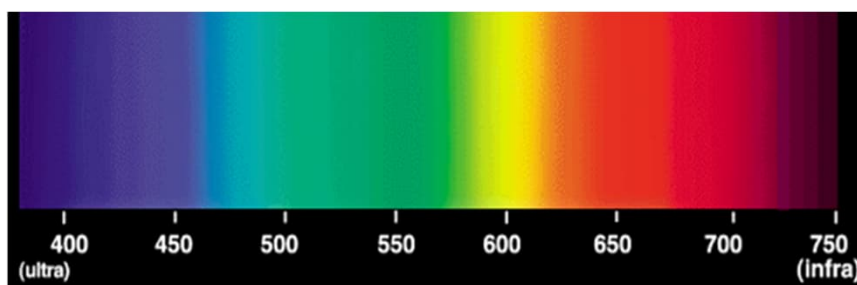
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



13

Luz como parte do espectro EM

A parte do espectro EM entre aproximadamente 380 nm e 780 nm pode ser percebida pelo sistema visual humano e é chamada de luz visível.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



14

Leis de Kirchhoff

Três leis para explicar como a luz e a matéria interagem:

- Um sólido, líquido ou gás quente sob alta pressão produz um espectro contínuo
- Um gás quente difuso (baixa pressão) produz um espectro de linhas de emissão
- Um espectro contínuo que atravessa um gás transparente a baixa temperatura produz linhas de absorção escuras

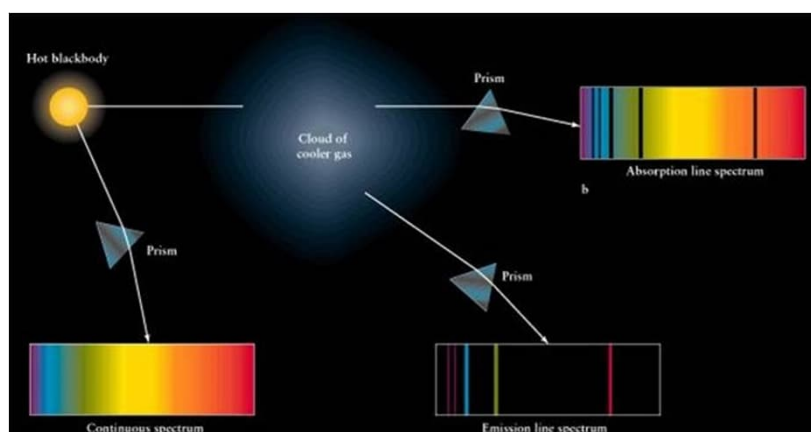


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



15

Espectro contínuo, espectro de linhas e espectro de absorção



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



16

Radiação térmica

- Todos os corpos quentes emitem radiação electromagnética
- O calor está associado ao movimento térmico vibracional dos átomos/moléculas a radiação é gerada pelo movimento termicamente induzido dos átomos/moléculas
- O espectro da radiação depende da temperatura e do material



Image:Fir0002/Flagstaffotos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



17

Radiação de corpo negro

Corpo negro: Uma idealização que fornece limites para a emissão e absorção de radiação pela matéria

O radiador de corpo negro absorve completamente toda a radiação incidente, qualquer que seja o comprimento de onda, a direção de incidência ou a polarização.

O radiador de corpo negro tem, para qualquer comprimento de onda e qualquer direção, a concentração máxima de radiação para um radiador térmico em equilíbrio térmico a uma dada temperatura



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

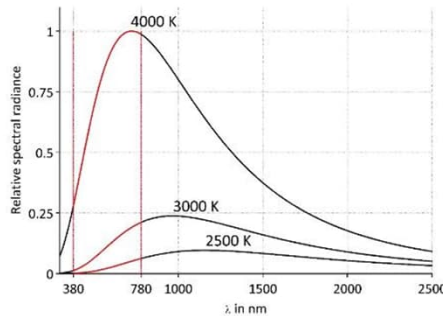


18

Radiação de corpo negro - Lei da radiação de Planck

A lei de Planck descreve a radiação espectral de um radiador térmico perfeito

- O pico desloca-se para comprimentos de onda mais curtos com temperaturas mais elevadas
- A área sob a curva cresce rapidamente com o aumento da temperatura



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

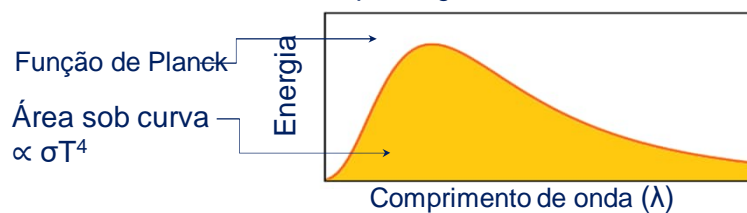


19

Radiação de corpo negro - Lei de Stefan-Boltzmann

Descreve a potência radiante de um corpo negro em termos da sua temperatura

- A energia total irradiada por unidade de superfície de um corpo negro e por unidade de tempo é directamente proporcional à quarta potência da temperatura termodinâmica do corpo negro T



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



20

Radiação de corpo negro - Lei de deslocamento de Wien

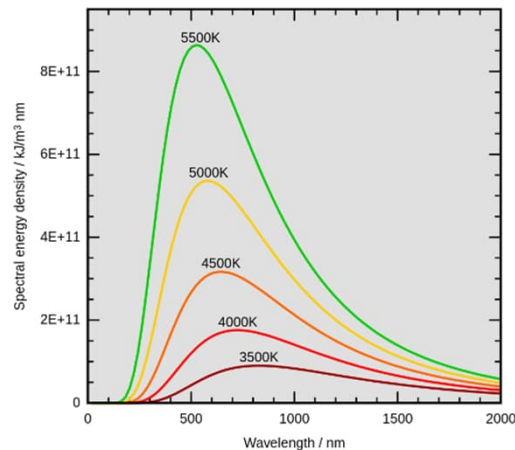


Image:
adapted from
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wiens_law.svg



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



21

Espectro solar e radiação de corpo negro

O espectro da radiação solar é bem aproximado a emissão de um corpo negro com temperatura de cerca de 5800K

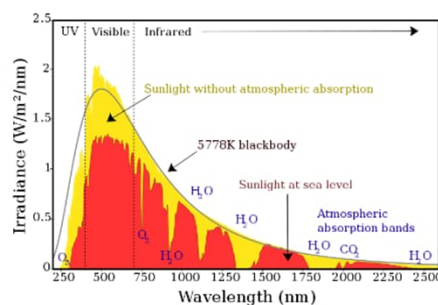


Image: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solar_spectrum_en.svg

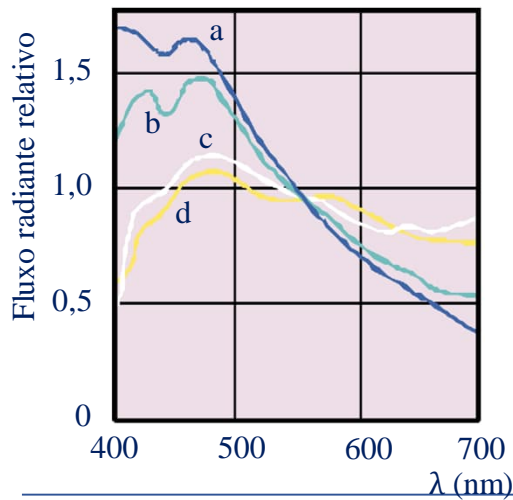


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



22

A composição do espectro da luz do dia



Espectro da luz do dia

- a) céu no zénite
- b) céu brilhante do norte
- c) céu nublado
- d) o sol e o céu juntos

Temperatura de cor

Luz solar directa 5 000 K
 Céu azul claro > 10 000K
 Céu nublado 4 500 K - 7 000 K

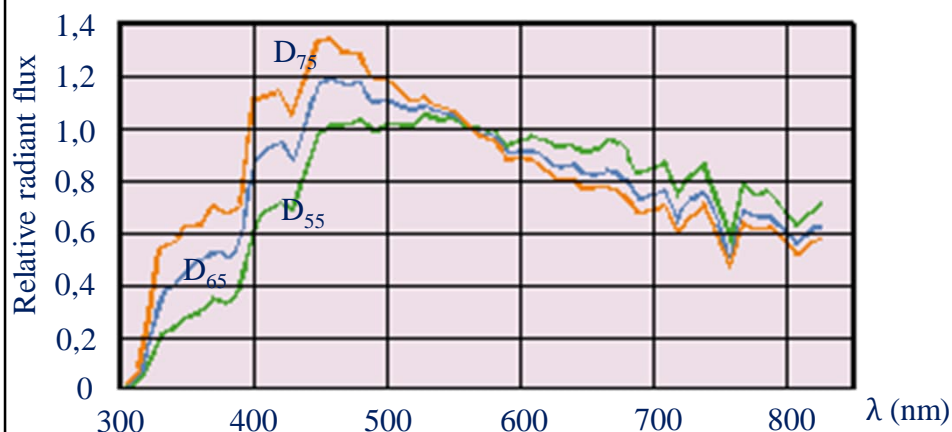


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



23

Espectros de luz do dia padrão CIE



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



24



Co-funded by
the European Union

Fotometria

1

Conteúdo

- Radiometria vs Fotometria
- Grandezas fotométricas
- Leis fotométricas
- Medições fotométricas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



2

O que é a luz?

- A luz é uma radiação que é detectada pelo olho
- Por conseguinte, a produção de luz depende de :
 - a potência $P(\lambda)$ da radiação e
 - a sensibilidade espectral $V(\lambda)$ do olho

$$\int_{380nm}^{780nm} P(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



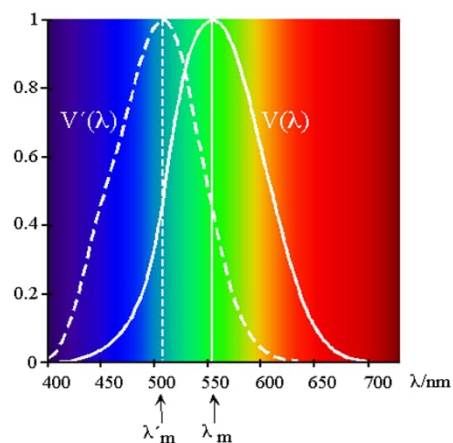
3

Sensibilidade espectral do olho

A função $V(\lambda)$ - descreve a sensibilidade relativa do olho a diferentes comprimentos de onda em condições de iluminação intensa (visão fotópica).

Valor do pico $\lambda_m = 555 \text{ nm}$.

$V'(\lambda)$ expressa a sensibilidade espectral do olho a baixos níveis de luminosidade (visão escotópica). Valor de pico $\lambda'_m = 510 \text{ nm}$



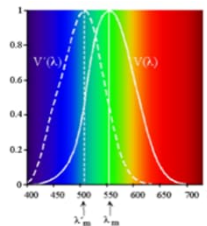
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



4

Radiometria vs Fotometria

- A radiometria quantifica a radiação electromagnética, incluindo a radiação visível e não visível, medindo a energia total sem ter em conta a percepção humana
- A fotometria mede a radiação electromagnética na gama visível, ponderando-a de acordo com a sensibilidade do olho humano a diferentes comprimentos de onda



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



5

Radiometria vs Fotometria

Grandezas radiométricas e respectivas grandezas fotométricas equivalentes

Quantity	Unit	Quantity	Unit
Radiant Energy (Q_e)	Joule (J)	Quantity of light (Q)	Lumen-second (lms)
Radiant flux (Φ_e) Radiant power (P)	Watt (W)	Luminous flux (Φ)	Lumen (lm)
Irradiance (E_e)	Watt/square meter (W/m^2)	Illuminance (E)	Lux (lx) = (lm/m^2)
Radiant intensity (I_e)	Watt/steradian (W/sr)	Luminous intensity (I)	Candela (cd) = (lm/sr)
Radiance (L_e)	Watt/square meter*sr (W/m^2*sr)	Luminance	Candela/square meter (cd/m^2)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



6

Grandezas fotométricas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



7

Fluxo luminoso

- Fluxo luminoso: é uma medida da quantidade de luz percebida que é emitida por uma fonte de luz. Unidades: Lúmen (lm)
- Símbolo: Φ

$$\Phi = K_m \int_{380nm}^{780nm} P(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

$K_m = 68 \text{ lm/W}$

Distribuição espectral de uma fonte de luz
Função de eficiência luminosa fotópica

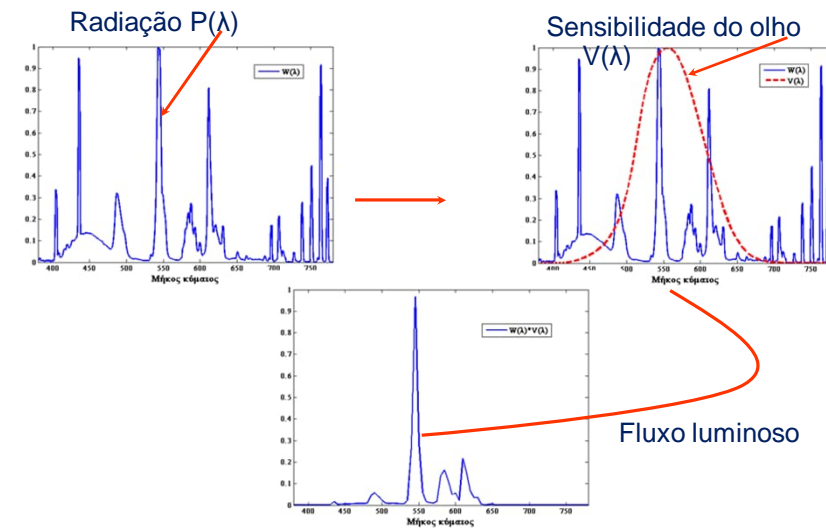


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



8

Fluxo luminoso



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



9

Fluxo luminoso de lâmpadas típicas

Fontes de luz convencionais	Fluxo luminoso (lm)
Lâmpada fluorescente linear T8 de 32W	2650
Lâmpada fluorescente linear T5 de 25W	2500-2900
Lâmpada de Sódio de Alta Pressão 250W	33200
Halogeneto de metal (HQL) 150W	12500



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



10

Eficácia luminosa

- Eficácia luminosa: uma medida da capacidade de uma fonte de luz para produzir luz.
- Eficácia Luminosa = $\frac{\text{fluxo luminoso}}{\text{potência consumida}}$
- Unidades: lm/W
- Máximo : 683 lm/W (teórico)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



11

Como é que a luz é medida?

- Uma fonte de luz artificial é tratada como uma fonte pontual
- Consideremos uma fonte pontual a que emite luz em todas as direcções
- A luz para cada direcção é emitida pela fonte de luz num cone virtual
- Este cone é designado por “ângulo sólido”



Modified from Source: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bulb-dynamic-clay.png>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



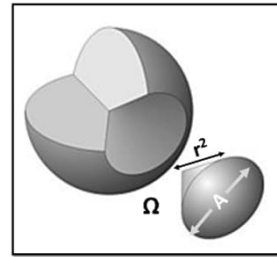
12

Ângulo sólido

- O ângulo sólido (Ω) é o equivalente tridimensional de um ângulo bidimensional (ângulo plano)
- Dada uma esfera de raio r , um cone que subtende uma área A encerra um ângulo sólido Ω

- $\Omega = \frac{A}{r^2}$

- Unidades: esterradiano (sr)



Modified from Source: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steradian.jpg>

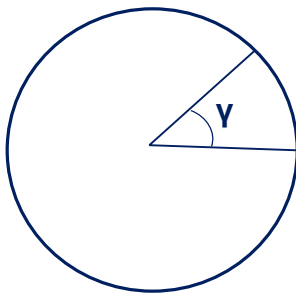


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

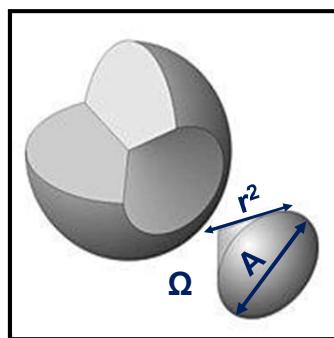


13

Ângulo sólido vs ângulo plano



Ângulo plano
 γ (radiano)



Ângulo sólido Ω
(esterradiano)

$$\Omega = 2\pi (1 - \cos\gamma)$$

Modified from Source:
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steradian.jpg>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



14

Ângulo sólido vs ângulo plano

Exemplos

$$\gamma = \pi \rightarrow \Omega = 2\pi(1 - \cos(\pi)) = 2\pi(1 - (-1)) = 4\pi \text{ sr}$$

$$\gamma = \pi/2 \rightarrow \Omega = 2\pi(1 - \cos(\pi/2)) = 2\pi(1 - 0) = 2\pi \text{ sr}$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



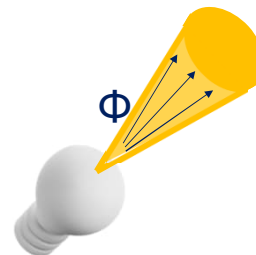
15

Intensidade luminosa

- A intensidade luminosa descreve a potência da fonte de luz para emitir luz numa determinada direcção
- É o rácio do fluxo luminoso emitido numa determinada direcção, dividido pelo ângulo sólido correspondente

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

- Unidade: candela (cd)



Modified from source <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bulb-dynamic-clay.png>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

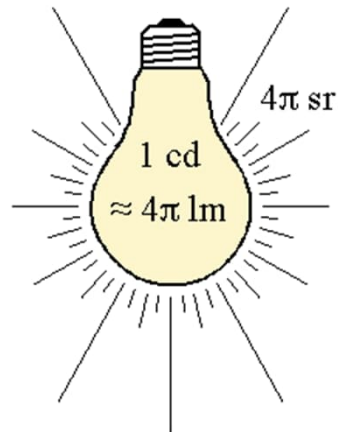


16

Intensidade luminosa e fluxo luminoso

Quando a intensidade luminosa de uma fonte de luz é de 1 cd em cada direção, o seu fluxo luminoso é de 4π lm

$$\Phi = I\omega$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



17

Intensidade luminosa e fluxo luminoso



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

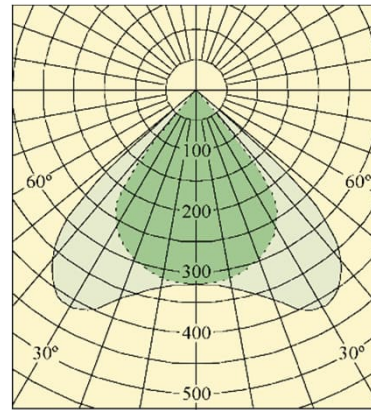


18

Distribuição da intensidade luminosa

A distribuição da intensidade luminosa de uma luminária é normalmente dada no sistema C- γ .

A unidade é cd/klm, o que significa a intensidade luminosa por mil lúmenes da fonte de luz na luminária.

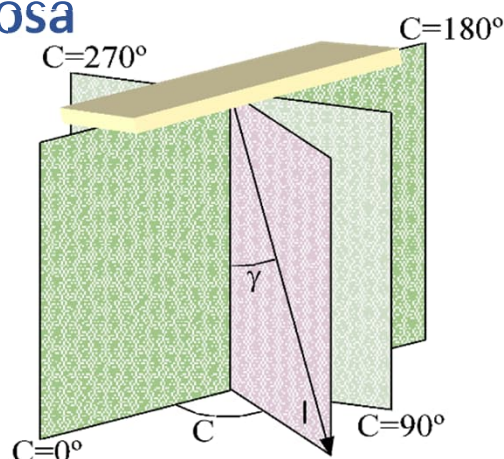


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



19

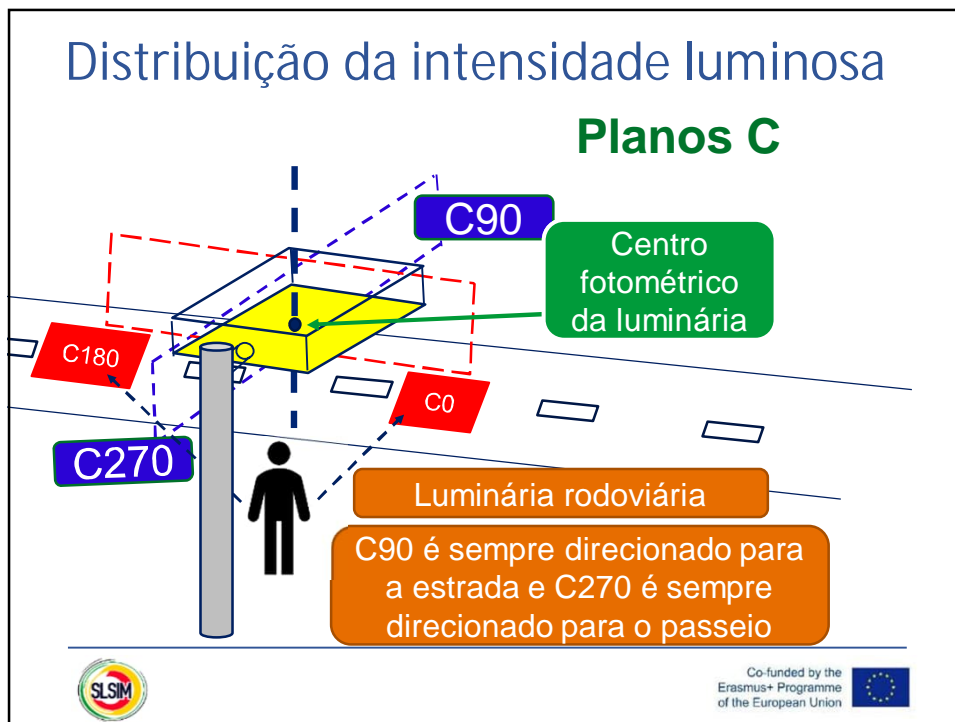
Distribuição da intensidade luminosa



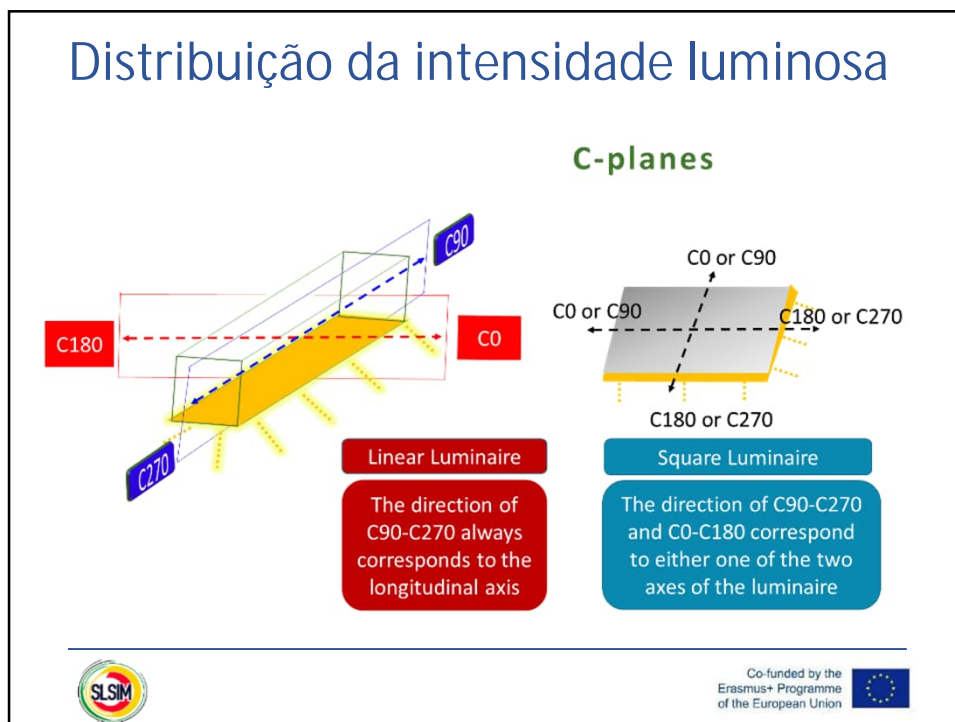
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



20

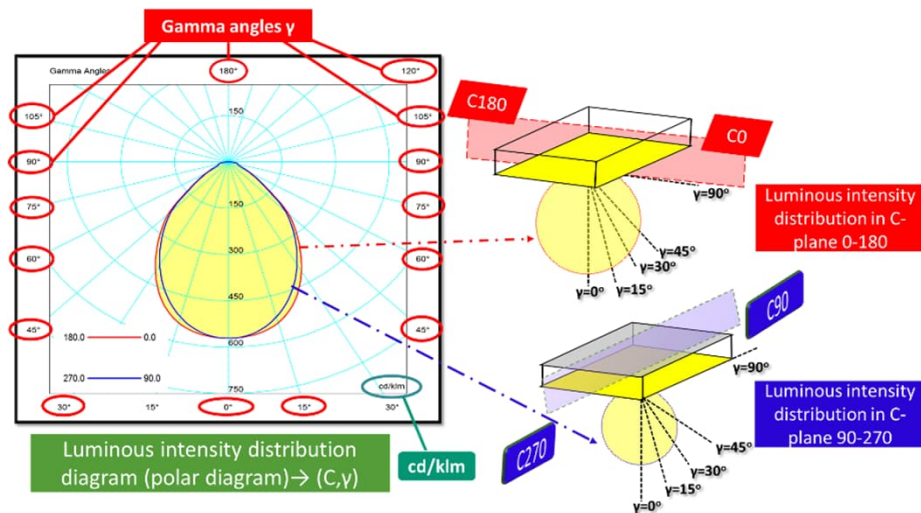


21



22

Distribuição da intensidade luminosa



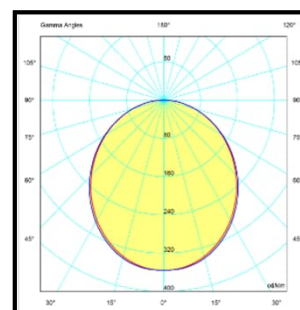
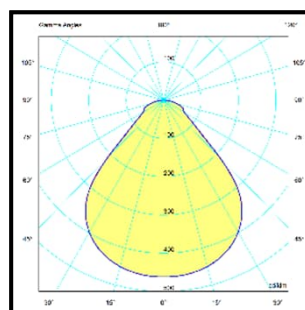
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



23

Distribuição da intensidade luminosa

Exemplo de distribuição da intensidade luminosa de luminárias de interior



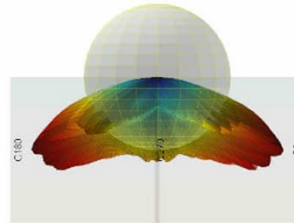
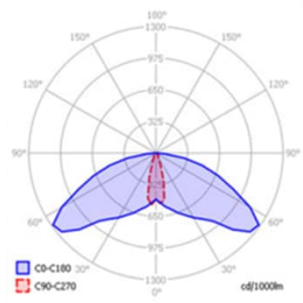
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



24

Distribuição da intensidade luminosa

Exemplo de distribuição da intensidade luminosa de uma luminária rodoviária



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

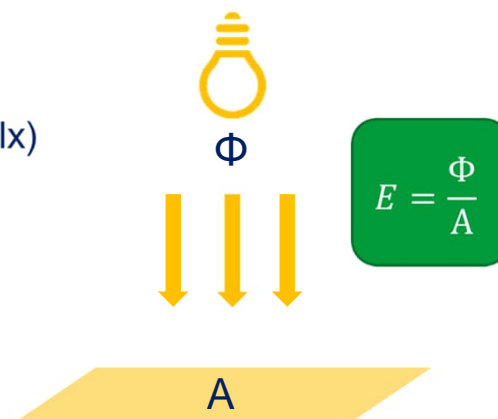


25

Iluminância

- A iluminância é a densidade do fluxo luminoso na área iluminada
- Símbolo: E
- Unidades: lux (lx)

$$E = \frac{\Phi}{A}$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



26

Iluminância

Exemplo

Uma luminária emite um fluxo luminoso de 1000 lm para baixo numa área com dimensões de 10 m x 2 m.

A iluminância na área iluminada é calculada da seguinte forma

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{1000 \text{ lm}}{10\text{m} \times 2\text{m}} = \frac{1000 \text{ lm}}{20\text{m}^2} = 50 \text{ lx}$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



27

Níveis de iluminação recomendados para espaços interiores

Escritórios	→	500 lx
Corredores	→	100 lx
Espaços para conferências	→	500 lx
Desenho técnico	→	750 lx



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



28

Requisitos de iluminação de acordo com a norma europeia EN 12464-1

6.1 Nursery school, play school					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	\bar{E}_m lx	UGR _L	R _s	Remarks
6.1.1	Play room	300	19	80	
6.1.2	Nursery	300	19	80	
6.1.3	Handicraft room	300	19	80	
6.2 Educational buildings					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	\bar{E}_m lx	UGR _L	R _s	Remarks
6.2.1	Classrooms, tutorial rooms	300	19	80	Lighting should be controllable.
6.2.2	Classroom for evening classes and adults education	500	19	80	Lighting should be controllable.
6.2.3	Lecture hall	500	19	80	Lighting should be controllable.
6.2.4	Black board	500	19	80	Prevent specular reflections.
6.2.5	Demonstration table	500	19	80	In lecture halls 750 lx.
6.2.6	Art rooms	500	19	80	
6.2.7	Art rooms in art schools	750	19	90	T _{CP} ≥ 5000 K.
6.2.8	Technical drawing rooms	750	16	80	
6.2.9	Practical rooms and laboratories	500	19	80	



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

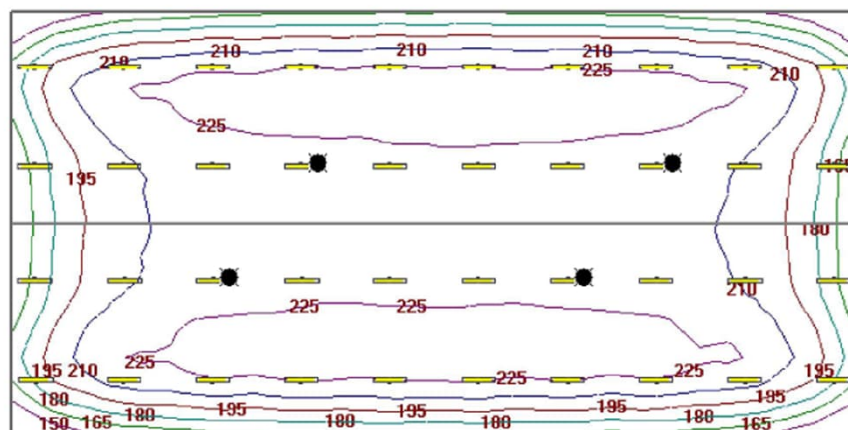


2
9

29

Iluminância - diagramas Isolux

ISOLUX-diagram working plane



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

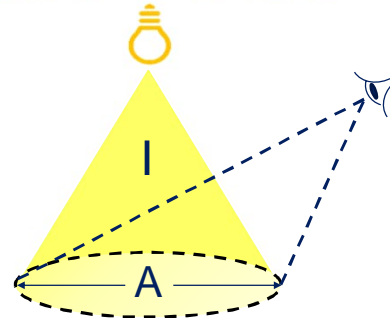


3
0

30

luminância

- A luminância é definida como a razão entre a intensidade luminosa I numa direção específica de uma fonte de luz ou de uma superfície que reflecte a luz, dividida pela área projectada A , vista dessa direção
- Símbolo: L
- Unidades: cd/m^2
- $L = \frac{I}{A}$



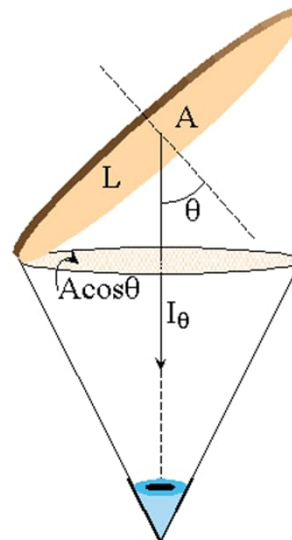
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



31

Iluminância

$$L = \frac{I_{\theta}}{A \cos \theta}$$



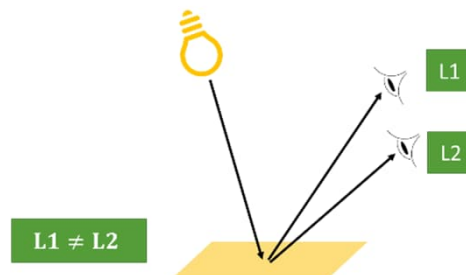
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



32

Luminância

- A luminância é uma grandeza que caracteriza uma fonte de luz, bem como uma superfície iluminada
- Depende do ângulo de visão
- É inversamente proporcional à superfície luminosa



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



33

Luminância

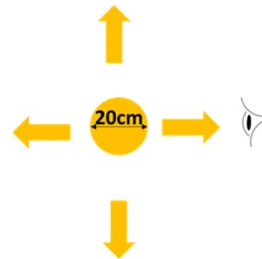
Example

Uma fonte de luz esférica emite uma intensidade luminosa $I=100$ cd em todas as direcções. O diâmetro da fonte de luz é de 20 cm.

A luminância da fonte de luz é calculada como:

$$L = \frac{I}{A} = \frac{I}{\pi \times r^2} = \frac{100 \text{ cd}}{\pi \times 0.1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m}} =$$

$$\frac{100 \text{ cd}}{0.0314 \text{ m}^2} = 3184.71 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



34

Luminância - alguns valores típicos

Sol

1.600.000 kcd/m²

Lâmpada incandescente (filamento)

15.000 kcd/m²

Céu brilhante

8000 cd/m²

Parede interior iluminada com iluminação eléctrica 40 cd/m²

Superfície iluminada de uma rua

≈ 2 cd/m²



Image source: ChatGPT



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

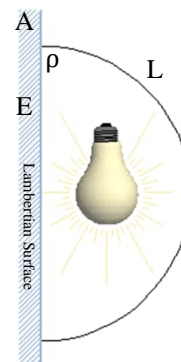


35

Luminância da superfície reflectora

Uma fonte de luz produz uma iluminância E numa superfície difusa com reflectância ρ . A luminância da superfície é então :

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



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



36

Luminância da superfície difusa

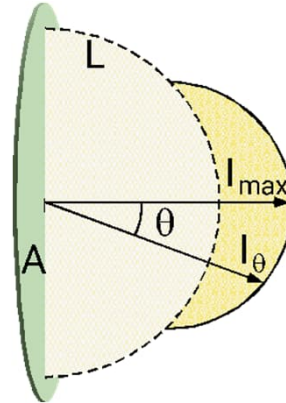
A intensidade luminosa de uma superfície Lambertiana de acordo com a lei dos cossenos de Lambert:

$$I_{\theta} = I_{\max} \cos\theta$$

$$L_{\theta} = \frac{I_{\theta}}{A \cos\theta}$$

$$L = \frac{I_{\max}}{A} = \text{constant}$$

⇒ A luminância de uma superfície difusa é independente da direção de observação



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

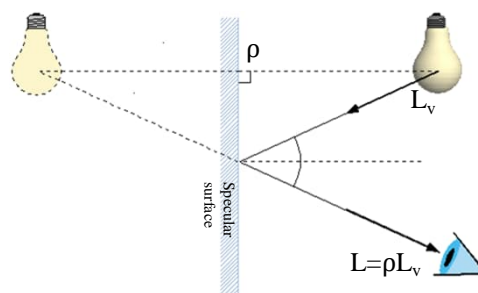


37

Luminance of reflecting surface

Uma fonte de luz com luminância L_v é reflectida especularmente por uma superfície com reflectância ρ . A luminância da superfície é

$$L = \rho L_v$$



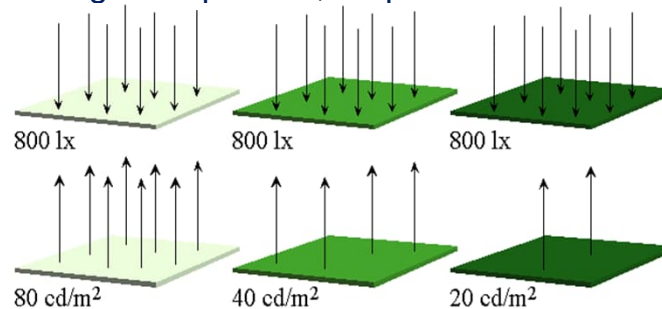
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



38

Iluminância vs Luminância

A iluminância revela apenas a quantidade de luz que atinge a superfície, enquanto...



... a luminância revela a quantidade de luz que sai da superfície



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



39

Unidades especiais

Luminância

1 footlambert (fL)	1 cd/π ft ²	3,426
cd/m ²		
1 lambert (L)	1 cd/π cm ²	3183 cd/m ²
1 millilambert (L)		3,183
cd/m ²		
1 abostilb (asb)	1 cd/π m ²	
0,3183 cd/m ²		
1 stilb (sb)	1 cd/cm ²	
10 000 cd/m ²		
1 nit (n)	1 cd/m ²	



Iluminância

footcandle (fc) 1 lm/ft²

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



10,76

40

Leis fotométricas

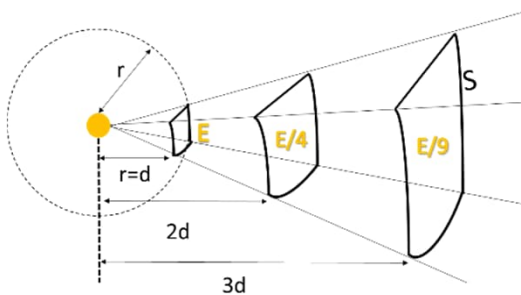


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



41

Lei do inverso do quadrado



$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \Rightarrow \Phi = I \times \Omega$$

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{I \times \Omega}{\Omega \times r^2} = \frac{I}{r^2}$$

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

A iluminação é inversamente
proporcional ao quadrado da distância!

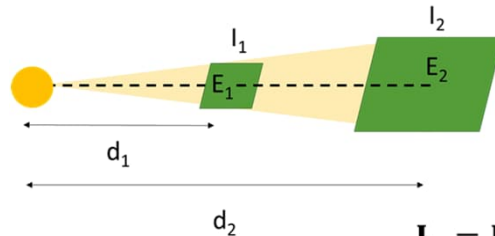


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



42

Lei do inverso do quadrado



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

$$I_1 = I_2 \Rightarrow E_1 \times d_1^2 = E_2 \times d_2^2$$

A intensidade luminosa I permanece a mesma e é independente da distância !!!

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



43

Lei do inverso do quadrado

Exemplo

A iluminância E_1 de uma fonte luminosa pontual em $d_1=1\text{m}$ é 500 lx . Calcule a iluminância E_2 em $d_2=2\text{m}$.

Solução: A intensidade luminosa permanece a mesma e é independente da distância entre a fonte de luz e a área iluminada.

$$I_1 = I_2 \Rightarrow E_1 \times d_1^2 = E_2 \times d_2^2 \Rightarrow 500 \times 1^2 = E_2 \times 2^2 \Rightarrow 500 = E_2 \times 4 \Rightarrow 500/4 = E_2 \Rightarrow E_2 = 125\text{ lx}$$



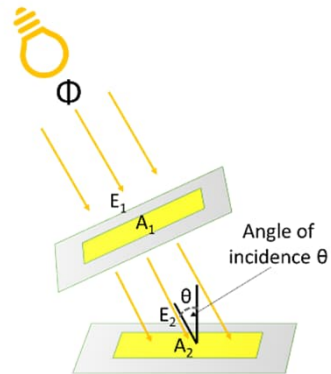
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



44

Lei dos cossenos

A iluminação que incide sobre qualquer superfície depende do cosseno do ângulo de incidência da luz.



$$E = \frac{\Phi}{A}$$

$$\Phi = E_2 \times A_2 = E_1 \times A_1$$

$$A_1 = A_2 \times \cos \theta$$

$$E_2 = E_1 \times \cos \theta$$

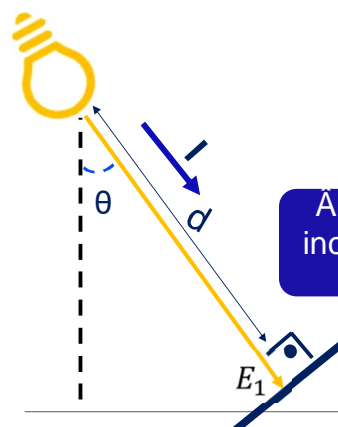


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



45

Lei dos cossenos



Angulo de
incidência =
0°

$$E_1 = \frac{I}{d^2}$$

O raio de luz é perpendicular à
superfície. Assim, o ângulo de
incidência é zero.

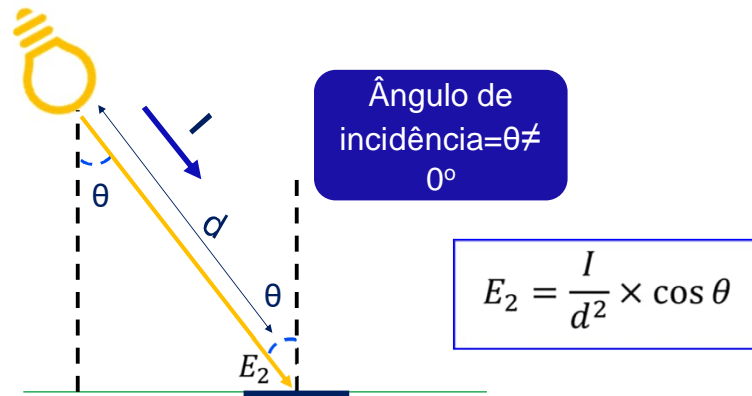


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



46

Lei dos cossenos



Uma fonte de luz com luminância L_v é reflectida especularmente por uma superfície com reflectância ρ . A luminância da superfície é



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



47

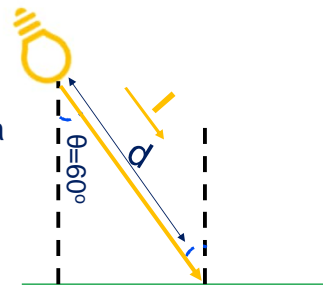
Lei dos cossenos

Exemplo: A intensidade luminosa de uma fonte luminosa pontual num ângulo $\theta = 60^\circ$ é de 100 cd. A distância d é de 1m. Calcule a iluminância no ponto A.

Solução:

$$E_A = \frac{I}{d^2} \times \cos \theta = \frac{100}{1^2} \times$$

$$\cos 60^\circ = 100 \times 0.5 = 50 \text{ lx}$$

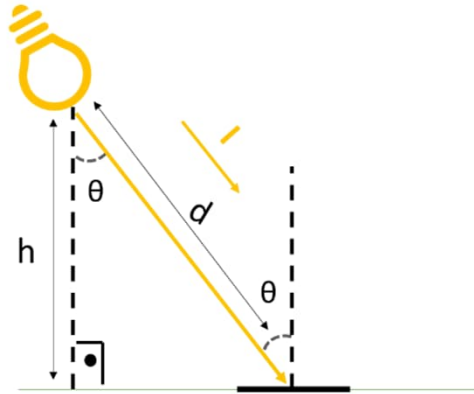


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



48

Lei do cosseno ao cubo



Quando não é possível medir a distância d , podemos utilizar a altura h



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

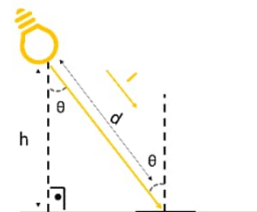


49

Lei do cosseno ao cubo

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

$$d = \frac{h}{\cos \theta}$$



$$\begin{aligned} E &= \frac{I}{d^2} \times \cos \theta = \frac{I}{\left(\frac{h}{\cos \theta}\right)^2} \times \cos \theta = \\ &= \frac{I \times \cos^2 \theta}{h^2} \times \cos \theta = \frac{I}{h^2} \times \cos^3 \theta \end{aligned}$$

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



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



50

Medições fotométricas



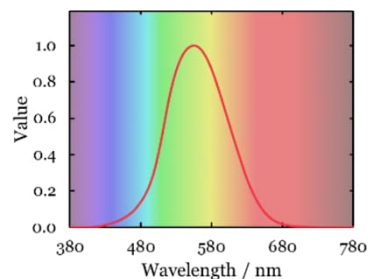
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



51

Medições fotométricas

- A função $V(\lambda)$ é a sensibilidade espectral média da percepção visual humana da luminosidade, tal como definida pela CIE (Commission Internationale de l'Éclairage)
- Utilizamos instrumentos que “imitam” um olho humano aplicando a ponderação espectral $V(\lambda)$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



52

Fotodetector

- Os sensores de fótons (luz) são conhecidos como detectores
- Quando um fóton atinge um semicondutor, um electrão salta da sua órbita e é detectado como uma corrente eléctrica
- Diferentes materiais semicondutores são sensíveis a diferentes energias de fótons
- Nos instrumentos de medição fotométrica, utilizam-se principalmente detectores de silício

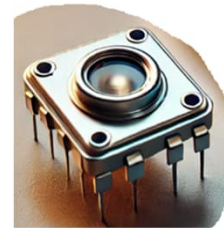
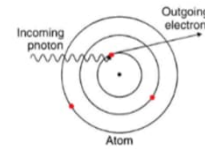


Image source: ChatGPT



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



53

Fotodetector

O fotodetector, de acordo com o seu princípio de funcionamento, mede a iluminação. Também pode ser utilizado para medir:

- Intensidade luminosa (se a distância for conhecida),
- Fluxo luminoso (se a área for conhecida) ou
- Luminância (se o ângulo sólido for conhecido).



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



54

Medição da iluminância



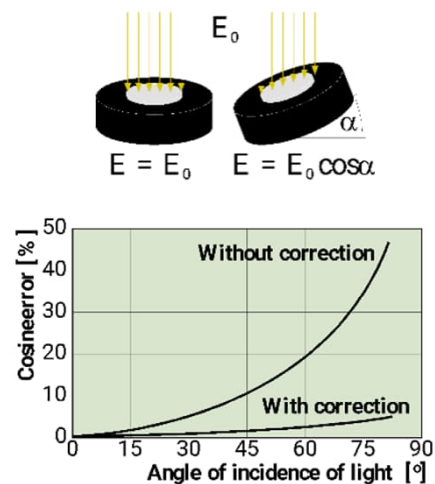
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



55

Medição da iluminação (Luxímetro)

- Um luxímetro deve seguir a lei dos cossenos $E = E_0 \cos \alpha$. Devido às propriedades da fotocélula, é necessário um difusor para corrigir o erro do ângulo de incidência.
- Sem correção, o erro do cosseno pode atingir 20...50%.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

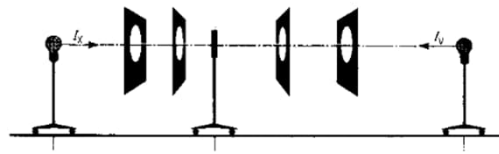


56

Medição da intensidade luminosa

A intensidade luminosa pode ser medida num banco fotométrico. Se medirmos a iluminância (E) e a distância (r), a intensidade luminosa pode ser calculada utilizando:

$$I = E \cdot r^2$$



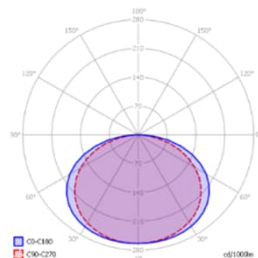
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



57

Medição da distribuição angular da intensidade luminosa

O goniofotômetro faz rodar o detector em torno da fonte de luz ou vice-versa, medindo cada posição numa esfera.



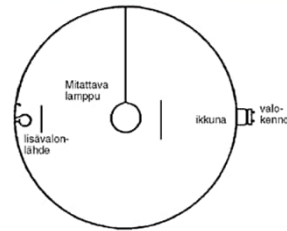
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



58

Medição do fluxo luminoso com esfera integradora

A esfera integradora tem um revestimento difusivo no seu interior, distribuindo a luz de forma muito uniforme pela sua superfície interna. A fonte é colocada no seu interior e, quando um detector é ligado a uma parede da esfera, vê uma leitura média “integrada”, mesmo que a fonte de luz seja muito direcional.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



59

Medição da luminância

A luminância também pode ser medida com o fotodetector se limitarmos o ângulo sólido de onde provém a luz.

Isto pode ser feito com a ajuda da óptica: lentes e aberturas.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



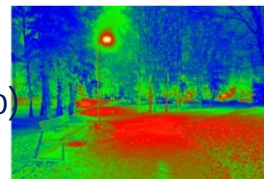
60

Medição da luminância

A medição da luminância é efectuada a partir de um ponto definido ou como uma imagem

Usos típicos:

- Para medir o brilho do ecrã
- Medição da luz reflectida por uma superfície (qualidade da iluminação)
- Para calibrar várias fontes de luminância

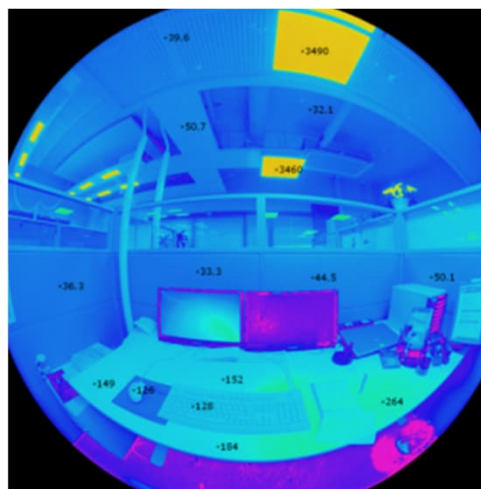


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



61

Medição da luminância com câmara de luminância



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



62

Alguns exemplos de aplicações de medição

Iluminância	Luminância	Intensidade Luminosa	Fluxo Luminoso
Iluminação dos espaços interiores	Luminosidade das estradas e ruas	Intensidade luminosa das fontes de luz	Fluxo luminoso das fontes de luz
Iluminação dos espaços exteriores	Luminância de sinais, ecrãs, indicadores	Distribuição da intensidade das fontes de luz	Fluxo luminoso das luminárias
Iluminação de estradas e ruas	Distribuição da luminosidade/luminância dos espaços interiores	Distribuição da intensidade das luminárias	



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union





Co-funded by
the European Union

Colorimetria

1

Conceito da Cor

A Cor pode ser

- percepção - fenómeno psicológico
- estímulo de cor - fenómeno psicofísico
- radiometria – física
- fotometria - uma dimensão da descrição do estímulo cromático



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

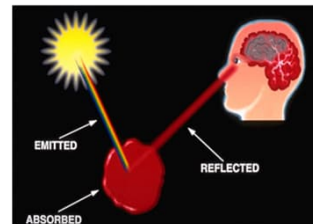


2

Percepção das cores

A cor que vemos nos objectos é o resultado do espectro de energia luminosa que chega aos nossos olhos, que por sua vez é o resultado da interação entre

- o espectro de luz produzido pela fonte de luz
- a modificação (ou seja, reflexão, transmissão ou absorção) desse espectro por um objeto.



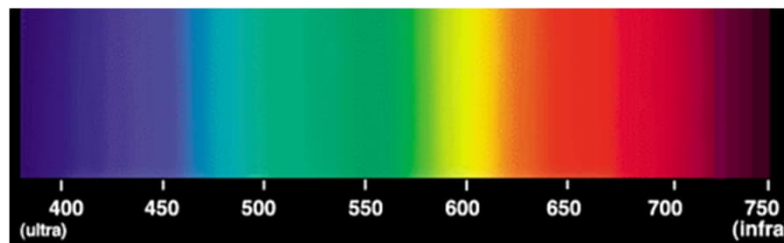
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



3

Percepção das cores

- Percepção do espectro eletromagnético
- Região visível para o ser humano ~380nm - 760nm



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

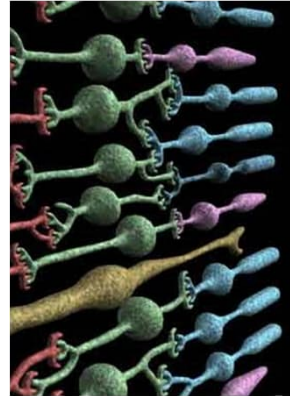


4

Luz, cor e olho humano

Só os cones distinguem as cores:

- Existem 4.500.000 cones num olho médio.
- São menos sensíveis à luz.
- Distinguem as cores.
- Encontram-se principalmente na fóvea e na mácula.
- Contribuem para a visão num ambiente bem iluminado - visão fotópica.



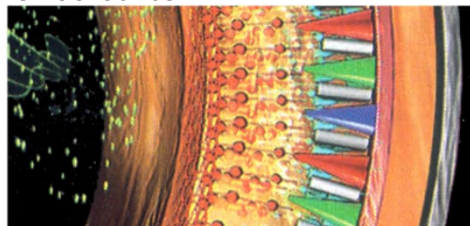
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



5

Luz, cor e olho humano

Os seres humanos têm normalmente três tipos de cones. O primeiro (**L - vermelho**) responde mais à luz de comprimentos de onda longos, com pico na região amarela. O segundo tipo (**M - verde**) responde mais à luz de comprimento de onda médio, com pico no verde. O terceiro tipo (**S - azul**) responde mais à luz de comprimento de onda curto de comprimento de onda curto.



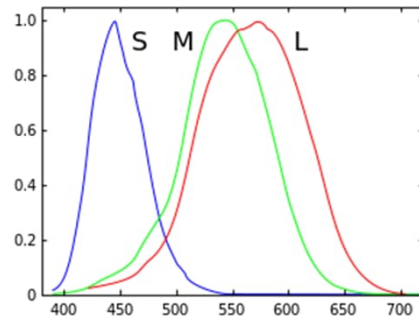
Erasmus+ Programme
of the European Union



6

Luz, cor e olho humano

As respostas dos diferentes tipos de cones são diferentes, com picos em torno de 420 nm, 534 nm e 564 nm.



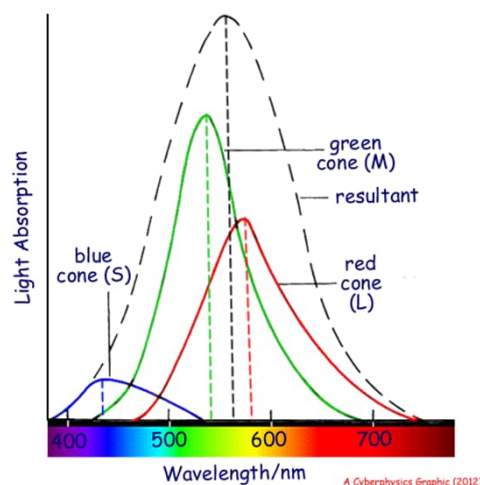
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



7

Luz, cor e olho humano

O conjunto dos três dá-nos a resposta espectral de um olho humano $V(\lambda)$ com pico a 555 nm.



A Cyberphysics Graphic (2012)
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

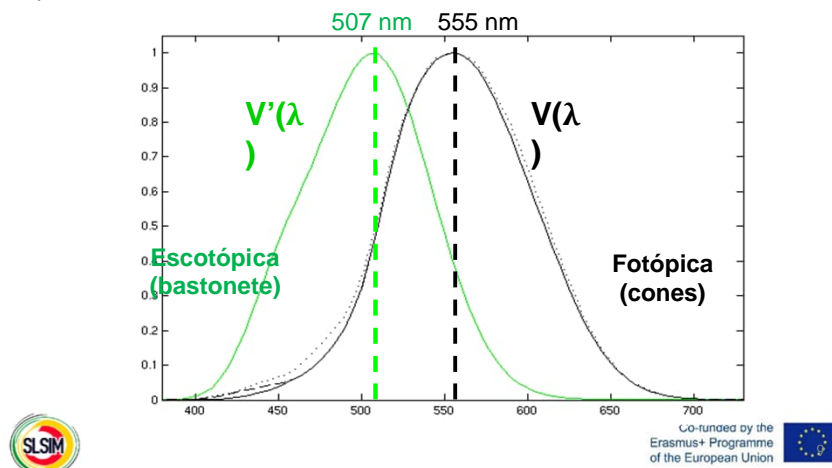


8

Luz, cor e olho humano

Resposta agregada dos cones - $V(\lambda)$

Resposta dos bastonetes - $V'(\lambda)$



9

Luz, cor e olho humano

É por isso que vemos melhor quando a luz é amarela do que quando é vermelha ou azul e que não conseguimos ver se a luz estiver na gama IR ou UV.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



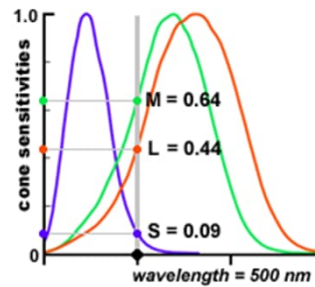
10

Luz, cor e olho humano

A percepção da cor depende da resposta de diferentes tipos de cones

Luz a 550 nm:

- Resposta dos cones **S** com 0,09
- Resposta dos cones **M** com 0,64
- Resposta dos cones **L** com 0,44
- A luz seria percebida como verde.



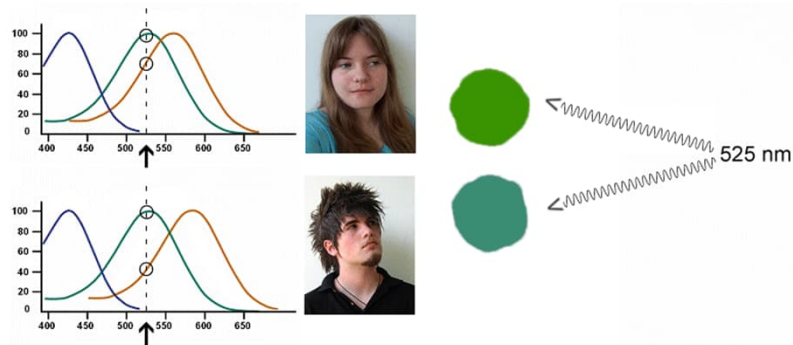
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



11

Luz, cor e olho humano

A percepção da cor depende também de cada indivíduo e do seu sistema nervoso



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

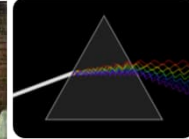


12

História da cromática

Isaac Newton (1642-1727)

- A luz é composta por partículas coloridas, que se combinam para parecerem brancas
- Introduziu o termo “espectro de cores”.
- Dividir o espectro de cores em sete: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, índigo e violeta
- O olho humano não consegue perceber os componentes da luz mista.
- Primeira teoria da cor



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



13

História da cromática

Wunsch – 1792

- Quatro das sete cores primárias de Newton são combinações de outras três
- início da teoria tricromática moderna

Thomas Young – 1801

- Sobre a teoria da luz e das cores
 - A luz pode ser pensada como ondas
 - 3 receptores na retina - respostas a diferentes comprimentos de onda

Helmholtz e depois Ewald Hering-produzem - 1850/1920 teorias diferentes



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

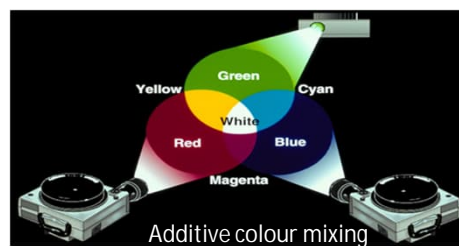


14

Mistura de cores

Mistura de cores aditivas

- Cores primárias > Vermelho, Verde, Azul
- As outras cores obtêm-se através da mistura das primárias
- As cores primárias misturam-se para criar o branco



© IES

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

15

Mistura de cores aditivas

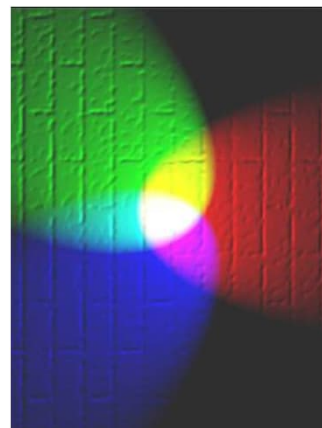
vermelho+azul=magenta

azul+verde=ciano

vermelho+verde=amarelo

red+green+blue=branco

A mistura de luz é chamada mistura aditiva, a mistura é sempre mais “brilhante” do que os componentes porque adicionamos luz

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

16

Mistura de cores

Mistura de cores substractivas

- Cores primárias > Magenta, ciano, amarelo
- A adição destas três primárias não resulta numa experiência de cor.



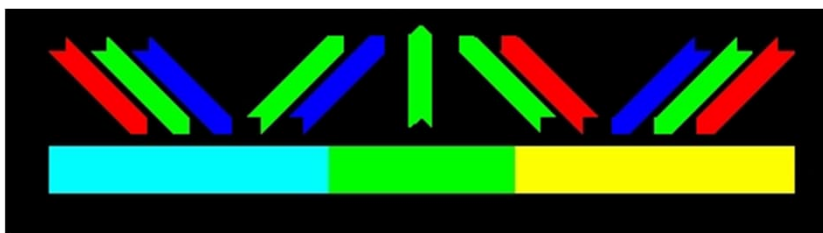
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



17

Mistura de cores substractivas

O pigmento ciano reflecte a luz verde e azul e o amarelo reflecte o verde e o vermelho. Misturados entre si, reflectem apenas a luz verde.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

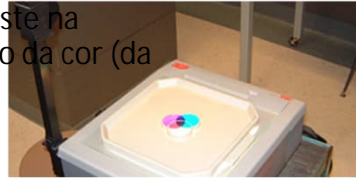


18

Mistura de cores substractivas

A mistura substractiva de cores consiste na mistura de pigmentos e na subtração da cor (da luz).

amarelo+ciano=verde
 ciano+magenta=azul
 magenta+amarelo=vermelho
 amarelo+ciano+magenta= preto



A mistura é sempre "mais escura" que os componentes porque "subtraímos" a luz



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



19

Mistura de cores substractivas

O processo de impressão a cores utiliza a mistura substractiva de cores.

É necessário utilizar pelo menos três cores primárias: ciano, amarelo e magenta. Na maioria dos casos, é acrescentada uma quarta cor, o preto.



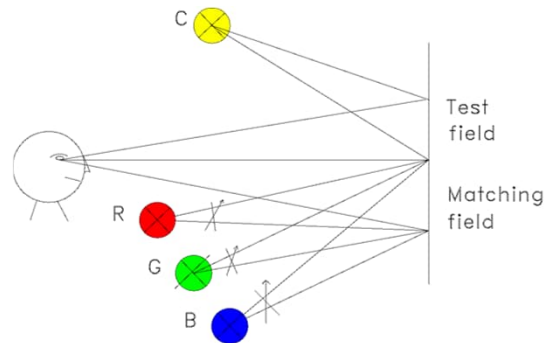
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



20

Colorimetria CIE

A colorimetria CIE é a metrologia do estímulo psicofísico da cor, que se baseia na mistura aditiva de cores



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



21

Leis de Grassmann

As leis empíricas básicas da mistura aditiva de cores foram formuladas em 1853 por H. G. Grassmann

- Para especificar uma correspondência de cores, são necessárias e suficientes três variáveis independentes
- Para misturas aditivas de estímulos de cor, apenas os seus valores tristimulares são relevantes, não a sua composição espectral
- Em misturas aditivas de estímulos de cor, se um ou mais componentes forem gradualmente alterados, os valores tristimulares resultantes também se alteram gradualmente



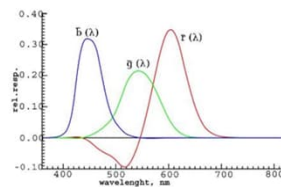
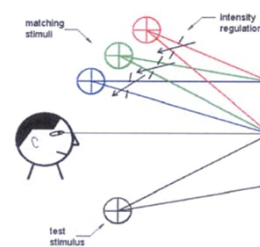
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



22

Modelos matemáticos antigos

- W.D. Wright, J. Guild e D. Judd efectuaram uma série de testes de correspondência de cores no início dos anos 20
- Com base nos seus resultados, foi definido um observador padrão
- O modelo CIE 1931 foi baseado nestes resultados.



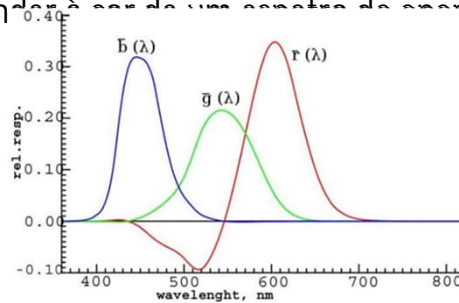
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



23

Modelos matemáticos antigos

- As funções de correspondência de cores são os valores correspondentes a estímulos monocromáticos de igual potência radiante
- A adição de quantidades unitárias das 3 primárias deve corresponder à cor de uma espectro de energia igual



CIE 1931 RGB Colour matching functions



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



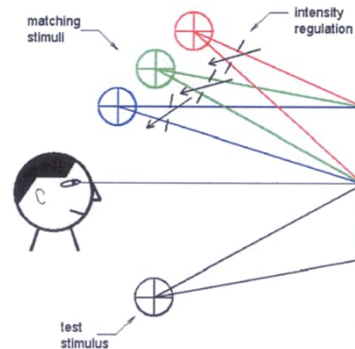
24

Valores tristimulares

Quantidades dos três estímulos correspondentes, num determinado sistema tricromático, necessárias para fazer corresponder o estímulo considerado

$$[C] = R[R] + G[G] + B[B]$$

onde [C] é o estímulo de cor desconhecido, [R], [G], [B] são as primárias e R, G, B são as quantidades de cada primária necessárias para corresponder a uma determinada cor.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



25

Valores tristimulares

$$\bar{r}(\lambda), \bar{g}(\lambda), \bar{b}(\lambda)$$

Se representar a função de correspondência de cores (CMF), então, para qualquer cor de radiância $S(\lambda)$ ou $P(\lambda)$, o valor tristimular do espaço RGB é dado por

$$R = K \int_{380}^{770} \bar{r}(\lambda) S(\lambda) d\lambda$$

$$G = K \int_{380}^{770} \bar{g}(\lambda) S(\lambda) d\lambda$$

$$B = K \int_{380}^{770} \bar{b}(\lambda) S(\lambda) d\lambda$$

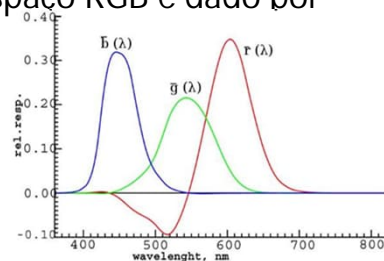


Fig. CIE 1931 RGB Colour matching functions (CIE Colorimetry 2006)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



26

O sistema CIE 1931 XYZ

A CIE introduziu em 1931 um novo sistema com estímulos de referência não físicos X, Y e Z: CIE 1931 Standard Colorimetric Observer

- Os valores tristimulares de cada cor real são positivos
- Apenas um valor (Y) é utilizado para descrever a informação fotométrica (luminância)
- Se se misturar uma unidade de cada estímulo de referência (X= Y= Z), obtém-se uma unidade de branco de igual energia.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



27

O sistema CIE 1931 XYZ

X, Y e Z podem ser calculados a partir dos valores R, G e B por transformação linear

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.768\,892 & 1.751\,748 & 1.130\,160 \\ 1.000\,000 & 4.590\,700 & 0.060\,100 \\ 0 & 0.056\,508 & 5.594\,292 \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

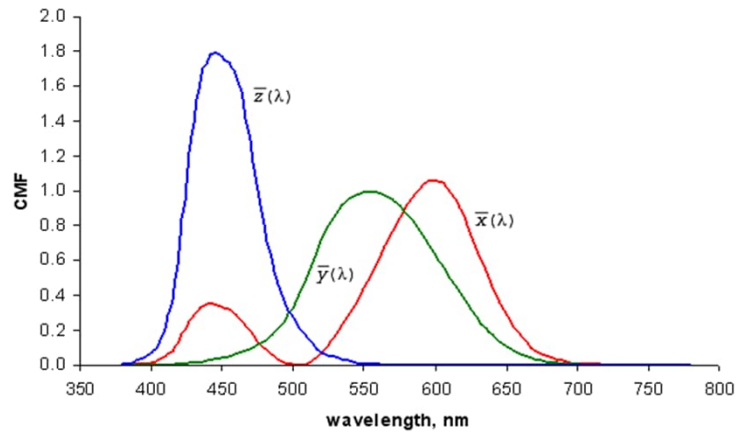


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



28

Observador CIE 1931 2° CMF



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



29

O sistema CIE 1931 XYZ

No sistema tricromático CIE XYZ, os valores tristimulares são definidos como:

$$X = K \int_{380}^{770} \phi_{\lambda}(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \quad Y = K \int_{380}^{770} \phi_{\lambda}(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = K \int_{380}^{770} \phi_{\lambda}(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

onde, $\phi_{\lambda}(\lambda)$ é a função de estímulo cromático da luz vista pelo observador ou a distribuição espectral do estímulo luminoso, k é uma constante de normalização, e $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ são as funções de correspondência de cores (CMF) do observador padrão CIE 1931



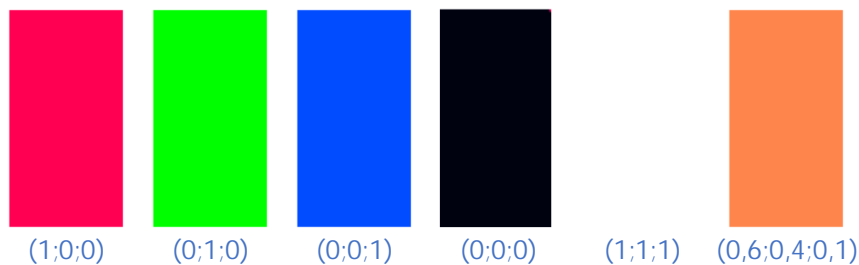
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



30

O sistema CIE 1931 XYZ

As cores podem, portanto, ser representadas por uma combinação de valores tristimulares (X; Y; Z)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



31

Coordenadas de cromaticidade

Os valores tristimulares XYZ são úteis para definir um estímulo de cor, mas não são tão fáceis de utilizar e visualizar na prática.

As coordenadas de cromaticidade são utilizadas para facilitar a interpretação e a visualização

As coordenadas são rácios de cada valor tristimulus em relação à sua soma



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



32

Coordenadas de cromaticidade

Para um valor tristimular $\vec{c} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$, as coordenadas de cromaticidade x , y e z são definidas do seguinte modo

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

$$x + y + z = 1$$

A localização da cor é definida pelas coordenadas de cromaticidade x e y .



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

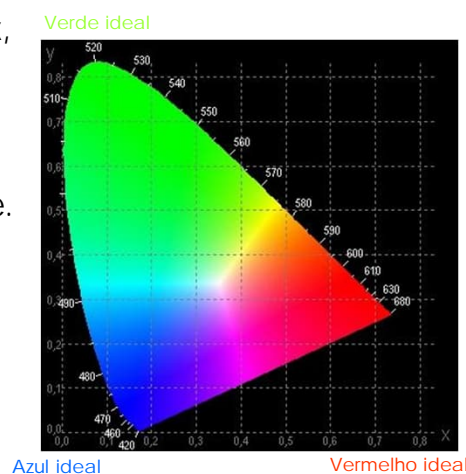


33

Diagrama de Cromaticidade CIE

Traçando as coordenadas x , y da cromaticidade num sistema de coordenadas rectangulares, obtém-se o diagrama de cromaticidade.

Faz parte do espaço de cor CIE xyY , em que o parâmetro Y é (também) uma medida do brilho ou luminância da cor



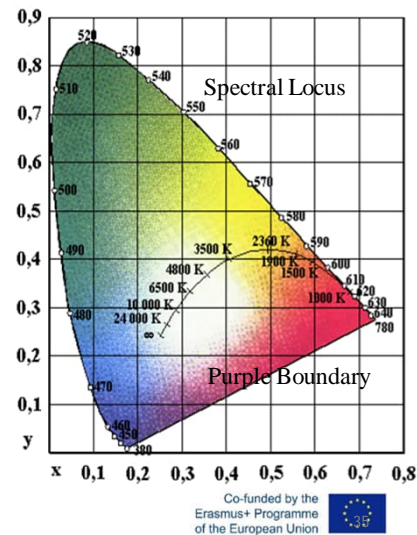
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



34

Diagrama de Cromaticidade CIE

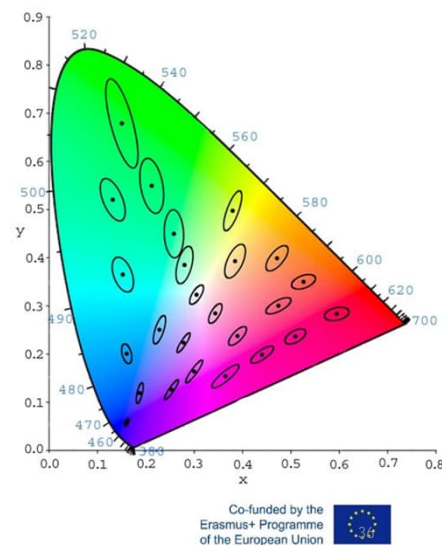
- Todas as cores reais estão dentro da área definida pelo locus espectral e pela fronteira púrpura.
- As cores espectrais estão no lugar geométrico (limite).
- R, G e B encontram-se no locus espectral.
- A cor espectral pura não pode ser obtida através da mistura de cores primárias X, Y e Z não se encontram no locus espectral.



35

Elipse de Macadame

- Em 1942, David MacAdam mostrou a diferença de cores em diferentes áreas do diagrama de cromaticidade CIE x,y em forma elíptica
- As cores na elipse são indistinguíveis, para olhos humanos normais, da cor no centro da elipse
- Isto mostra que o diagrama de cromaticidade CIE x, y não é uniforme



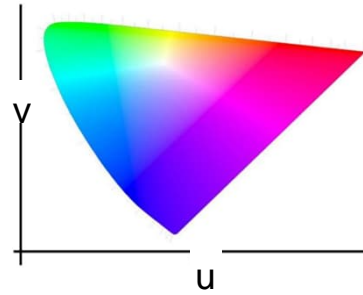
36

Diagramas de cromaticidade melhorados

Diagrama de cromaticidade CIE 1960 (diagrama de cromaticidade CIE u, v)

$$u = \frac{4X}{X+15Y+3Z} = \frac{4x}{-x+12y+3z}$$

$$v = \frac{6Y}{X+15Y+3Z} = \frac{6y}{-2x+12y+3}$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



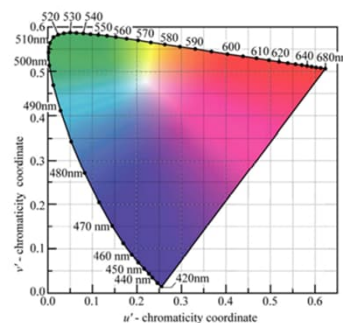
37

Diagramas de cromaticidade melhorados

Diagrama da escala cromática uniforme (UCS) CIE 1974

$$u' = \frac{4X}{X+15Y+3Z} ; v' = \frac{9Y}{X+15Y+3Z}$$

$$u' = \frac{4x}{-2x+12y+3} ; v' = \frac{9y}{-2x+12y+3}$$

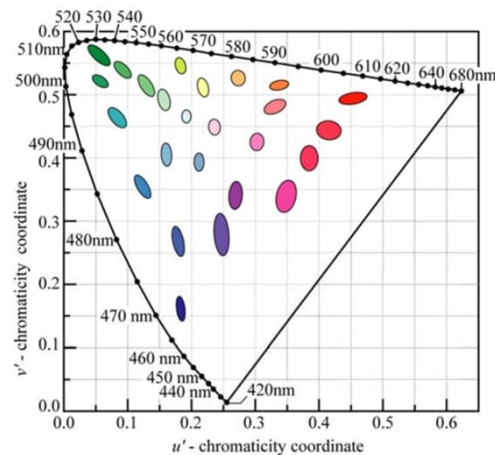


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



38

Elipses de MacAdam em CIE 1976 Diagrama de cromaticidade



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



39

Iluminantes padrão CIE

Os iluminantes CIE são representações numéricas da distribuição da potência espectral de diferentes tipos de fontes de luz branca

- *Iluminante padrão CIE A: Um iluminante com a mesma distribuição de potência espectral relativa que um radiador Planckiano a uma temperatura de 2856 K*
- *Iluminante padrão CIE D65: Um iluminante que representa uma fase da luz do dia com uma temperatura de cor correlacionada de aproximadamente 6500 K*



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



40

Illuminantes padrão CIE

- Iluminante padrão CIE A (incandescente)
- Iluminante padrão CIE D65 (luz do dia média)
- Iluminante CIE B (luz solar direta)
- Iluminante CIE C (luz do dia média - atualmente obsoleta)
- Além disso, a CIE publicou SPDs de alguns outros iluminantes que representam lâmpadas fluorescentes (FL).
 - FL 1 a 6 para lâmpadas fluorescentes normais,
 - FL 7 a 9 para as lâmpadas fluorescentes de banda larga e
 - FL 10-12 para as lâmpadas fluorescentes de banda estreita

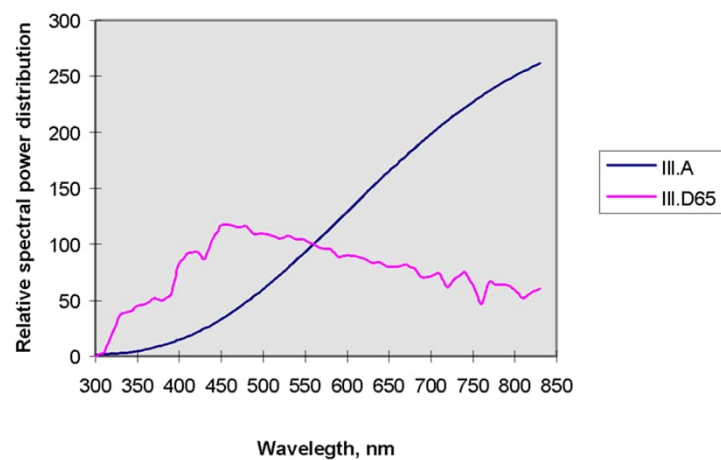


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



41

Illuminantes padrão CIE

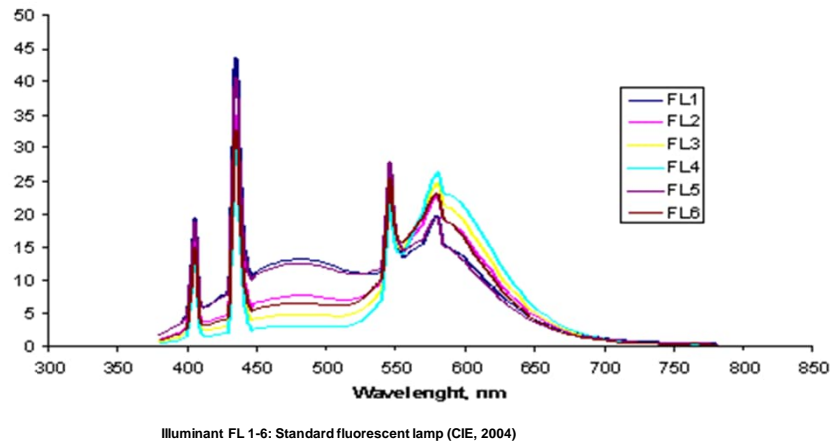


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



42

Illuminantes padrão CIE

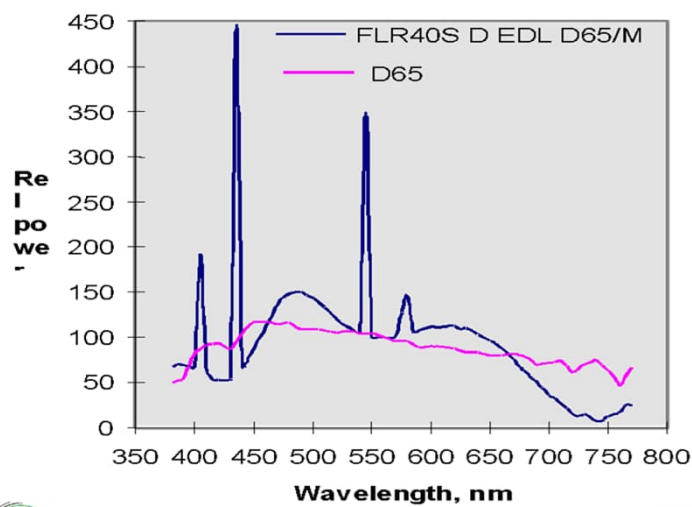


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



43

Simulador CIE D65



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



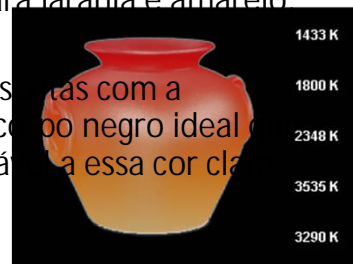
44

Temperatura de cor

A cor da luz das fontes de luz térmicas pode ser descrita pela sua temperatura.

Se o objecto (metálico) for aquecido, começa a emitir energia sob a forma de luz visível. Primeiro vermelho escuro, depois a sua cor passa para laranja e amarelo para branco e finalmente azul.

Algumas das cores podem ser descritas com a temperatura de um radiador de corpo negro ideal que irradia luz de tonalidade comparável a essa cor clara.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

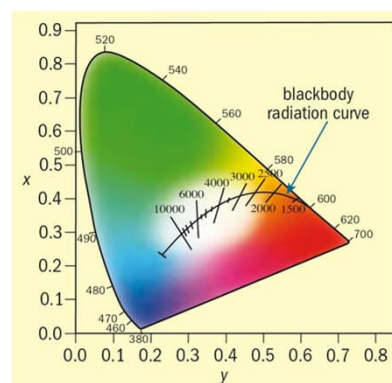


45

Temperatura de cor

Apenas as cores num "locus Planckiano" (cores de fontes de luz térmicas) podem ser descritas com a temperatura de cor.

Para as fontes de luz não térmicas, é utilizada a temperatura de cor correlacionada (CCT), que é a temperatura do radiador de Planckian cuja cor é percebida mais semelhante à de uma determinada fonte de luz.



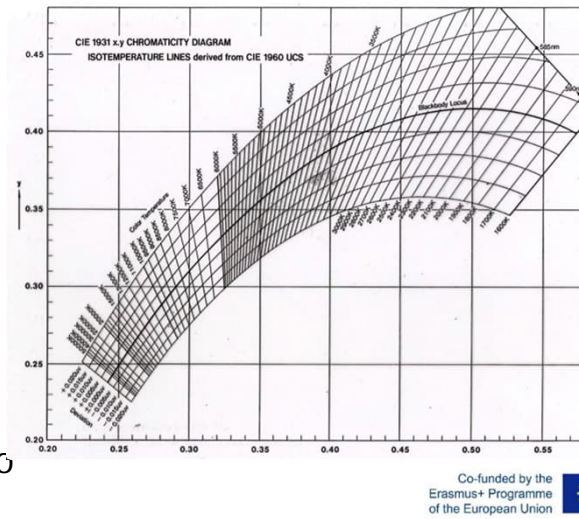
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



46

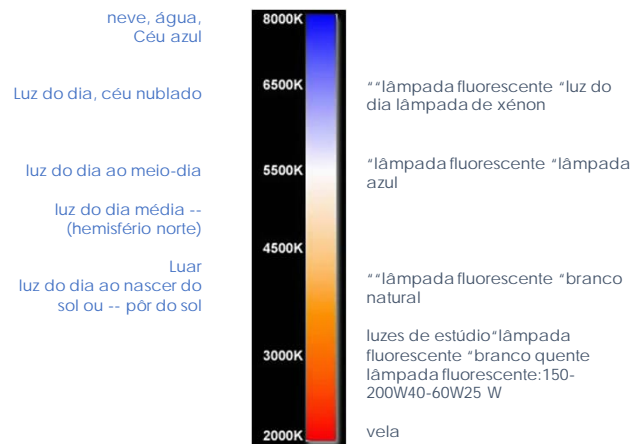
Temperatura de cor

Para determinar a temperatura de cor correlacionada, são utilizadas linhas de iso-temperatura que atravessam o locus do corpo negro.



47

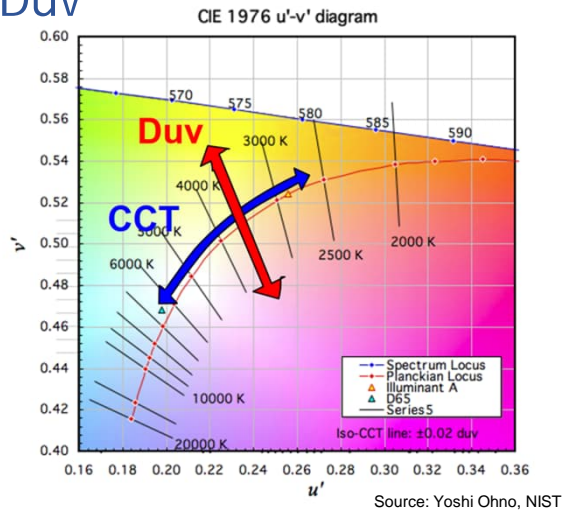
Temperatura de cor



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

48

Temperatura de cor correlacionada (CCT) e Duv



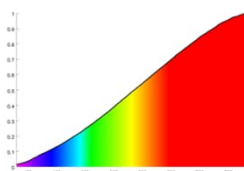
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



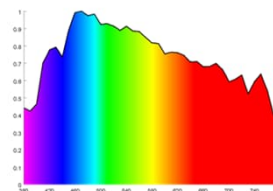
49

Adaptação cromática

O sistema visual humano pode adaptar-se às mudanças de iluminação para preservar a aparência das cores dos objectos



uma cena fotográfica



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

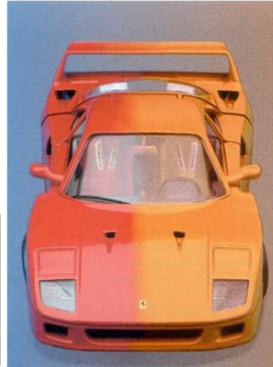
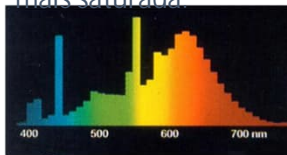


50

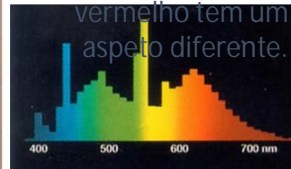
Índice de reprodução de cores

A percepção da cor (dos objectos) depende também do espectro da fonte de luz.

Sob uma fonte de luz com espectro vermelho acentuado, a cor vermelha parece mais saturada.



Se o espectro de frequência da fonte de luz for diferente (menos vermelho, mais verde), o objeto vermelho tem um aspeto diferente.

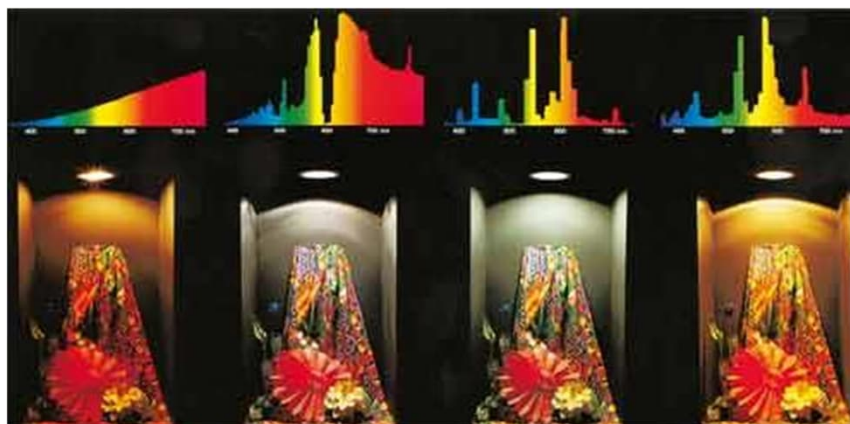


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



51

Índice de reprodução de cores



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



52

Índice de restituição de cor CIE (CRI)

É uma medida quantitativa da capacidade de uma fonte de luz reproduzir fielmente as cores de vários objectos em comparação com uma fonte de luz ideal ou natural.

Sob uma fonte de luz com uma classificação $R_a = 100$, todas as cores têm a mesma aparência - ótima - que sob a fonte de luz de referência.

Quanto mais baixo for o índice R_a , mais fraca será a reprodução das cores da superfície dos objectos iluminados.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



53

Índice de restituição de cor CIE (CRI)

Definição CIE de restituição de cores Efeito de um iluminante na aparência da cor dos objectos por comparação consciente ou subconsciente com a aparência da sua cor sob um iluminante de referência colour difference

- CCT da fonte de ensaio $< 5000\text{ K}$ \Rightarrow radiadores planckianos
- CCT da fonte de ensaio $> 5000\text{ K}$ \Rightarrow fase da luz do dia



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

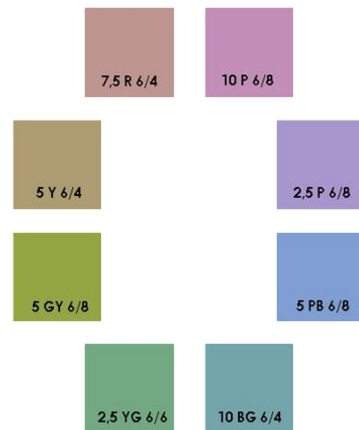


54

Índice de restituição de cor CIE (CRI)

Para determinar os valores R_a das fontes de luz, oito amostras de cores de teste definidas, normalmente encontradas no ambiente, são iluminadas sob a fonte de luz de referência ($R_a = 100$) e depois sob a fonte que está a ser avaliada.

Quanto maior for a diferença na aparência das cores de teste apresentadas, mais fracas são as propriedades de reprodução de cores da fonte de luz em análise.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



55

Índice CIE de restituição de cores (CRI) - Amostras de cores de teste

- Para avaliar as propriedades de restituição de cor de uma fonte de luz, é necessário um conjunto normalizado de amostras de cores de superfície
- A CIE selecionou oito cores Munsell, que cobrem todo o círculo cromático
- Todas as amostras de cor têm o mesmo valor e a mesma saturação. Estas oito cores Munsell são utilizadas quando se calcula o índice geral de restituição de cores
- Além disso, a CIE especifica seis amostras adicionais que podem ter interesse em determinadas aplicações



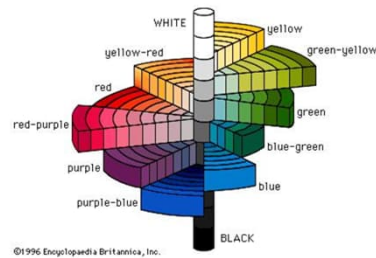
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



56

O sistema de cores Munsell

- Espaço de cor que descreve 3 dimensões de cor: matiz, valor e croma
- Matiz; 5 cores principais - 5 cores intermédias e divididas noutros 10 intervalos - 10 subconjuntos
- Valor: distingue uma cor clara de uma escura. Representa o nível de cinzento da cor e varia entre o branco e o preto
- Croma: representa a "pureza" de uma cor



©1996 Encyclopaedia Britannica, Inc.

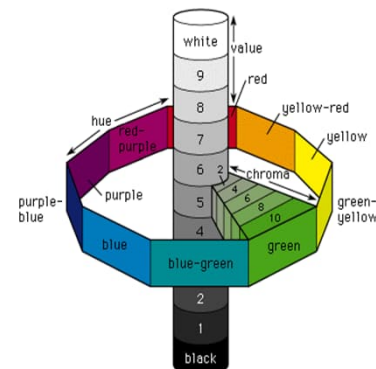
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



57

O sistema de cores Munsell

- O valor é dado numa escala que vai de 0 (preto ideal) a 10 (branco ideal).
- Na prática, os valores 0 e 10 não podem ser realizados. Assim, no sólido de cor existem apenas nove valores (1-9).
- O croma pode ter um valor de 0 a 20, em que o valor 0 significa acromatismo completo. O valor máximo possível de croma depende da tonalidade.



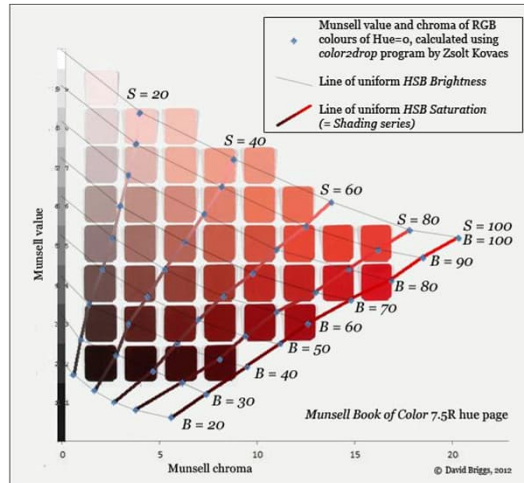
©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



58

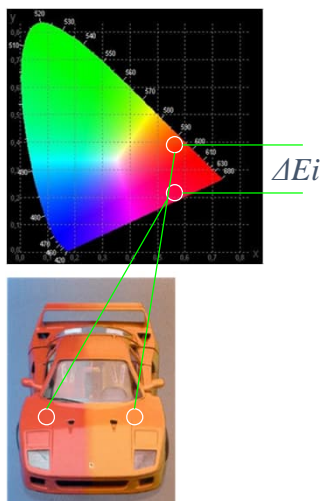
O sistema de cores Munsell



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

59

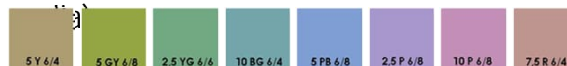
Índice de restituição de cor CIE (CRI)



$$R_i = 100 - 4.6 \Delta E_i$$

$$Ra = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 R_i$$

A fonte de luz de referência tem o mesmo CCT que a fonte de ensaio. Até 5000 K, é utilizada uma fonte radiante de corpo negro e, para CCT mais elevados, é utilizada uma fonte D (luz do



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

60



Co-funded by
the European Union

Propriedades ópticas dos materiais

1

Conteúdos

- Interação da luz com a matéria
- Reflexão, transmissão e absorção
- Interferência, difração e polarização
- Controlo da luz com reflectores e refractores
- Seleção de materiais ópticos para controlo da luz



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



2

Interação da luz com a matéria

- A interação dos fótons com os materiais dá origem a alguns fenómenos interessantes:
- Os fótons cedem a sua energia ao material (absorção)
- Os fótons cedem a sua energia, mas os fótons de energia idêntica são imediatamente emitidos pelo material (reflexão)
- Os fótons não interagem com o material (transmissão)
- Os fótons alteram a sua velocidade durante a transmissão (refração)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



3

Interação da luz com a matéria

Vários materiais podem ser classificados com base na sua interação com a luz visível:

- Transparentes: materiais que são capazes de transmitir luz com relativamente pouca reflexão e absorção de luz
- Translúcidos: materiais através dos quais a luz é transmitida de forma difusa (a luz é dispersa no interior, resultando em objectos não claramente distinguíveis quando vistos através deles)
- Opacos: materiais que não permitem a transmissão de qualquer luz



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



4

Aproximação do raio de luz

A ótica geométrica (ótica de raios) é um modelo que descreve a propagação da luz como raios

- Os raios são linhas rectas perpendiculares às frentes de onda
- A onda que se move através de um meio viaja em linha reta na direção dos seus raios
- Não é útil para a compreensão de algumas propriedades ópticas, como a difração, a interferência e a polarização

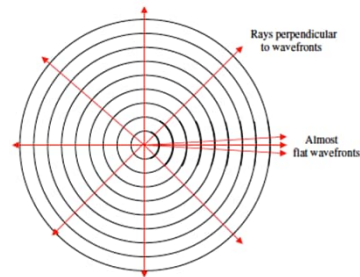


Image: <https://phys.libretexts.org/>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



5

Compreensão dos efeitos ópticos

Óptica geométrica (de raios)

- Reflexão
- Refração
- Transmissão
- Absorção

Óptica física (ondulatória)

- Interferência
- Difração
- Polarização



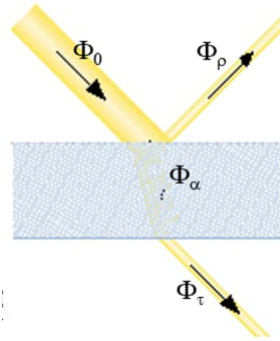
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



6

Reflexão, transmissão e absorção

Quando um feixe de luz atinge um objeto, parte da luz é reflectida, parte é transmitida através do objeto e parte é absorvida pelo material, dependendo das propriedades do material envolvido



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



7

Reflectividade

- A reflectividade é uma propriedade ótica de um material, que descreve a quantidade de luz reflectida pelo material em relação a uma quantidade de luz incidente
- Numa superfície lisa / polida, a reflexão é especular (direta). Numa superfície rugosa/volume de dispersão, a reflexão é difusa (dispersa)
- A reflectividade depende das propriedades e do estado do material, da direção da luz e também do comprimento de onda da luz (reflexão selectiva)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



8

Transmissividade

- A transmissividade é uma propriedade ótica de um material, que descreve a quantidade de luz transmitida através do material em relação a uma quantidade de luz incidente no material
- Nos materiais transparentes, a transmissão é especular (direta). Nos materiais translúcidos, a transmissão é difusa.
- A transmissividade depende das propriedades e do estado do material, da direção da luz e também do comprimento de onda da luz.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



9

Absorção

- A absorvência é uma propriedade ótica de um material, que descreve a quantidade de luz absorvida pelo material em relação a uma quantidade de luz incidente.
- A absorção de luz ocorre em materiais opacos na sua superfície e em materiais semi-transparentes na superfície e no interior do material.
- A absorvência depende das propriedades e do estado do material, da direção da luz e também do comprimento de onda da luz.



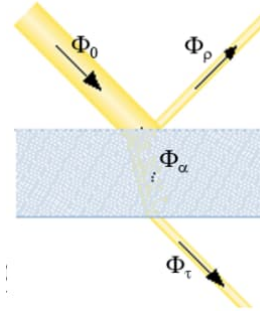
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



10

Reflexão, transmissão e absorção

Reflectância $\rho = \frac{\Phi_{\rho}}{\Phi_0}$
 Transmitância $\tau = \frac{\Phi_{\tau}}{\Phi_0}$
 Absorvência $\alpha = \frac{\Phi_{\alpha}}{\Phi_0} = \frac{\Phi_0 - (\Phi_{\rho} + \Phi_{\tau})}{\Phi_0}$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



11

Reflexão, transmissão e absorção

$$\begin{aligned}
 \Phi_0 &= \Phi_{\rho} + \Phi_{\alpha} + \Phi_{\tau} \\
 &= \rho\Phi_0 + \alpha\Phi_0 + \tau\Phi_0 \\
 &= \Phi_0(\rho + \alpha + \tau)
 \end{aligned}
 \qquad
 \rho + \alpha + \tau = 1$$

Materias	ρ	α	τ
Vidro transparente	6 - 8 %	2 - 4 %	90 - 92 %
Vidro prismático	5 - 20 %	5 - 10 %	70 - 90 %
Plástico (branco, opaco)	30 - 60 %	10 - 20 %	40 - 60 %



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

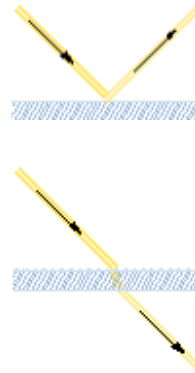


12

Reflexão e transmissão - Especular

A reflexão especular é a reflexão espelhada da luz a partir de uma superfície lisa/polida do meio (seguindo a lei da reflexão).

Na transmissão especular, a luz é transmitida de acordo com a lei de Snell.



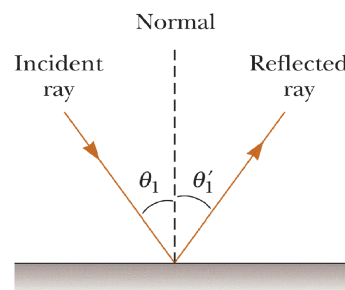
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



13

Lei da Reflexão

O ângulo entre o raio incidente e a normal (uma linha perpendicular à superfície) é igual ao ângulo entre o raio refletido e a normal.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

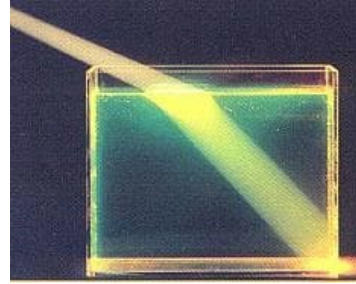


14

Refração da luz

A refração é a curvatura da luz quando esta atravessa a fronteira de dois meios.

O grau de curvatura da luz depende dos índices de refração dos dois meios.



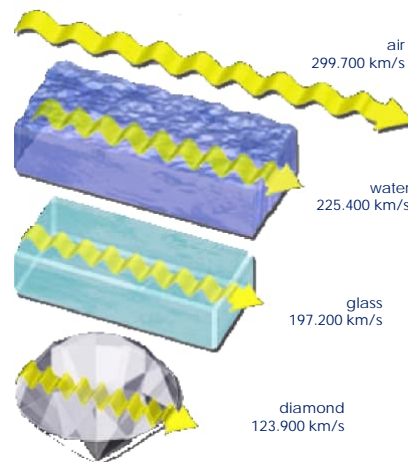
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



15

Índice de refração

A relação entre a velocidade da luz no vácuo e no meio dá o índice de refração. A velocidade da luz depende das propriedades do meio.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



16

Índice de refração

$$n = \frac{c}{v}$$

c ... speed of light in vacuum
 v ... speed of light in medium

Ar	1,0003
Água	1,33
Glicerina	1,47
Óleo	1,515
Vidro	1,52
Quartzo	1,66
Silicato de zircónio	1,92
Diamante	2,42
Sulfureto de chumbo	3,91

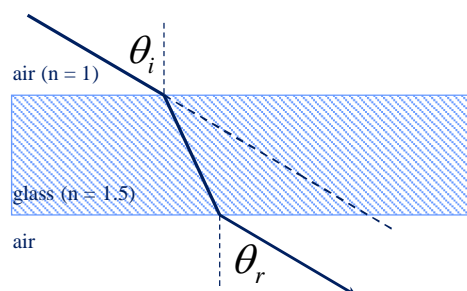


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



17

Refração da luz - Lei de Snell



A lei de Snell descreve a relação entre o ângulo de incidência, o ângulo de refração e o índice de refração

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$$

onde

n_1 = índice de refração do primeiro meio,

θ_i = ângulo que o raio de luz incidente forma com a normal à superfície,

n_2 = índice de refração do segundo meio,

θ_r = ângulo que o raio de luz refractado forma com a normal à superfície



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

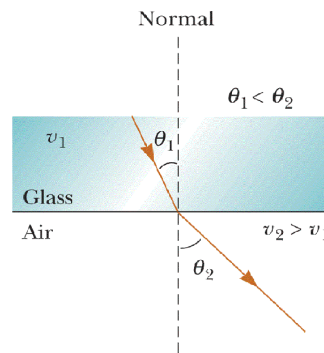
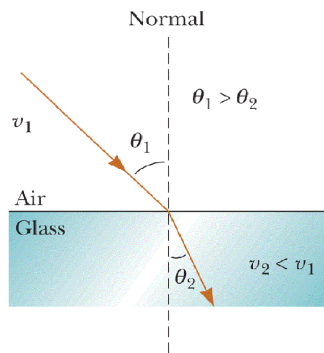


18

Refração da luz - Lei de Snell

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$$

n ... índice de refração



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



19

Refração da luz - Ângulo crítico

- A lei de Snell mostra que a luz que viaja de um material com um índice de refração mais elevado para outro com um índice de refração mais baixo, a luz refractada desvia-se da normal.
- Se o ângulo de incidência continuar a aumentar, chega-se a um ângulo (chamado ângulo crítico) em que a luz é refractada ao longo da fronteira entre os materiais, em vez de passar através da fronteira.
- Ou seja, o ângulo crítico é o ângulo de incidência que produz um ângulo de refração de 90° .



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



20

Refração da luz - Ângulo crítico

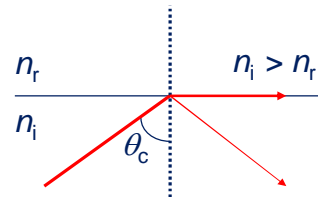
De Snell,

$$n_i \sin \theta_c = n_r \sin 90^\circ$$

Já que $\sin 90^\circ = 1$, temos

$n_i \sin \theta_c = n_r$ eo ângulo crítico é

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_r}{n_i}$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



21

Reflexão interna total

Se o ângulo de incidência exceder o ângulo crítico, o raio é completamente refletido e não entra no novo meio.

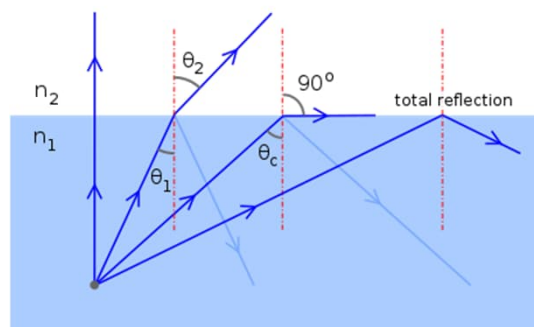


Image: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ReflexionTotal_en.svg



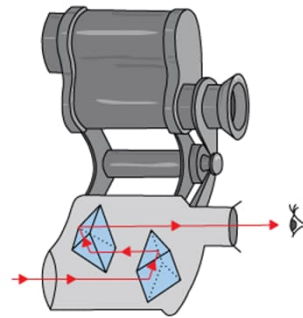
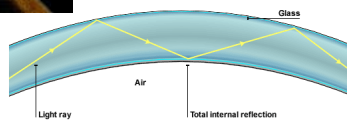
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



22

Reflexão interna total

A reflexão interna total é utilizada em muitos domínios da tecnologia para refletir a luz (quase) sem perdas



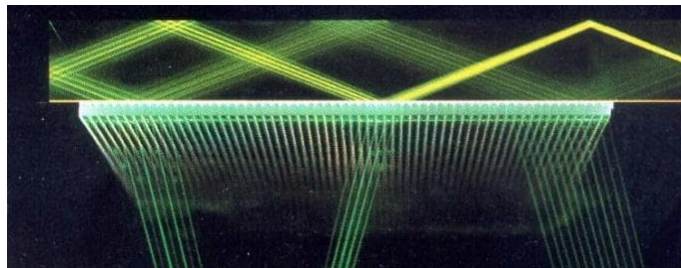
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



23

Reflexão interna total

Utilizamos a reflexão interna total também na iluminação para produzir luminárias com grandes áreas com luminância uniforme.



Exemplo de tecnologia ELDACON (Siteco)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



24

Reflexão e Transmissão - Difusa

Na reflexão difusa e na transmissão difusa, a luz é difusamente espalhada de acordo com a lei de Lambert.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



25

Superfícies difusas

Quando a luz incide sobre uma superfície rugosa, a luz é reflectida ou transmitida em muitas direcções diferentes ao mesmo tempo, o que se designa por difusão. Uma superfície difusa reflectora ou transmissora é designada por Lambertian ou superfície difusa.

Um modelo comum para a reflexão difusa é a reflexão Lambertiana, em que a luz é reflectida de acordo com a lei dos cossenos $d \propto \cos \theta$.



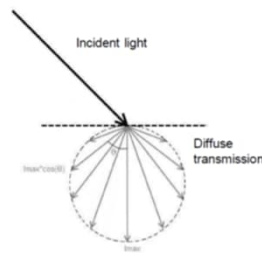
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



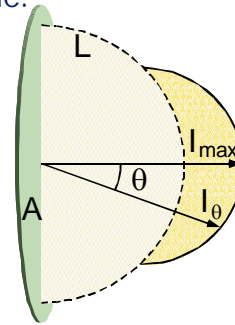
26

Lei dos cossenos de Lambert

A lei do cosseno de Lambert diz que a potência radiante total numa dada direção, irradiada ou reflectida por uma superfície "lambertiana", varia como o cosseno do ângulo entre essa direção e a normal à superfície.



$$I_{\theta} = I_{\max} \cos \theta$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

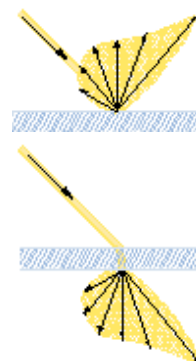


27

Reflexão e Transmissão - Espalhamento (dispersão)

A reflexão difusa e a transmissão difusa são combinações de "especular" e "difuso"

Na realidade, a maior parte das vezes a reflexão e a transmissão são do tipo difuso.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



28

Reflexão e Transmissão - Espalhamento (dispersão)

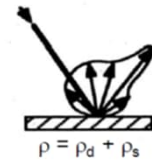
A reflexão e a transmissão difusa podem ser divididas nas suas componentes especular e difusa:

Reflectância de dispersão

$$\rho = \rho_d + \rho_s$$

Transmitância de propagação

$$\tau = \tau_d + \tau_s$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



29

Coeficiente de reflexão normal (reflectância)

A luz que passa de um meio para outro com um índice de refração diferente, se o ângulo de incidência da luz for normal (perpendicular) à interface,

Reflectância = $\frac{(n_2 - n_1)^2}{(n_2 + n_1)^2}$, em que n_1 e n_2 são os índices de refração dos dois meios

Por exemplo, vácuo para diamante,,

$$\text{Reflectância} = \frac{(2.42 - 1)^2}{(2.42 + 1)^2} = 0,17$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



30

Absorção de luz

Quando a luz se propaga através de um meio, parte da sua energia é "absorvida" pelo meio.

A energia é transformada noutras formas como: heat

- radiação com outro comprimento de onda,
- energia eléctrica ou
- energia química.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



31

Absorção de luz

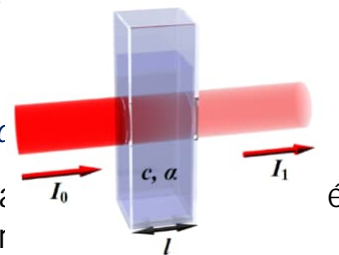
Quando a luz se propaga através de um meio homogéneo, a sua intensidade diminui exponencialmente:

I_0 = intensidade inicial,

α = coeficiente de absorção ($f(\lambda)$),

l = distância que a luz percorre através c

É possível que α tenha um valor negativo (amplificada (laser), mas temos de for



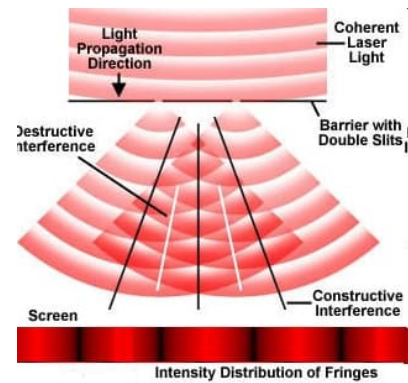
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



32

Óptica ondulatória: Interferência da luz

A interferência é a adição de duas ondas correlacionadas ou coerentes (de luz) que resulta num novo padrão de onda. As ondas coerentes provêm da mesma fonte ou têm a mesma ou quase a mesma frequência.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



33

Óptica ondulatória: Interferência da luz

- A interferência construtiva ocorre quando a amplitude resultante das ondas formadas pelas ondas iniciais é amplificada
- A interferência destrutiva ocorre quando a resultante da amplitude é menor do que a original
- A interferência é utilizada em aplicações muito especiais, como medições, e não na iluminação geral

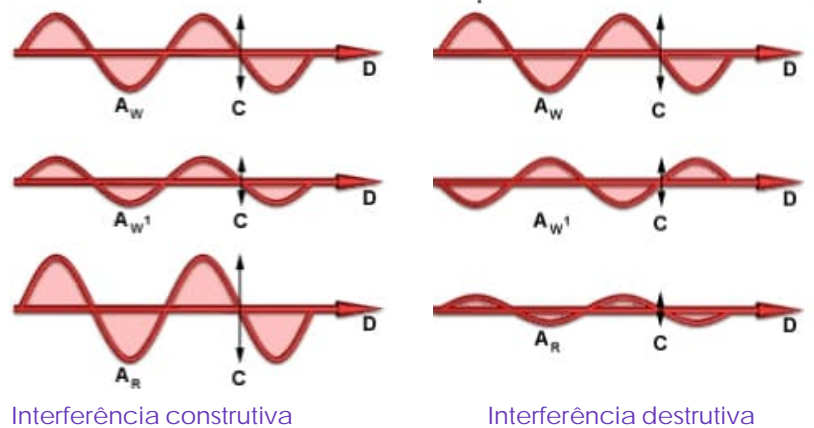


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



34

Óptica ondulatória: Interferência da luz



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



35

Óptica ondulatória: Difração da luz

- A difração é a curvatura das ondas em torno de pequenos obstáculos e o espalhamento das ondas para além de pequenas aberturas
- Isto acontece quando o comprimento de onda da luz é comparável ao tamanho da abertura
- A grelha de difração (estrutura periódica) é utilizada na separação e medição de cores



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

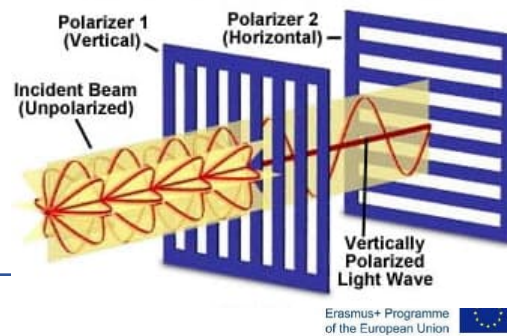


36

Óptica ondulatória: Polarização da luz

Quando a luz atravessa a substância ou é reflectida a partir dela, pode tornar-se polarizada.

A luz polarizada oscila apenas numa direcção.

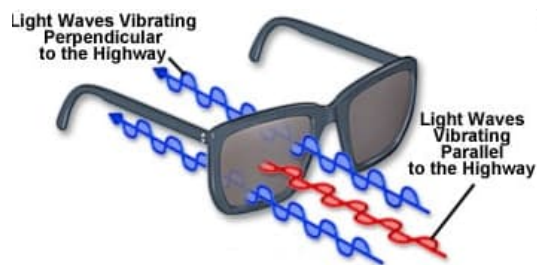


Erasmus+ Programme of the European Union

37

Óptica ondulatória: Polarização da luz

A luz reflectida da estrada é polarizada no plano horizontal (paralelo à estrada), pelo que não passa através dos óculos de sol polarizados verticalmente e, assim, o encandeamento é reduzido.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

38

Óptica ondulatória: Dispersão da luz

Para além da refração, o princípio de Snell também estabelece que a velocidade da luz nos materiais também depende do seu comprimento de onda

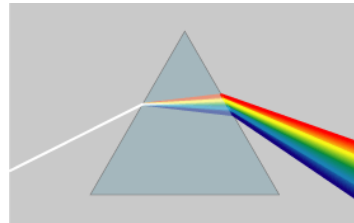


Image: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prism_rainbow_schema.png

Este fenómeno é designado por dispersão, que é a refração da luz em função do seu comprimento de onda



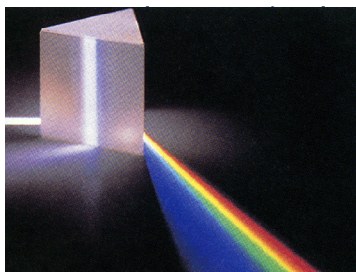
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



39

Óptica ondulatória: Dispersão da luz

SOs comprimentos de onda mais curtos têm índices de refração mais elevados do que os comprimentos de onda mais longos (ex: $n_{\text{violet}} > n_{\text{red}}$), pelo que o ângulo de dispersão dos comprimentos de onda mais curtos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



40

Controlo da luz - Reflectores

- Um refletor concentra a saída de luz da lâmpada na área a ser iluminada
- A precisão do redireccionamento é tanto maior quanto mais especular for a superfície do refletor.
- Também pode ser utilizado para aumentar a intensidade da luz num plano ou objeto
- Para difundir a luz com a fonte normalmente escondida da vista direta
- Para concentrar a luzTipos: esférico, parabólico, elíptico, compacto, etc.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



41

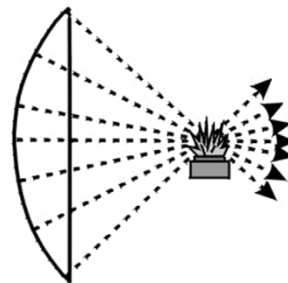
Reflectores esféricos (Espelhos)

Os reflectores esféricos reflectem a luz diretamente para o ponto focal (fonte de luz se estiver no centro da esfera)

Ao combinar a luz emitida e reflectida, aumenta a intensidade da fonte de luz

Superfícies polidas e espelhadas utilizadas no refletor

Útil em spot, luminárias de lavagem, projectores de feixe (secundários)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

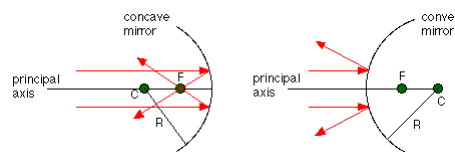


42

Reflectores esféricos (espelhos)

O espelho esférico é uma secção da esfera onde:

- C (centro de curvatura) corresponde ao ponto central da esfera
- R (raio de curvatura) corresponde ao raio da esfera
- F é o ponto focal, que se situa a meio caminho entre o centro C e a superfície do refletor esférico.
- f (distância focal) é a distância entre a superfície do refletor e o ponto focal (ou seja, $f = R/2$)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



43

Reflectores esféricos (Espelhos)

- Os raios de luz incidentes cuja trajetória é paralela ao eixo principal do espelho reflectem-se na superfície do espelho côncavo e atravessam o ponto focal (F).
- Os raios incidentes que passam pelo centro de curvatura (C) serão reflectidos ao longo da mesma trajetória.
- Os raios de luz incidentes que passam pelo ponto focal serão reflectidos paralelamente ao longo do eixo principal do



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

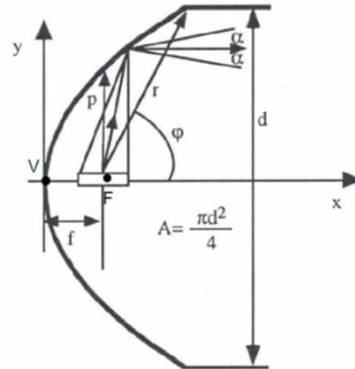


44

Reflectores parabólicos

- Forma mais utilizada dos reflectores, em particular os reflectores parabólicos circulares e cilíndricos
- Os raios paralelos que entram num espelho parabólico são focados no ponto focal a uma distância f do vértice (V) no eixo de simetria.
- A equação básica da parábola é

$$y^2 = 4fx$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



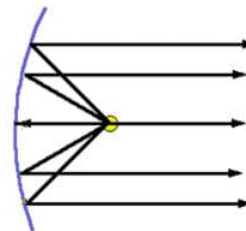
45

Reflectores parabólicos

Os raios luminosos que partem do ponto focal (F) e se reflectem na superfície do espelho percorrem a trajetória paralela ao eixo.

A intensidade luminosa máxima do reflector parabólico é $I_{h,\max} = \rho LA$, onde:

- ρ - o índice de reflexão direcional
- L - a luminância da fonte
- A - a área projectada do espelho



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

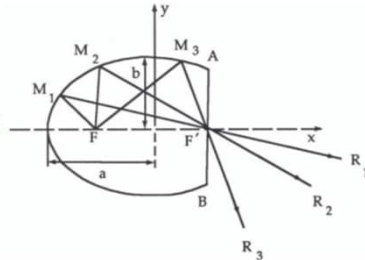


46

Reflectores elípticos

- O segundo perfil geométrico mais utilizado nos reflectores é a elipse.
- Todos os raios de luz emitidos pelo ponto focal F são reflectidos para o segundo ponto focal F'
- Um dos meios mais eficientes de concentrar a luz num determinado local. Utilização principal: projectores
- A equação da elipse é dada por,

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



47

Reflectores compostos

- Refletor com mais do que uma forma principal ao longo da sua superfície
- Utilizado para criar uma grande variedade de distribuições de luz
- Reflectores adaptados a fontes de luz individuais
- Os programas informáticos de conceção são utilizados para otimizar a superfície do refletor e a posição da fonte de luz para obter a distribuição de feixe desejada e uma elevada eficiência.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

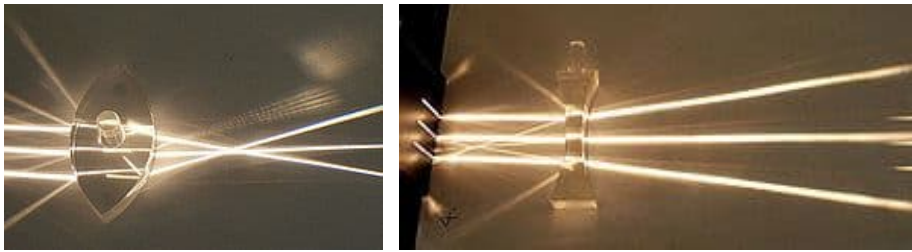


48

Refração da luz: Lentes

Tipos de lentes simples:

- Lente convexa (ou seja, lente convergente)
- Lente côncava (ou seja, lente divergente)



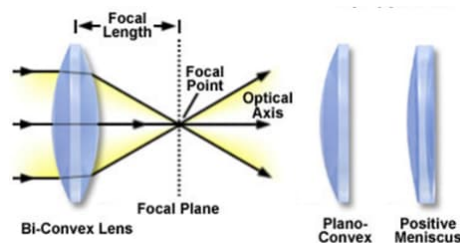
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



49

Lente convexa

- A lente convexa é também conhecida como lente positiva, convergente ou colimadora
- Os raios de luz que passam através da lente convergem para um ponto (ou seja, ponto focal) localizado na parte da frente da lente, no eixo



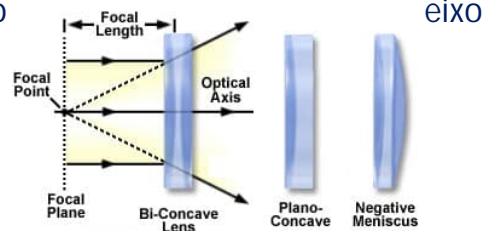
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



50

Lente côncava

- A lente côncava é também conhecida como lente negativa ou divergente
- A trajetória dos raios de luz que passam através da lente convergem para um ponto (ou seja, ponto focal) localizado



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



51

Lente de forma livre

- A lente de forma livre não se baseia na simetria e é maioritariamente feita de plástico
- A lente pode ser concebida de modo a que a luz seja distribuída numa direção desejada de forma quase arbitrária
- A óptica LED utilizada na iluminação de estradas é uma das aplicações mais comuns das lentes de forma livre



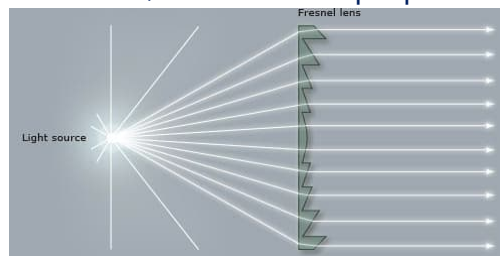
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



52

Lente de Fresnel

- A lente de Fresnel deve o seu nome ao físico e engenheiro Augustin Fresnel (1788-1827).
- A lente é, de facto, uma lente plano-convexa em que partes da superfície convexa foram removidas para reduzir o peso e o custo, mantendo as propriedades ópticas da lente.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

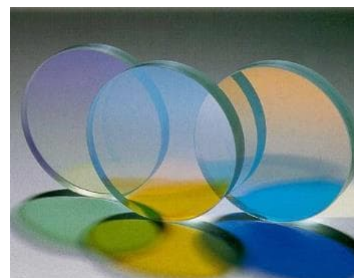


53

Seleção de materiais ópticos

A escolha do material ótico deve ter em conta várias propriedades do material, tais como...

- Propriedades ópticas
- Propriedades mecânicas
- Caracterização química
- Propriedades térmicas
- Facilidade de manuseamento
- Preço



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



54

Materiais ópticos para lentes

Os materiais mais comuns utilizados para as lentes são: Glass

- Quartoz
- Plásticos
- Materiais resistentes ao calor
- Material resistente a UV/IR
 - Silício, germânio
 - Diferentes cristais



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



55

Material óptico - Vidro

- Existem mais de 100 tipos de materiais de vidro disponíveis
- A gama de ondas de transmissão espectral é de 330-2500 nm
- Fraca resistência aos choques
- Fraca resistência aos gradientes térmicos
- A resistência química depende do vidro
- Boa resistência mecânica
- Fabricantes:
 - Por exemplo, Schott, Ohara, Hoya



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



56

Material óptico - Quartzo

- Gama de transmissão espectral: 170 - 4000 nm
- Mecanicamente é mais resistente do que o vidro
- Quimicamente é mais resistente do que o vidro
- Boa resistência térmica (resiste a temperaturas superiores a 1000 C)
- Pequeno coeficiente de dilatação térmica (resiste a fortes gradientes térmicos)
- Muitas qualidades diferentes: Por exemplo:
 - Quartzo fundido / Sílica



Image: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quartz_Tibet.jpg



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



57

Material óptico - Plástico

- Os tipos mais comuns são
 - Polycarbonato (PC)
 - Polimetilmetacrilato (PMMA)
- À temperatura ambiente, o PC pode ser dobrado, mas o PMMA não pode ser dobrado
- Boas características de resistência ao calor
- Boa transmissão de luz - o PC tem melhor transmissão do que muitos vidros
- Boa capacidade de bloquear a radiação UV, resistente à luz UV
- Baixo efeito de desvanecimento

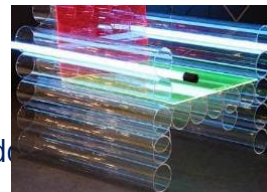


Image: Kronberger 4



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

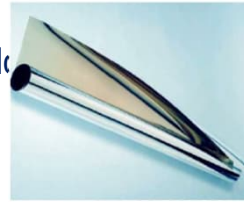


58

Material óptico - Película fina

A película fina de alumínio + película de proteção é a superfície de espelho mais comum:

- Para vidro, metal, plástico e superfícies curvas
- Requer um manuseamento cuidadoso
- Reflete abaixo de 200 nm
- Boa disponibilidade



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



59

Material óptico - Película fina

Película fina de ouro:

- Para vidro, metal, plástico
- Melhor material refletor de IV a partir de aprox. 700 nm
- O revestimento de proteção enfraquece as propriedades ópticas
- Suave, não tolera tratamento
- Longa duração em boas condições ambientais
- Preço razoável



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



60

Material óptico - Espelhos metálicos

- A qualidade ótica de alguns metais pode ser melhorada. A superfície ótica pode ser obtida por maquinagem ou polimento separadamente.
- A superfície metálica brilhante pode ser revestida galvanicamente ou por evaporação em vácuo de alguns metais.
- Os reflectores de luminárias são optimizados através da dobragem de chapas de metal.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union





Co-funded by
the European Union

Aspectos Visuais e não visuais da luz

1

Conteúdo

- Vias visuais e não visuais e fotorreceptores
- Aspectos visuais da luz
- Aspectos não visuais da luz



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



2

Efeitos visuais e não visuais da luz

MENTE

SAÚDE

VISÃO

EMOÇÕES

SENTIMENTO

HUMOR

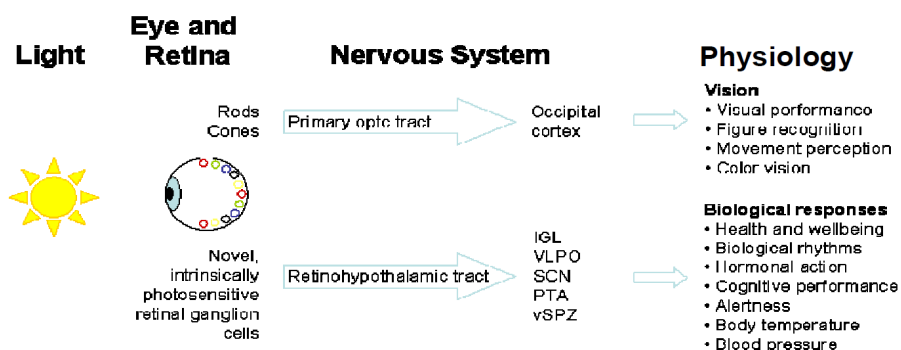


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



3

Vias visuais e não visuais



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

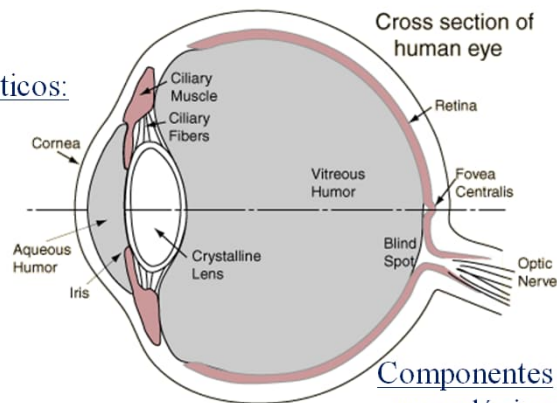


4

Olho humano

Componentes óticos:

- córnea
- lente
- pupilo
- corpo vítreo



Componentes neurológicos

- retina
- nervo óptico

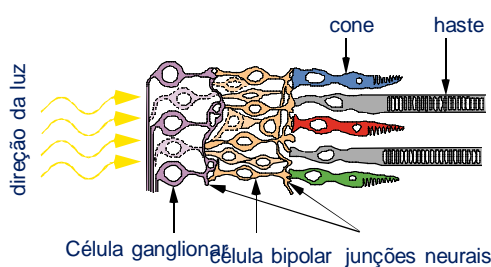


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



5

Retina



Existem aproximadamente 7 milhões de cones e 123 milhões de bastonetes na retina. Os cones são ativos em condições fotópicas e os bastonetes em condições escotópicas. Existem três tipos de cones, que são designados por sensíveis ao azul, ao verde e ao vermelho. Na visão dos bastonetes as cores não são percebidas.

As células ganglionares fotossensíveis (ipRGCs) são o terceiro fotorreceptor e são responsáveis pela resposta a luz não relacionada com a imagem.

A luz penetra através das camadas da retina até aos fotorreceptores de bastonetes e dos cones, que geram os sinais neurais que prosseguem através das células bipolares e ganglionares até ao nervo ótico e ao cérebro.

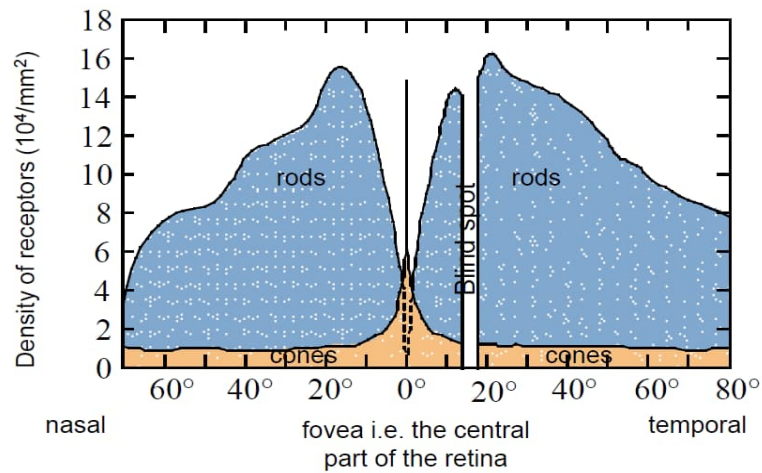


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



6

Distribuição de bastonetes e cones



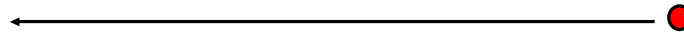
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



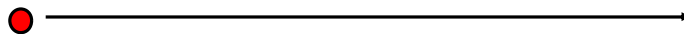
7

Localizando o ângulo morto

Localize o ângulo morto do olho direito: tape o olho esquerdo



Localize o ângulo morto do olho esquerdo: tape o olho direito



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

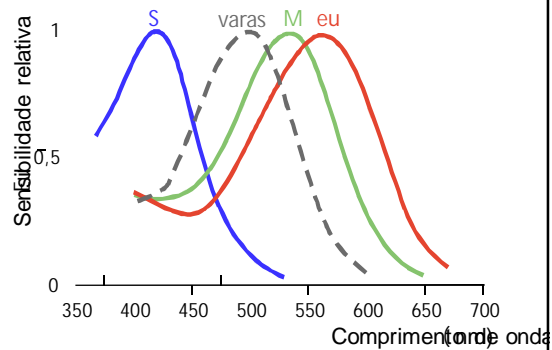


8

Fotorreceptores na retina

Existem três tipos de cones para a visão fotópica (luz brilhante)

Os bastonetes são responsáveis pela visão escotópica (com pouca luz)



Curto, médio e longo prazo
cones e bastonetes
sensíveis ao comprimento de onda



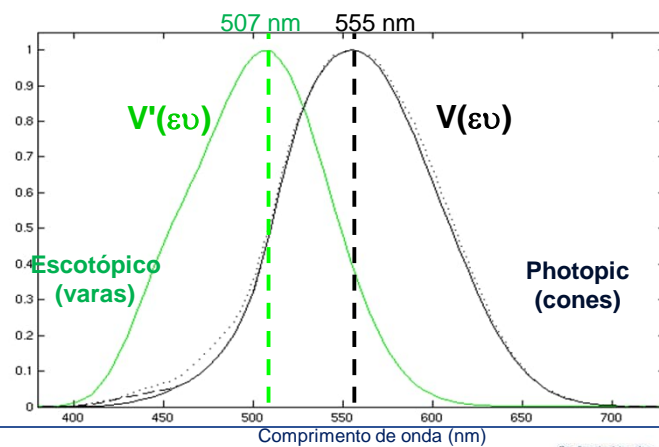
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



9

Sensibilidade espectral do olho humano

Resposta agregada dos cones - $V(\lambda)$
Resposta das hastes - $V'(\lambda)$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



10

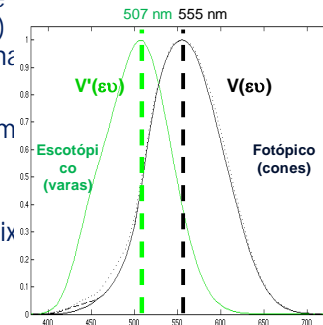
$V(\lambda)$ e $V'(\lambda)$

Estão mostradas as duas curvas de sensibilidade espectral relativa, a $V(\lambda)$ curva, para **fotópico** (dia) visão e a $V'(\lambda)$ curva para **escotópico** visão (nocturna).

A curva fotópica é aplicável para luminâncias acima de 5 cd/m².

A curva escotópica é válida para luminâncias abaixo de 0,005 cd/m².

Entre estes dois valores, ocorre uma mistura das duas curvas de resposta espectral, denominada **mesópico** visão.

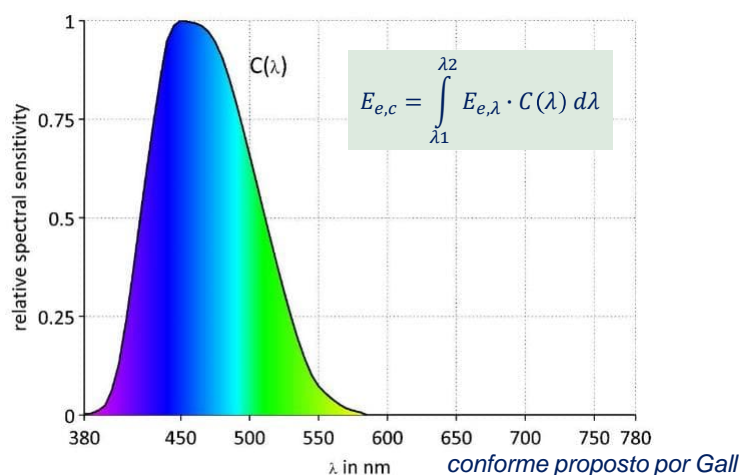


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



11

Sensibilidade espectral do ipRGC



Gall, D. & Bleske, K. Definição de medição de circadiano radiométrico quantidades. Em Procedimentos do simpósio CIE 2004 sobre Luz e Saúde: Não-visual efeitos, Viena, Áustria. Viena: Comissão Internacional de Iluminação. S. 129-132



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



12

Aspectos visuais da luz



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



13

Visão fotópica, mesópica e escotópica

$V'(\text{ευ})$ (est. 1951)
ESCOTÓPICO
varas



$0,005 \text{ cd/m}^2 \lesssim$

$V_{\text{eu}}(\text{ευ})$ (est. 2010)
MESÓPICO
bastonetes e cones

região de luminância mesópica

$V(\text{ευ})$ (est. 1924)
FOTÓPICO
cones



$\lesssim 5 \text{ cd/m}^2$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

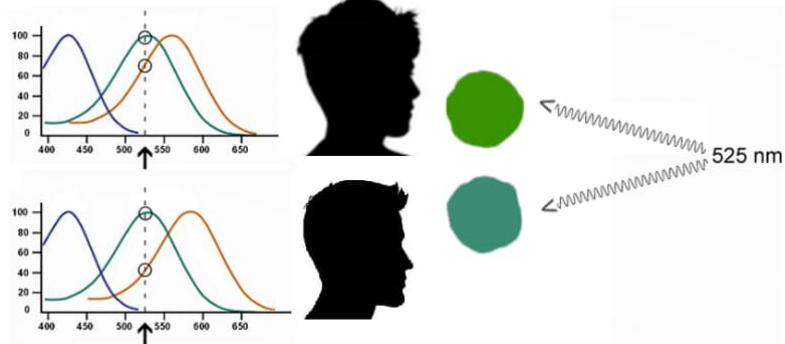


14

Visão/perceção das cores

A percepção da cor depende da resposta dos diferentes tipos de cones

Mas a cor percebida depende também de cada indivíduo e do seu sistema nervoso.

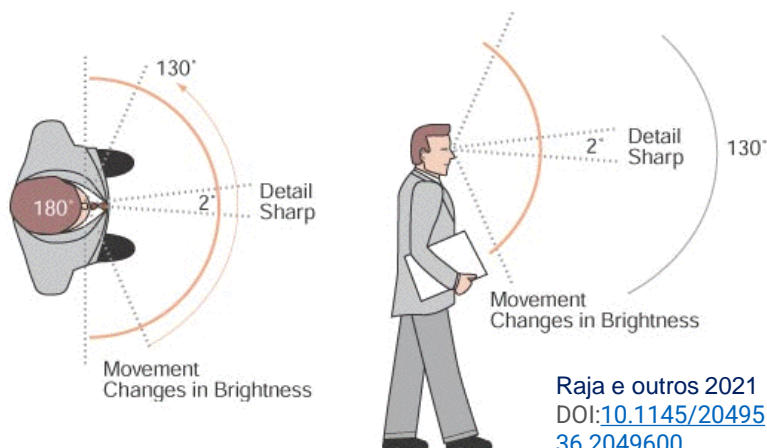


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



15

Campo de visão (campo visual)



Raja e outros 2021
DOI:[10.1145/2049536.2049600](https://doi.org/10.1145/2049536.2049600)

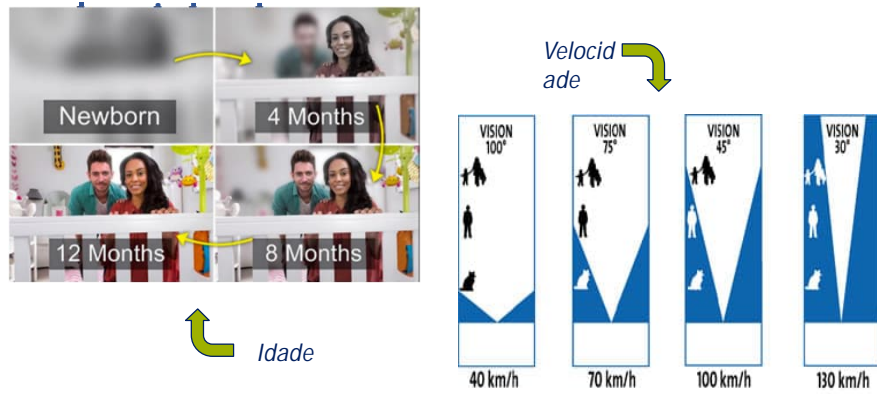


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



16

Dependência do campo visual em função da idade e da



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



17

Funcionamento do olho - visão

O olho humano distingue o seguinte:

- diferença de brilho
- diferença de cor
- forma
- movimentos ou moções
- distância

Mas apenas se houver luz suficiente. Quanto melhores forem as condições de iluminação, melhor será o desempenho do olho.



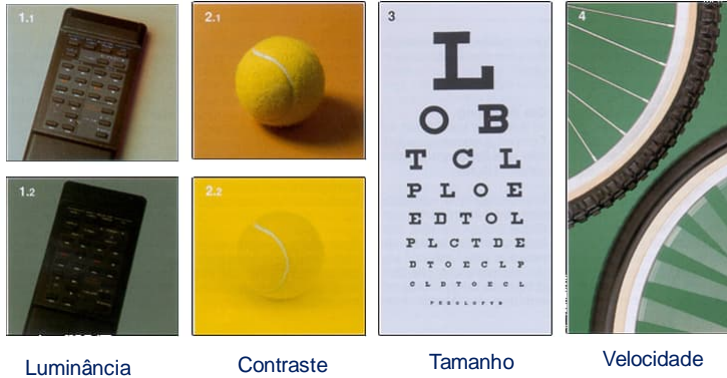
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



18

Funcionamento do olho - visão

Quatro requisitos mínimos precisam de ser cumpridos para permitir a percepção visual!



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

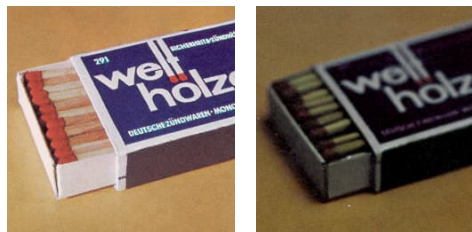


19

Mínimoluminância

Luminância mínima dos objetos observados e envolvente

Os objetos que podem ser facilmente identificados em detalhe durante o dia tornam-se indistintos ao crepúsculo e deixam de ser perceptíveis no escuro.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



20

Contraste mínimo

em brilho ou cor



Mesma cor, mas contraste de luminância.



Mesma luminância, mas contraste de cores.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



21

Tamanho mínimo

Os objetos precisam de ser de
um *tamanho mínimo!*

Os objetos precisam de ser de um *tamanho mínimo!*

Os objetos precisam de ser de um *tamanho mínimo!*

Os objetos precisam de ser de um *tamanho mínimo!*

Os objetos precisam de ser de um *tamanho mínimo!*

Os objetos precisam de ser de um *tamanho mínimo!*

Os objetos precisam de ser de um *tamanho mínimo!*

Os objetos precisam de ser de um *tamanho mínimo!*

Os objetos precisam de ser de um *tamanho mínimo!*

Os objetos precisam de ser de um *tamanho mínimo!*

Os objetos precisam de ser de um *tamanho mínimo!*

Os objetos precisam de ser de um *tamanho mínimo!*



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



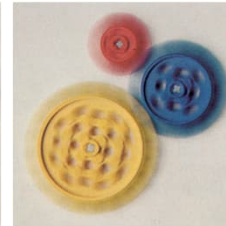
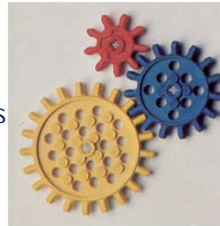
22

Tempo mínimo

Tempo mínimo de adaptação:
os olhos necessitam de tempo
para se adaptarem à luminância
do ambiente.



Tempo mínimo de observação:
as rodas a girar lentamente
podem ser vistas em detalhe, mas
ficam desfocadas quando giram a
velocidades mais elevadas.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



23

Percepção visual

O que vemos (percebemos) nem sempre
é o mesmo que os nossos olhos vêem.

A percepção é o processo de obtenção de
consciência ou compreensão de
informação sensorial. O que alguém
percebe é o resultado de interações
entre experiências passadas, incluindo a
cultura de cada um, e a interpretação
do percebido.



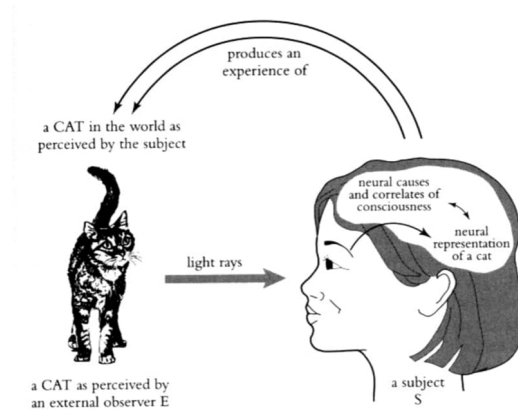
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



24

Percepção visual

A percepção visual é uma função cognitiva de alto nível.



Velmans2017
DOI:[10.1002/978119132363.ch25](https://doi.org/10.1002/978119132363.ch25)



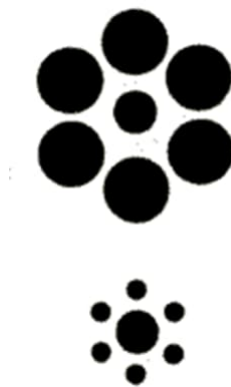
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



25

Percepção visual

Os pontos do meio têm o mesmo tamanho?



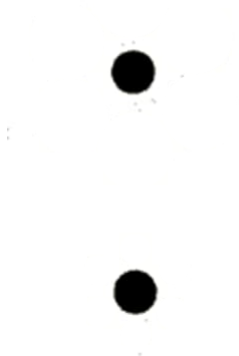
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



26

Percepção visual

Estes dois pontos são do mesmo tamanho?

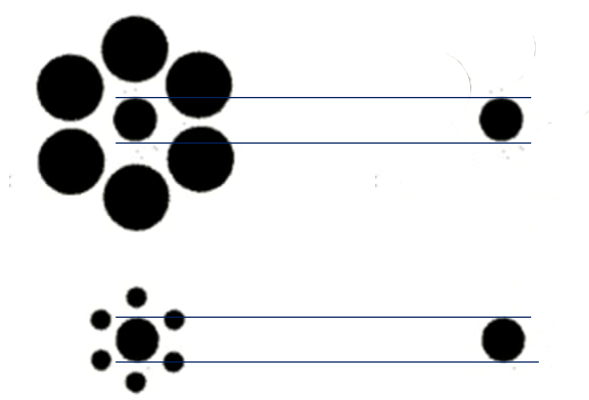


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



27

Percepção visual



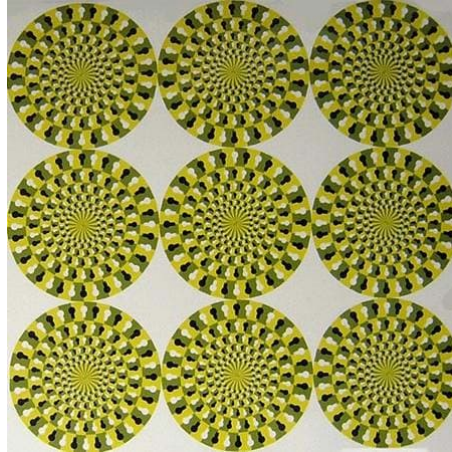
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



28

Percepção visual

Qual destas rodas
está a rodar para a
esquerda e qual para
a direita?



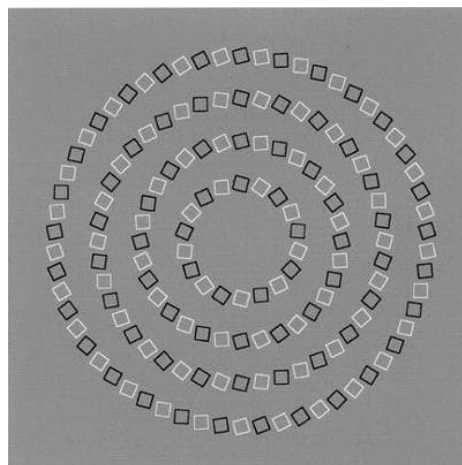
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



29

Percepção visual

Espiraís ou...?



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



30

Pconstância perceptiva

Existem vários tipos de constâncias perceptivas na percepção visual:

constância da forma,
constância de tamanho,
constância da cor,
constância de leveza,
constância da distância,
constância de localização.



Constância de cor significa perceber uma cor como "constante sob condições variáveis de iluminação" e é a realização de um "cálculo" muito complicado por um aparelho que trabalha inconscientemente dentro do nosso sistema nervoso central.



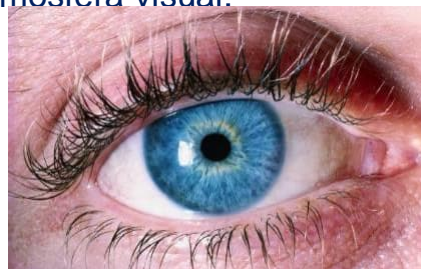
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



31

Ambiente luminoso

Boa luz(indo) pode trazer maior produtividade, qualidade e segurança. Os componentes da qualidade da iluminação são determinados pelo desempenho visual, pelo conforto visual e pela atmosfera visual.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



32

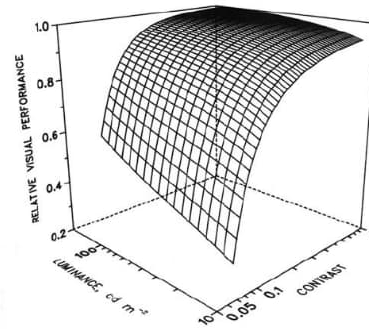
Desempenho Visual (VP)

VP = Precisão x Velocidade

Pode ser medido como % de erro para uma população durante a execução de uma tarefa.

A VP depende de

- Nível de luminância
- Contrastes espaciais e temporais da luminância
- adaptação ao escuro
- tamanho angular do detalhe
- organização gráfica de tarefas
- qualidade da luz
- espectro
- polarização
- anormalidades permanentes ou temporárias da visão
- Aprendizagem
- Evolução individual



(Modelo RVP, M.Rea1986)



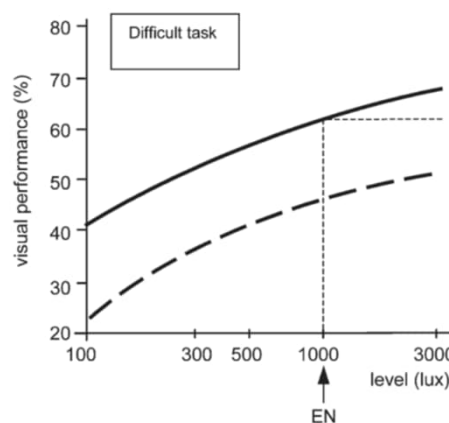
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



33

Desempenho Visual

Relação entre o desempenho visual relativo (em %) e o nível de iluminação (em lux).
Linha contínua: jovens;
linha tracejada: pessoas mais velhas (Guia CIE sobre interior iluminação, 1986).



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



34

Conforto Visual

- O desconforto visual pode resultar em cansaço precoce, olhos vermelhos, comichão/dor nos olhos, lacrimejo, dor de cabeça, enxaqueca, desconforto gastrointestinal, alterações de postura que resultam em dor no pescoço/costas, etc.
- O desconforto visual ocorre se os requisitos de iluminação para o desempenho da tarefa visual não forem cumpridos.
- As outras causas de desconforto visual são:
 - Elevado nível de ruído visual
 - Cintilação (alteração do nível de luz perceptível ou detetável sem percepção)
 - Brilho (muita luz ou muito contraste)
 - Brilho desconfortável (apenas desconforto e uma cárie ao trabalhar)
 - Ofuscamento por deficiência/incapacidade (não consegue ver e não consegue ver durante algum tempo após ver o encandeamento)
 - Sombra a bloquear a luz
 - Reflexos velados (frequentemente associados ao brilho) de superfícies especulares. Depende da localização da fonte de luz, da superfície refletora e do ângulo de visão.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



35

Atmosfera visual

- Comunicação social
 - A maior parte da comunicação é não verbal
 - Aparência facial especial
- Julgamentos estéticos
 - Bonito, agradável



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



36

Parâmetros de iluminação que influenciam o ambiente luminoso

- Iluminância
- Uniformidade de iluminância
- Luminância
- Distribuição de luminância
- Características da cor
- Cintilação e brilho



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



37

Luminâncias & distribuição de luminância

- A distribuição da luminância no campo visual controla o nível de adaptação dos olhos, o que afeta a visibilidade da tarefa
- Muito alta luminância pode causar encandeamento
- O contraste de luminância demasiado elevado causará fadiga devido à readaptação constante do olho
- Muito baixa luminância e contrastes de luminância muito baixos resultam num ambiente de trabalho monótono e nada estimulante.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



38

Iluminâncias e Uniformidade

- Concentração do fluxo luminoso incidente sobre uma superfície (lm/m^2 ou lx)
- As recomendações de iluminância são geralmente baseadas em pesquisas de desempenho visual (efeitos do aumento e da diminuição da iluminância)
- Alto nível de iluminância pode permitir um melhor desempenho visual, mas ao mesmo tempo cria desconforto visual
- Diferentes estudos sugerem um aumento da satisfação com níveis mais elevados, seguido de uma diminuição da satisfação nos níveis mais elevados
- A iluminação não uniforme pode causar desconforto visual e distrações



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



39

Brilho

- Obstrução à visão
 - muita luz
 - gama de luminância muito grande
- Brilho desconfortável
 - Incómodo causado pela elevada luminância no campo de visão
- Brilho de deficiência
 - Prejudica a visão devido à luz dispersa dentro do olho, o que diminui o contraste e reduz a visibilidade



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



40

Cintilação

A cintilação provoca distração e pode dar origem a efeitos fisiológicos, como a dor de cabeça

Os sistemas de iluminação devem ser concebidos de modo a evitar a cintilação, por exemplo, através da utilização de alimentação elétrica CC ou pelo funcionamento de lâmpadas de descarga a altas frequências (cerca de 30 kHz).



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



41

Características da cor

As qualidades de cor das fontes de luz são geralmente caracterizadas por dois atributos:

Aparência da cor da luz

- O CorTemperatura (T_c) da fonte de luz. Identifica a sensação psicofisiológica (tonalidade quente, neutra ou fria) produzida por uma fonte de luz.

Capacidades de renderização de cores

- O índice de reprodução de cor (IRC) da fonte de luz afeta a aparência da cor dos objetos. Dependendo da tarefa visual, este critério intervirá como parte do desempenho visual ou como um elemento de "qualidade de humor visual".



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



42

Resumo dos aspetos visuais

- Mais de 80% da informação do ambiente vem através da visão!
- Sem luz, não há visão!
- Quatro requisitos mínimos precisam de ser cumpridos para permitir a perceção: luminância mínima, contraste, tamanho e tempo!
- Uma boa iluminação pode ajudar, uma má iluminação pode ser perturbadora!



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



43

Aspectos não visuais da luz



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



44

Ritmos biológicos

Tanto nos humanos como noutros seres vivos, muitos processos biológicos seguem ciclos. Com base na duração do ciclo, os cronobiólogos dividem os organismos em três grandes categorias:

- A. Ritmos ultradianos** estão presentes apenas durante algumas horas. Exemplos incluem as horas do dia, a fome e as fases de sono e vigília nos bebés.
- B. Ritmos circadianos** são direcionados para o dia e para a noite. Duram cerca de 24 horas.
- C. Infradianos**, como as mudanças de estação, têm ciclos que duram mais de 24 horas.

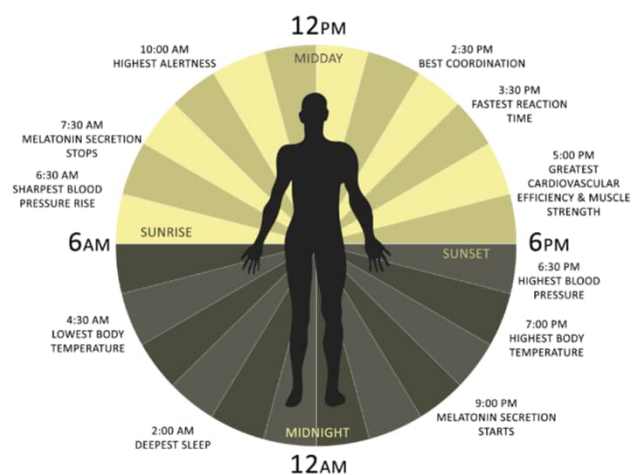


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



45

Ritmo circadiano



(Créditos: Balafoutis, 2022)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



46

Ritmo circadiano e hormonas

O sono, o humor e a digestão são todos controlados por complexos processos bioquímicos nos seres humanos. Quando o alimento é facilmente digerido, quando o desempenho atinge o pico e quando o sono é mais profundo, tudo isto é regulado por hormonas. A melatonina e o cortisol, que afetam o organismo em ciclos diametralmente opostos, são particularmente importantes na determinação dos ritmos circadianos. O antidepressivo natural, a serotonina, é também essencial para este processo biológico.



Serotonina



Melatonina



Cortisol



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



47

Ritmo circadiano e hormonas



Um mensageiro energizante e que melhora o humor, a serotonina. Enquanto a melatonina e o cortisol têm um efeito anticíclico nos níveis de cortisol no sangue durante o dia, a serotonina auxilia numa variedade de picos de desempenho. O relógio interno regressa ao modo noturno quando a luz do dia diminui.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



48

Ritmo circadiano e hormonas



Para promover um sono reparador, melatonina faz-nos sentir sonolentos, abranda os processos biológicos e reduz os níveis de atividade. Garante também que muitas atividades metabólicas são interrompidas. A temperatura corporal desce; o organismo é, de certa forma, colocado em espera. Durante esta fase, o corpo liberta hormonas de crescimento que atuam à noite para reparar as células.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



49

Hormônios



O córtex da supra-renal começa a produzir a hormona do stress cortisol aproximadamente às três da manhã. Acelera o metabolismo mais uma vez e prepara o corpo para o uso diurno. A primeira luz do dia ativa então o terceiro recetor no olho e inibe a capacidade da hipófise de produzir melatonina (hipófise). A hipófise garante que o corpo segrega mais serotonina ao mesmo tempo (licht.de).

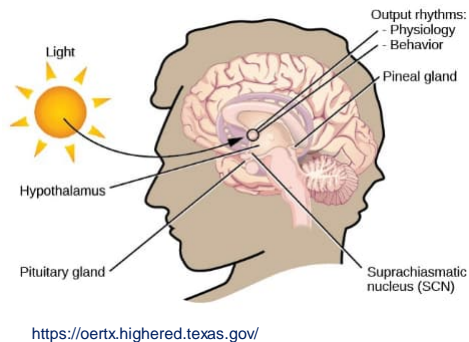


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



50

Ritmo circadiano e luz



<https://oertx.highered.texas.gov/>

O supraquiasmático núcleo (SCN), uma região do hipotálamo, alberga o mecanismo do relógio do cérebro. Este relógio interno pode ser sincronizado com o ambiente externo porque os axônios dos neurônios sensíveis à luz na retina enviam informação para o NSQ dependendo da quantidade de luz presente (Klein, Moore e Reppert, 1991; Welsh, Takahashi e Kay, 2010).

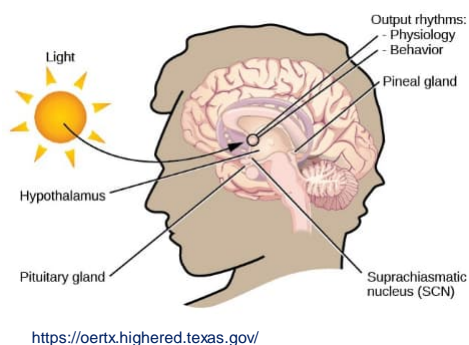


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



51

Ritmo circadiano e luz



<https://oertx.highered.texas.gov/>

Os neurotransmissores controlam os ritmos circadianos e ajustam o metabolismo à hora do dia. Hormônios tanto a produção como a inibição afetam a atividade enzimática. O NSQ é composto por dois núcleos cerebrais do tamanho de um grão de arroz que estão situados acima do ponto onde os dois nervos óticos convergem. Os milhares de células nervosas que constituem cada núcleo resincronizam os seus ritmos todos os dias graças à luz.

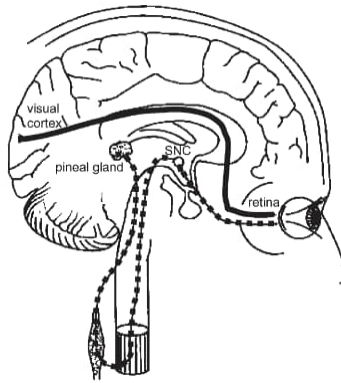


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



52

Ritmo circadiano e luz



A luz fornece as indicações essenciais para regular o nosso relógio interno. O retino-hipotalâmico-trato, que liga diretamente as células ganglionares com a glândula pineal (epífise cerebral), o SCN e o hipotálamo transportam os sinais. Este último é provavelmente o centro de controle mais significativo do sistema nervoso autônomo. A glândula pineal liberta melatonina à noite, o que nos faz sentir sonolentos. A quantidade de melatonina no sangue diminui de manhã. Este padrão geneticamente condicionado é auxiliado pela primeira luz solar, que também limita a síntese da hormona (licht.de).



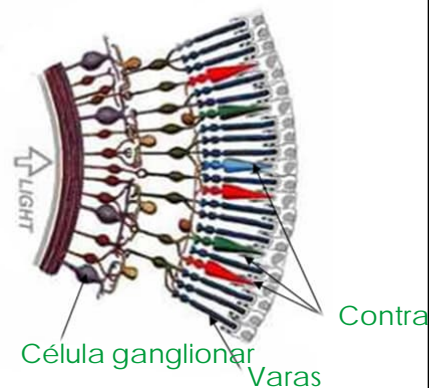
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



53

Terceiro fotorreceptor

Cientistas descobriram fotorreceptores na retina por volta da viragem do milénio, que não auxiliam a visão, mas regulam o nosso relógio interno. É uma célula ganglionar especial, distribuída por toda a retina, sendo mais frequente e sensível na parte inferior do olho.



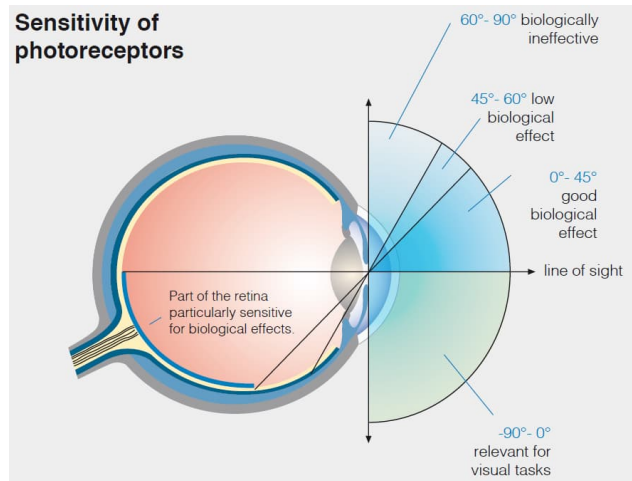
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



54

Terceiro fotorreceptor

As células ganglionares são extremamente sensíveis à luz que contém muito conteúdo azul.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



55

O problema hoje

Hoje a vida está menos ligada aos ritmos naturais. Estamos a utilizar pouca luz durante o dia e muita luz à noite devido ao nosso estilo de vida e rotinas:

- Passar mais tempo em ambientes fechados, por turnos e em edifícios sem janelas.
- UMa artificial iluminação transformando a noite em dia.



Falta de mudanças dinâmicas na iluminação, como a luz do

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



56

O problema hoje

As consequências são:

- Circadianodesorientação
problemas com o relógio biológico, semelhantes ao jet lag, etc.
- Problemas com o sono e estado de alerta
- Humor comprometido, funcionamento, bem-estar e problemas de saúde (por exemplo, doenças cardíacas, cancro, diabetes...)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



57

Solução: Iluminação biologicamente eficaz

Quantidade de luz e mudança de cor durante o dia



Muita luz
Alta temperatura de cor
Luz uniforme

Menos luz
Baixa temperatura de cor
Distribuição não uniforme



A luz à noite deve ser manuseada com cuidado

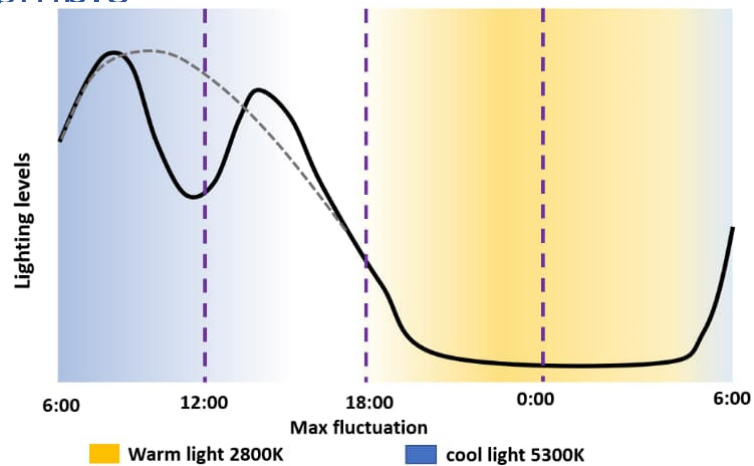


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



58

Iluminação biologicamente eficaz: exemplo

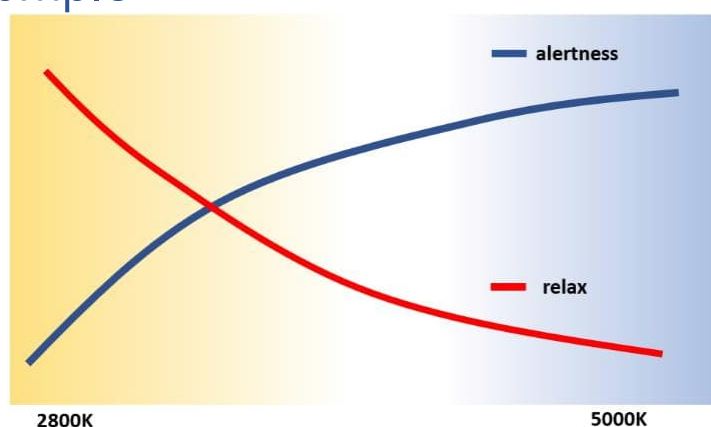


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



59

Iluminação biologicamente eficaz: exemplo



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



60

Resumo dos aspetos não visuais

- A luz afeta não só a nossa visão, mas também a nossa funcionalidade, saúde e bem-estar.
- O contacto diário com o mundo exterior (luz do dia) é importante para o nosso relógio interno.
- A iluminação biologicamente eficaz tem uma influência positiva no funcionamento humano em geral.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Co-funded by
the European Union

Fontes de luz tradicionais

1

Machine Translated by Google

Fontes de luz tradicionais

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

2

Machine Translated by Google

Radiadores Térmicos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



3

Machine Translated by Google

Radiação térmica

• Todos os materiais com temperatura acima de 0 K emitem radiação em a forma eletromagnética radiação.

• Espectro da radiação depende da temperatura (estado térmico) e tipo de material

• Os radiadores térmicos emitem radiação eletromagnética como um resultado do aumento do seu corpo temperatura



Imagem: Fir0002/Flagstaffotos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



4

Machine Translated by Google

Lâmpada incandescente

Incandescência: emissão de radiação óptica pelo processo de radiação térmica

Lâmpada incandescente: a luz é produzida por meio de um elemento aquecido até a incandescência pela passagem de corrente elétrica

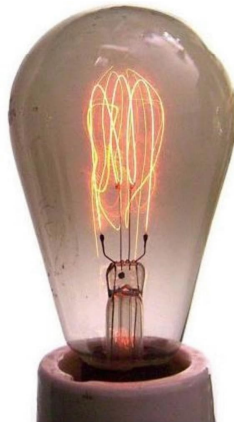


Imagem: © Ulfbastel



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpada incandescente

- Thomas Alva Edison criou a primeira lâmpada incandescente comercialmente prática
- “Lâmpada Edision” usou filamento de carbono
- Muito ineficiente e com vida útil baixa
- Eficiência e vida útil melhoradas posteriormente com o uso de filamento de tungstênio e gases inertes



Imagem:
https://www.flickr.com/p_hotos/8136496@N05/21_96367244



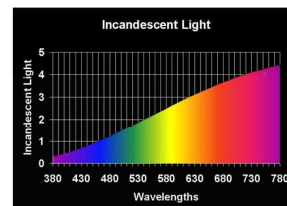
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpada incandescente

- Uma corrente elétrica através de um filamento metálico o aquece pelo efeito Joule
- A quantidade de Luz está ligada ao filamento temperatura.
- O espectro é contínuo



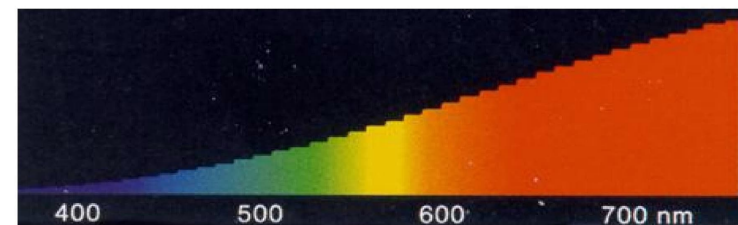
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpada incandescente

- A eficácia das lâmpadas práticas varia entre 8-20 lm/W
- Temperatura de cor: 2700K, vida útil: 1000 horas
- Excelente renderização de cores, Ra \geq 100

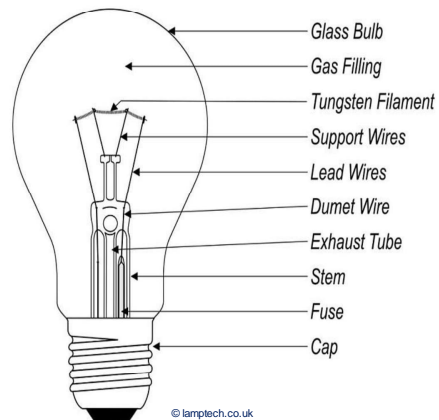


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpada incandescente



© lamptech.co.uk

- Filamento de tungstênio – alto ponto de fusão, alta resistência, baixa pressão de vapor
- A vida útil da lâmpada é dependente da vida do filamento – O filamento falha principalmente devido à evaporação
- O gás inerte é preenchido para retardar a evaporação do filamento



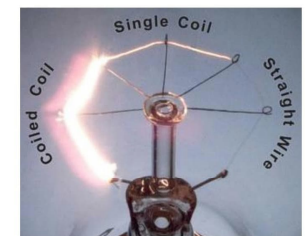
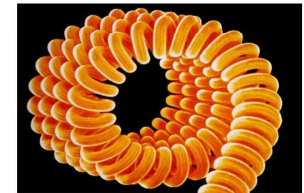
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpada incandescente

- O filamento é enrolado para reduzir o peso total comprimento e minimizar o resfriamento do filamento
- Uma eficácia muito maior é alcançada com a construção em espiral
- No entanto, o filamento de tungstênio evapora mais rapidamente à medida que a temperatura do filamento aumenta acima.

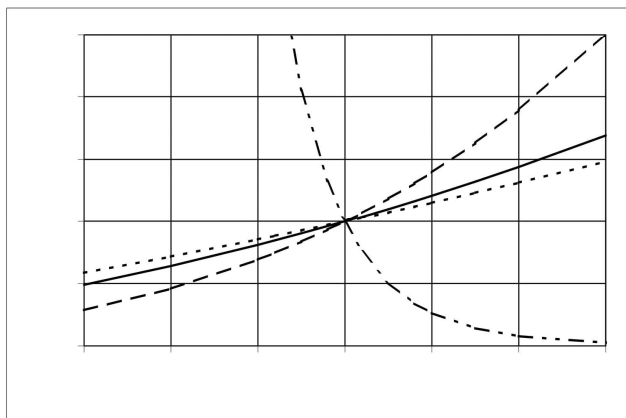


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpada incandescente



Características de operação vs. tensão



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



11

Machine Translated by Google

Lâmpada halógena de tungstênio

É um tipo de lâmpada incandescente onde o filamento de tungstênio é selado dentro de uma câmara transparente preenchida com halogênio (iodo, bromo...)



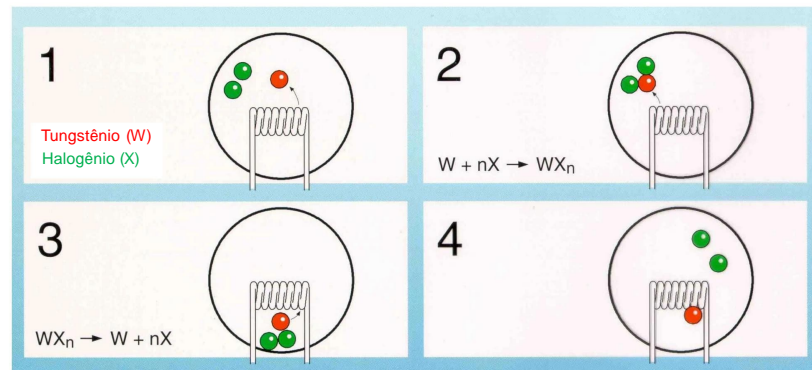
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



12

Machine Translated by Google

Lâmpada halógena de tungstênio: Ciclo de halogênio



Temperaturas típicas:

lâmpada de
filamento

~ 3000 K
> 450 mil



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

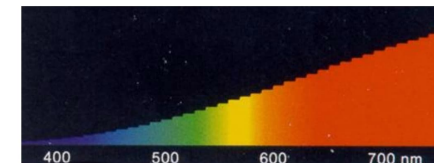
Lâmpada halógena de tungstênio

• O ciclo de regeneração do halogênio permite que o filamento funcione em temperatura mais alta resultando em maior eficácia.

• Maior temperatura de cor: 3000-3200 K

• Eficácia ~ 22 lm/W

• O índice de reprodução de cores é excelente ~ 100



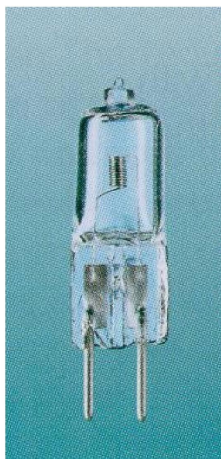
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpada halógena de tungstênio

- Maior vida útil: 2000-4000 horas e a lâmpada não escurece
- A vida indefinida não é alcançável, principalmente porque o tungstênio re-depositado não necessariamente cairá nas partes mais fracas do filamento
- Para manter a temperatura do vapor acima de 450K, a lâmpada é feita de forma muito compacta



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



15

Machine Translated by Google

Lâmpada halógena de tungstênio

- O ciclo de regeneração do halogênio de tungstênio só opera em temperaturas de filamento acima de 2.000 K, isso deve ser considerado no escurecimento
- Se as lâmpadas forem mantidas em um nível de luz baixo por longos períodos, elas podem ser periodicamente executadas em potência máxima por um curto período para ativar o ciclo de regeneração



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



16

Machine Translated by Google

Lâmpada halógena de tungstênio



Imagem: Osram



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



Machine Translated by Google

Bases de lâmpadas halógenas de tungstênio

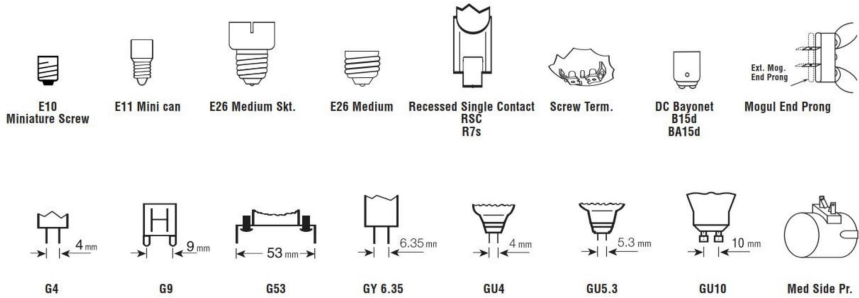


Imagem: Sylvania



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpadas de descarga de gás



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



19

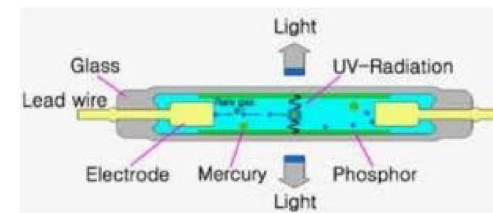
Machine Translated by Google

Lâmpadas de descarga de gás

As lâmpadas de descarga de gás produzem luz com eletricidade de descarga em gás.

Os elétrons que passam por um gás colidem com átomos de gás e ejetar elétrons do átomo para órbitas mais altas. Quando esses elétrons retornam à sua órbita, o excesso de energia é liberada na forma de fótons - luz.

A luz emitida pode estar na parte visível ou UV do espectro.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

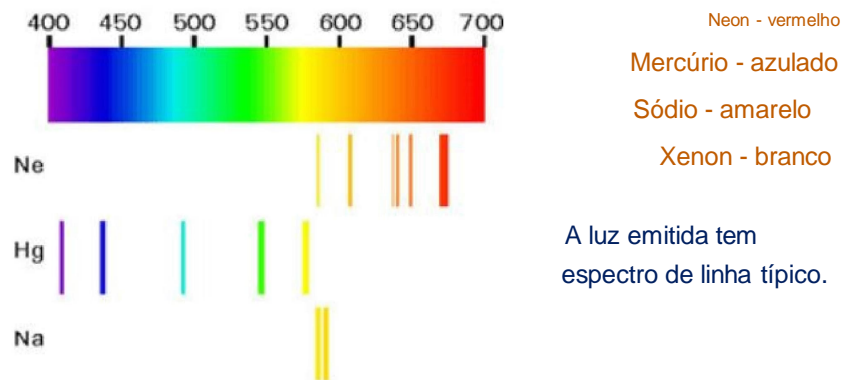


20

Machine Translated by Google

Lâmpadas de descarga de gás

Gases diferentes emitem cores de luz diferentes na descarga:



A luz emitida tem espectro de linha típico.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



21

Machine Translated by Google

Lâmpadas de descarga de gás

- A energia emitida na região da radiação UV pode ser convertida em visível com a ajuda de materiais fluorescentes (fósforos)
- Os fósforos absorvem a radiação UV e reemitem-na como radiação de comprimentos de onda mais longos (visíveis).
- A composição do material fluorescente também determina a distribuição espectral da radiação emitida.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

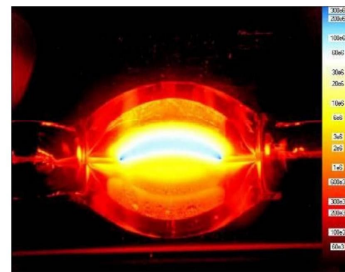


22

Machine Translated by Google

Lâmpadas de descarga de gás necessitam de alta tensão

- O gás nas lâmpadas de descarga está em estado isolante no início e não conduz eletricidade. • Iniciar uma descarga requer elétrons no gás.
- A aplicação de alta tensão e o aquecimento dos eletrodos fornecem esses elétrons



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Dispositivos elétricos precisam de limitação de corrente

- Quando a tensão de alimentação é aplicada a dispositivos elétricos, a corrente precisa ser controlada para manter o dispositivo seguro • Nos dispositivos com características de resistência positiva, a resistência interna dos dispositivos limita automaticamente a corrente
- As lâmpadas incandescentes têm resistência positiva características e, portanto, não precisam de limitação de corrente separada
- As lâmpadas de descarga de gás têm características de resistência negativa – necessitam de dispositivos limitadores de corrente



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

A descarga de gás tem curva de resistência inversa

- O gás é inicialmente isolante – extremamente alta resistência ao fluxo de corrente
- Quando a descarga é iniciada pelo aquecimento dos eletrodos e pela aplicação de alta tensão, o gás se torna condutor – menor resistência
- Uma vez que o gás se torna condutor, sua resistência cairá progressivamente e a corrente continuará aumentando, acabando por destruir a lâmpada
- Para evitar isso, a descarga precisa ser estabilizada usando um circuito elétrico.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



25

Machine Translated by Google

A descarga de gás tem curva de resistência inversa

- Este circuito de controle pode ser como
tão simples quanto um resistor ôhmico grande, mas
isso desperdiçará uma quantidade considerável de
energia na forma de calor.
- Por esse motivo, dispositivos com mais
Um circuito elétrico satisfatório é usado para controlar
a corrente. Este dispositivo é chamado de reator.
- Todas as lâmpadas de descarga requerem reator,
mas o tamanho e a complexidade dependem do
tamanho da lâmpada e da tecnologia da lâmpada.



Imagem: Por Dennis
Brown - Trabalho próprio,
CC BY-SA
3.0, [https://
commons.wikimedia.org/w/
index.php?curid=25563163](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25563163)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



26

Machine Translated by Google

Os circuitos elétricos são necessários para duas funções

- Iniciar uma descarga elétrica •
- Fornecer alta tensão •
- Aquecer eletrodos •

Estabilizar a descarga elétrica –
controlar a corrente que pode fluir
através do circuito



Imagem:
https://en.wikipedia.org/wiki/Germicidal_lamp#/media/File:Germicidal_UV_discharge_tube_glow.jp_g



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



27

Machine Translated by Google

Lâmpada de descarga de gás – Lastro

Tecnologia •

Reatores eletromagnéticos • Utilizam

componentes magnéticos para iniciar e
regular o funcionamento de uma



Imagem: CC
BY 2.5,
[https://commons.wikimedia.org/wikipedia_pt/File:Reator_magn%C3%A9tico.jpg](https://commons.wikimedia.org/wikipedia.org/wikipedia_pt/File:Reator_magn%C3%A9tico.jpg)

lâmpada • Não são mais
produzidos para lâmpadas fluorescentes,
mas ainda podem ser

encontrados para lâmpadas HID • Reatores eletrônicos



- Utilizar circuito eletrônico de estado sólido
para fornecer as condições elétricas
adequadas de partida e operação das
lâmpadas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



28

Machine Translated by Google

Reatores eletromagnéticos

- Os reatores magnéticos são operados na frequência de linha (50/60 Hz) •

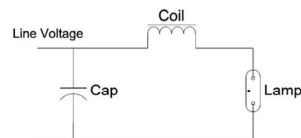
A forma mais simples de reatores eletromagnéticos são os reatores indutivos ou indutores

- O capacitor também é usado em Reatores eletromagnéticos para correção do fator de potência



Imagem:
Holger Urban, CC BY-SA 4.0
<https://

creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Reatores eletromagnéticos

- O lastro de estrangulamento também requer um ignitor/starter para iniciar o lâmpada
- O Starter oferece duas funções: pré-aquecendo o eletrodo, gerando a alta tensão necessário para a descarga
- Os estranguladores são muito populares devido a seu baixo custo, durabilidade e versatilidade, mas também são barulhento



Imagem: Criada por Dennis Brown, enviada pelo usuário: The RedBurn usando CommonsHelper, - Transferida de en.wikipedia, Domínio Público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5792111>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Reatores eletromagnéticos

- O ruído dos reatores EM pode ser reduzido ao envolvê-los em latas isoladas
- São conhecidos como reatores F-Can



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

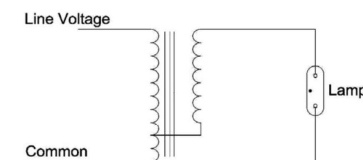


31

Machine Translated by Google

Reatores eletromagnéticos

- Quando a tensão da linha é insuficiente para acender a lâmpada usando o indutor, um reator magnético mais complexo pode ser usado combinando autotransformador e ação do indutor
- Este também é um reator de baixo fator de potência, mas pode ser melhorado com a adição de capacitor



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



32

Machine Translated by Google

Desvantagens dos reatores eletromagnético

Embora os reatores eletromagnéticos sejam baratos e altamente confiáveis, eles têm certas limitações • Geralmente

grandes e pesados • A saída de luz

da lâmpada é

suscetível à tensão da linha, resultando em cintilação •

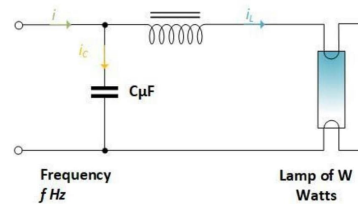
Não eficiente e de baixo custo

maneira eficaz de regular a

potência da

lâmpada • O desgaste do eletrodo da

lâmpada é alto



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Reatores Eletrônicos

- Trabalhar nos mesmos reatores EM principais indutivos, embora com bobinas menores e perdas menores • Todas as funções necessárias para iniciar e manter a corrente, fator de potência correto, operar em múltiplas tensões de entrada, controlar a potência da lâmpada são inerentes ao reator



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Reatores Eletrônicos

Os reatores eletrônicos estão disponíveis com uma ampla gama de especificações que vão desde a função básica até a regulação, proteção e controle avançados

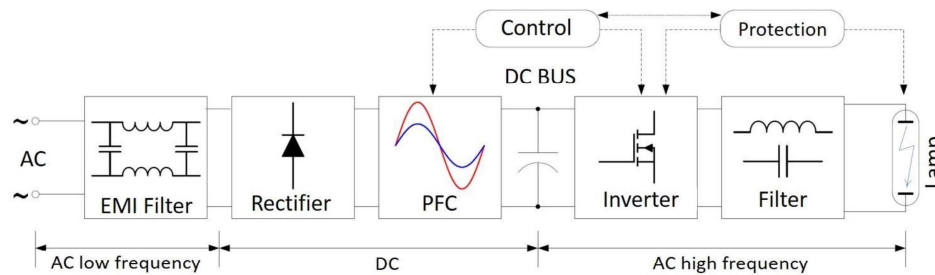


Diagrama geral de reatores eletrônicos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Reatores Eletrônicos

Filtro EMI: bloqueia qualquer sinal eletromagnético Interferência (suprime transientes de tensão, evita interferência do reator de volta à alimentação, limita a RF radiante)

Retificador: Converte energia CA em energia CC

PFC: Correção do fator de potência/ harmônicos de controle

Inversor: Converte CC em tensão de onda quadrada com alta frequência



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Comparação entre eletromagnética (EM) e reatores eletrônicos (ET)

Frequência de operação •

EM: Frequência da linha de energia (50 Hz, 60 Hz) • ET: alta frequência (> 20 kHz)

Tamanho/Peso

- EM: Componentes maiores e mais pesados
- ET: Componentes menores e mais leves

Eficiência do reator e da lâmpada • Os

reatores ET são muito mais eficientes do que os reatores EM •

A eficiência da lâmpada também é maior com os reatores ET



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Comparação entre eletromagnética (EM) e reatores eletrônicos (ET)

Vida útil da lâmpada •

Com reatores ET, a vida útil da lâmpada pode ser estendida em comparação com a lâmpada operada com reator EM

Ruído •

EM: Produz ruído de zumbido na frequência da linha • ET: muito mais silencioso do que os reatores EM ou o ruído é ausente

Interferência eletromagnética (EMI) • EM: baixa interferência • ET: alta EMI

devido a frequências operacionais mais altas, mas pode ser mitigada pelo uso de filtro EMI



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Comparação entre eletromagnética (EM) e reatores eletrônicos (ET)

Cintilação

- EM: cintilação visível de cerca de 120 Hz e também efeito estroboscópico
- ET: A frequência de alimentação >20 kHz produzirá cintilação >40 kHz e o olho humano não consegue detectá-la, o efeito estroboscópico também está ausente

Custo e vida útil • EM:

Menos componentes, mais barato de produzir e mais confiável e durável do que os reatores ET

- ET: Mais caro e com vida útil mais curta que o EM

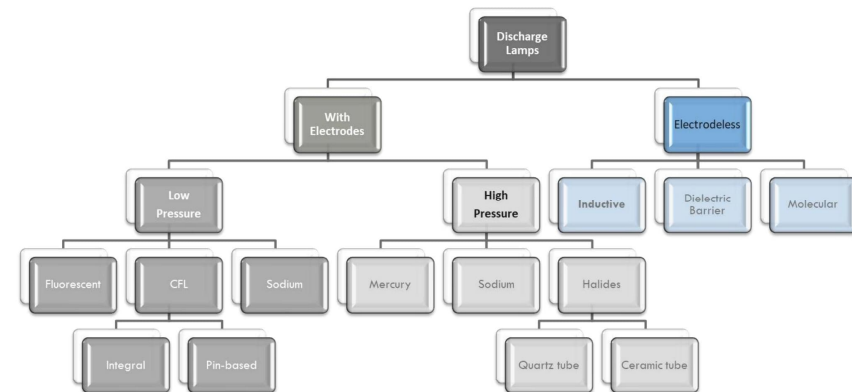


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Família de Lâmpadas de Descarga de Gás



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpadas de descarga de gás de baixa pressão



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



41

Machine Translated by Google

Lâmpadas de descarga de gás de baixa pressão

- Lâmpadas Fluorescentes
 - Lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs)
 - Lâmpadas de Indução
- Lâmpadas de sódio de baixa pressão



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



42

Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente

- Principal elemento envolvido: Mercúrio (Hg) •

Preenchido com um gás inerte

- Pressão de operação de cerca de 3 mbar •

Revestimento fluorescente feito de fósforos transforma o
Radiação UV para radiação visível



© Philips



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

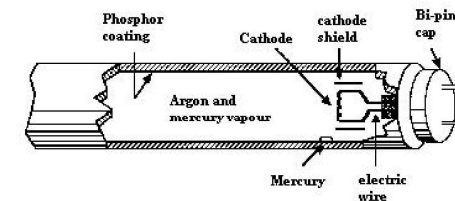


43

Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente

- Cada extremidade do tubo possui eletrodos feitos de tungstênio filamento
- O tubo é preenchido com vapor de mercúrio a baixa pressão e gases inertes
- Quando aquecido a cerca de 1100 oC o cátodo emite elétrons que o ânodo atrai e há fluxo de corrente (formação de descarga de arco)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

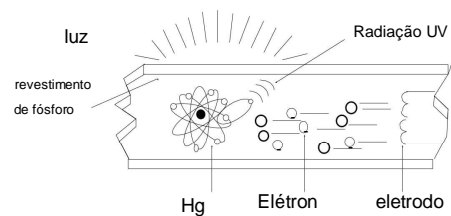


44

Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente

- Em uma descarga de mercúrio de baixa pressão, a maioria dos fótons está na região ultravioleta (UV)
- Os fósforos no interior do tubo convertem a radiação UV em radiação óptica visível
- O SPD da luz emitida pode ser variado também por diferentes combinações de fósforos



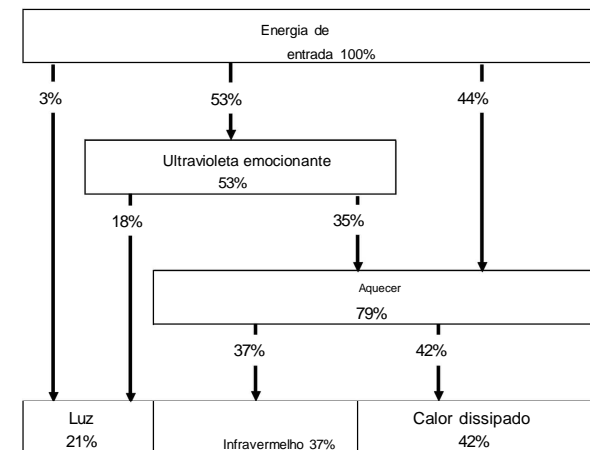
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



45

Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

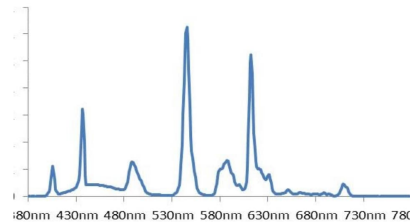
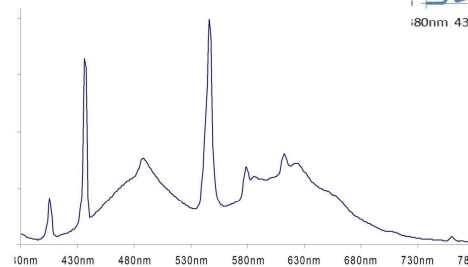


46

Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente

- CCT: 2700 e superior
- IRC: 60 – 98
- Vida útil: 10000 -24000 h
- Eficácia: até 105 lm/W (T5)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



47

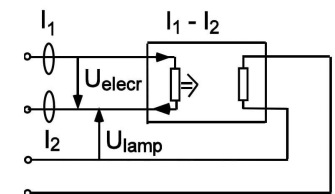
Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente

- A resistência da lâmpada diminui à medida que a corrente de descarga aumenta, sendo necessário um dispositivo (reator) para limitar a corrente.

Os eletrodos podem ser pré-aquecidos, aquecidos continuamente ou estados, 'frios', todos controlados pelo reator.

- O pré-aquecimento é mais suave para o eletrodos - começando com menos perda de material emissor de elétrons



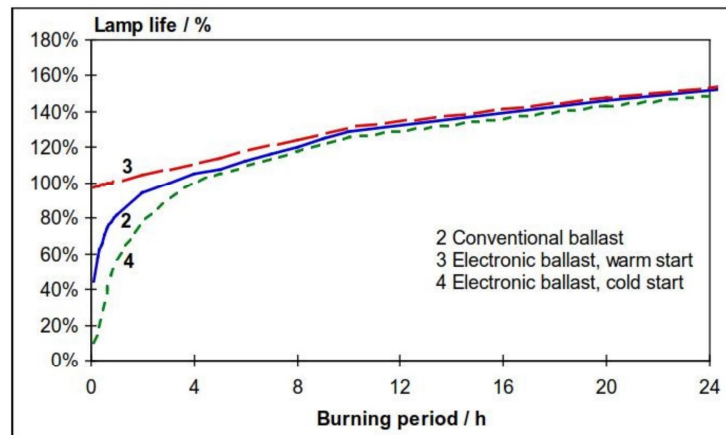
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



48

Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente – Efeito do ciclo de queima



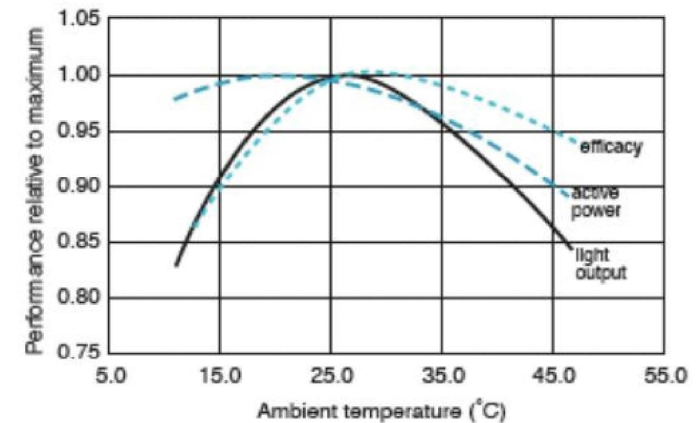
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



49

Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente – Altamente sensível à temperatura ambiente



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



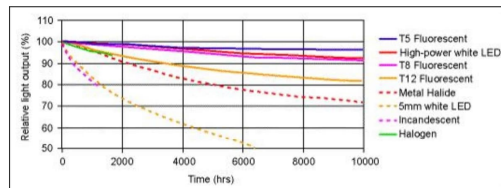
50

Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente – Manutenção de lúmens

A saída diminui com o tempo devido a: • Degradação
do revestimento de fósforo e do vidro • Acúmulo de depósitos
que absorvem luz dentro da lâmpada

A falha da lâmpada é principalmente
devido a • falha do eletrodo ou depleção de mercúrio



© Instituto Politécnico Rensselaer



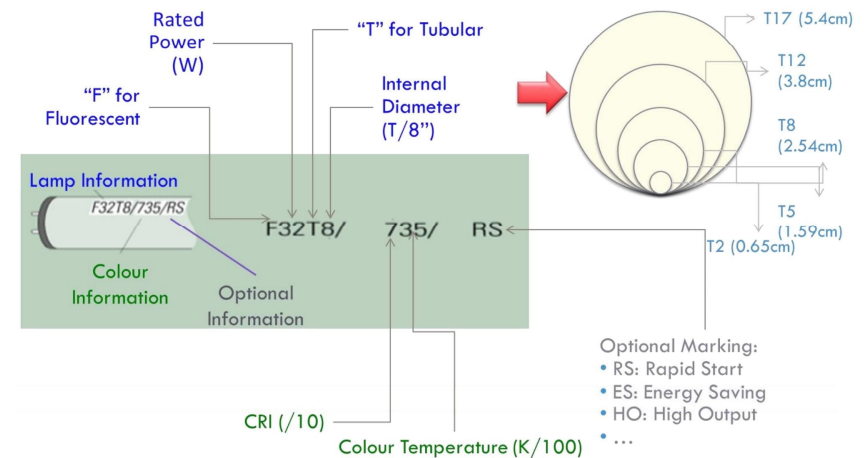
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



51

Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

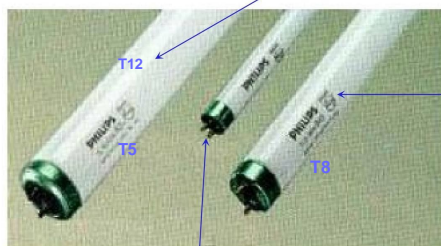


52

Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente

Diâmetro 38 mm
Eficácia luminosa = 40 - 65 lm/W
Somente lastro EM
Somente halofosfatos



Diâmetro 26 mm
Eficácia luminosa = 80 - 95 lm/W
Lastro EM ou Eln
Halofosfatos ou tri-fósforos

Diâmetro 16 mm
Eficácia luminosa = 95 - 105 lm/W
Somente lastro Eln
Somente trifósforo



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



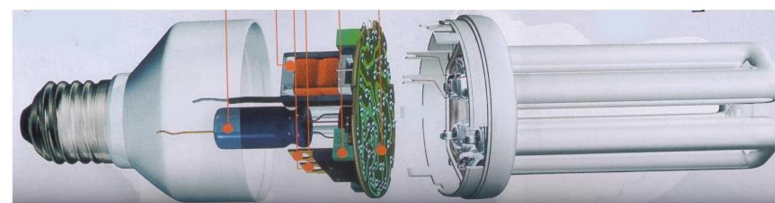
53

Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente compacta (LFC)

- Uma variante compacta da lâmpada fluorescente com o mesmo princípio de operação
- O comprimento total é encurtado e o tubo de descarga é frequentemente dobrado em dois a seis dedos ou espiral

As tampas de parafuso ou baioneta têm reator interno • O tipo pino precisa de reator externo e partida



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



54

Machine Translated by Google

Lâmpada fluorescente compacta (LFC)

- Eficácia 50-70 lm/W
- Vida útil: 8000 - 12000 horas, pode ser drasticamente reduzido pelo alto número de ciclos liga-desliga
- Alguns são substitutos diretos para lâmpadas comuns devido ao reator integrado e ao soquete de lâmpada E27
- Lâmpadas com bases de pinos podem ser operadas em equipamentos de controle eletrônico externo



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

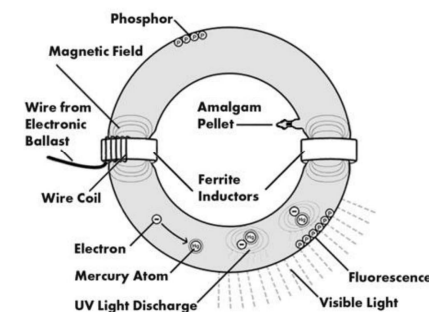


55

Machine Translated by Google

Lâmpadas de indução

- Uma forma de baixa pressão lâmpada fluorescente sem eletrodos
- O gás (Hg) começa a brilhar por causa do campo EM de alta frequência e não por causa da descarga de corrente elétrica.
- Vida útil muito longa – mais de 60000 h



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



56

Machine Translated by Google

Lâmpada de indução

- Eficácia: 60-80 lm/W
- CCT: 2700 K - 6500 K
- Índice de reprodução de cor: 80
- Potência elétrica de até 165 W
- Relativamente caro em comparação com fluorescente



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

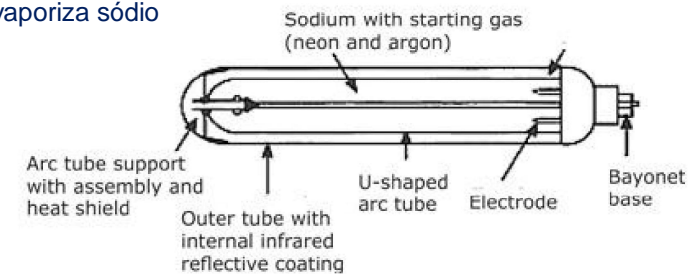


57

Machine Translated by Google

Lâmpada de sódio de baixa pressão

- Descarga em vapor de sódio a baixa pressão • À temperatura ambiente, o sódio metálico é sólido e gases de néon e argônio são adicionados para vaporizá-lo
- O primeiro arco é produzido em calor de néon-argônio a partir do qual vaporiza sódio



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



58

Machine Translated by Google

Lâmpada de sódio de baixa pressão

- Demora cerca de 10 minutos antes de sua saída máxima é alcançada • Requer alta tensão de partida (470-490 V) fornecida pelo reator • Para segurança e para manter 260 °C
- O tubo de descarga de temperatura é fechado em um envelope de vidro separado que também foi projetado para refletir o infravermelho de volta
- Vida útil 16000 h – 23000 h
- Tamanho 18 W – 180 W



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

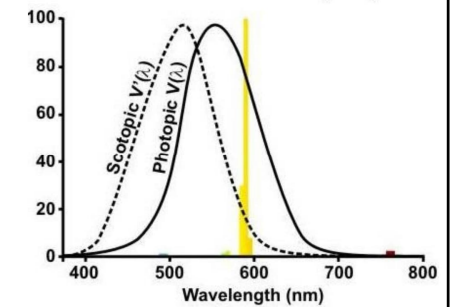


59

Machine Translated by Google

Lâmpada de sódio de baixa pressão

- A maior parte da radiação visível (95%) em região muito estreita em 589,0 e 589,6 nm (linhas D de sódio) • Luz amarela e muito ruim na reprodução de cores
- Eficácia luminosa até 200 lm/W •



Aplicação principal em iluminação pública



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



60

Machine Translated by Google

Descarga de gás de alta pressão

Lâmpadas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



61

Machine Translated by Google

Lâmpadas de descarga de gás de alta pressão

- Lâmpadas de vapor de mercúrio HP
- Lâmpadas de iodetos metálicos
- Lâmpada de xenônio de alta pressão
- Lâmpadas de sódio de alta pressão



© Philips



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



62

Machine Translated by Google

HP em comparação com descarga LP

Lâmpadas

- Maior pressão do gás no queimador e, portanto, maior temperatura do gás

- Queimador feito de vidro especial ou cerâmica •

Melhor eficiência luminosa

- Menor porção de luz UV •

Tempos de início mais longos.

- Após o desligamento não podem ser ligados novamente imediatamente



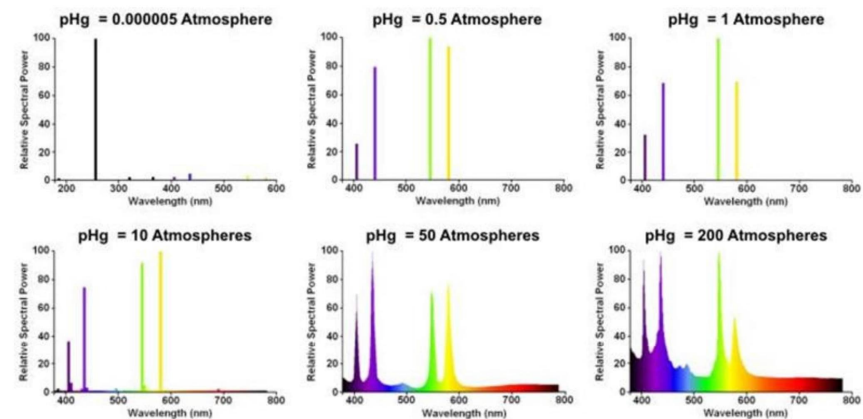
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpadas de descarga de gás de alta pressão

Efeito do aumento da pressão de vapor no SPD



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpadas de vapor de mercúrio HP

- Primeira lâmpada HID – descarga em mercúrio vapor - tubo de arco pequeno
- Pressão mais alta desloca a emissão principal para comprimentos de onda maiores: 404,7, 435,8, 546,1, 577 e 579 nm
- Eficácia luminosa de até 60 lm/W.
- Vida útil: 12.000 - 24.000 horas.
- Potência de até 400 W



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

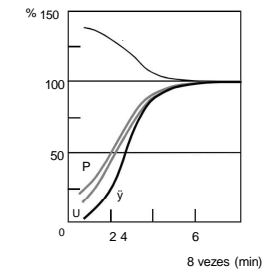
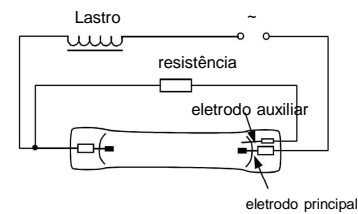


65

Machine Translated by Google

Lâmpadas de vapor de mercúrio HP

- Demora cerca de 5 minutos para atingir a saída máxima
- Se a voltagem for reduzida para 80% ou menos, a lâmpada desligará, mas não poderá ser reiniciada até que esfrie
- Tempo entre o desligamento e a saída total = cerca de 10 minutos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

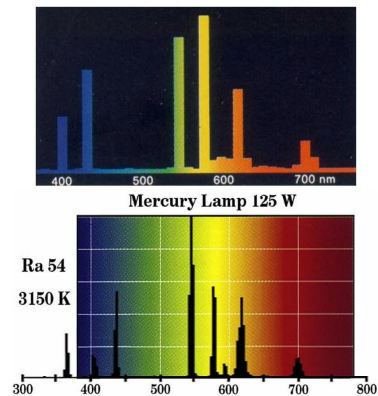


66

Machine Translated by Google

Lâmpadas de vapor de mercúrio HP

- Revestimento fluorescente para converter Energia UV para visível no região de 600 nm, melhorando renderização de cores
- Índice de reprodução de cor: 23 – 55.
- Temperatura de cor: 2000 K - 4000 K



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



67

Machine Translated by Google

Lâmpadas de vapor de mercúrio HP



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



68

Machine Translated by Google

Lâmpada de iodetos metálicos

- Desenvolvimento adicional de lâmpadas de vapor de mercúrio – contendo diferentes misturas de haletos metálicos, além de mercúrio e argônio
- Alta eficácia luminosa ao mesmo tempo boa renderização de cores
- Eficácia luminosa 50-120 lm/W • Vida útil da lâmpada 6000 – 20 000 h



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

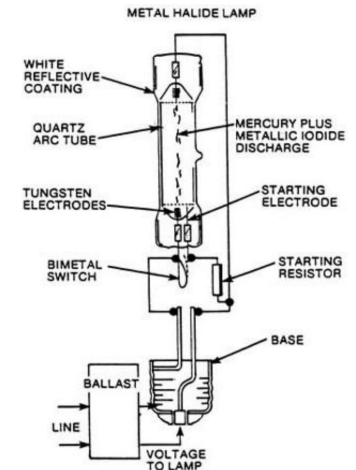


69

Machine Translated by Google

Lâmpada de iodetos metálicos

- Tubo de arco muito mais curto – permitindo um bom controle óptico
- Menos luz UV e, portanto, nenhum revestimento fluorescente necessário
- Para operar lâmpadas de iodetos metálicos são necessários um ignitor e um reator
- Potência: 5W a 2000 W



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



70

Machine Translated by Google

Lâmpada de iodetos metálicos – Partida por pulso

- Lâmpadas de tamanho maior utilizam eletrodo auxiliar de partida
- Todas as lâmpadas de pequeno porte usam partida por pulso de alta tensão – não necessidade de eletrodo de partida
- Um ignitor é fornecido com o reator para iniciar o lâmpada com pulso de alta tensão com as vantagens:
 - Aumento da eficácia da lâmpada e manutenção do lúmen
 - Maior vida útil
 - Tempos de aquecimento e reajuste mais rápidos
 - Melhor capacidade de partida a frio



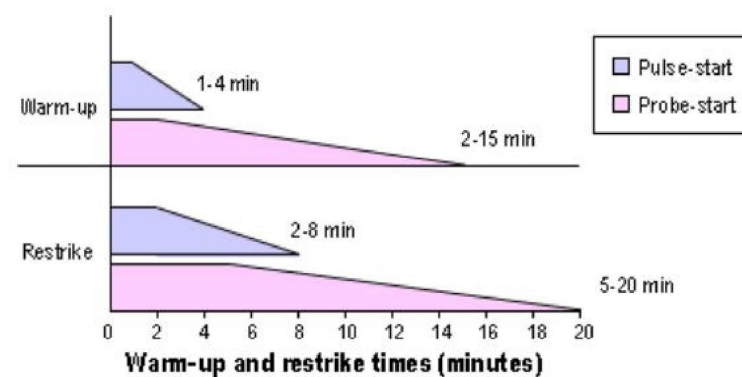
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



71

Machine Translated by Google

Lâmpada de iodetos metálicos – tempo de aquecimento e reacendimento



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

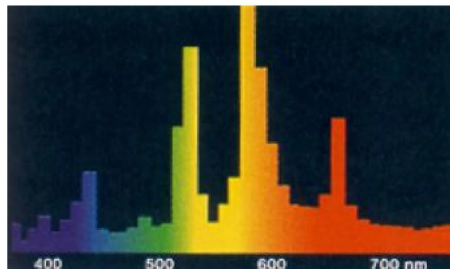


72

Machine Translated by Google

Lâmpada de iodetos metálicos

- Emissão espectral determinada pelos haletos metálicos adicionais
- O espectro é contínuo com Hg ainda presente linhas.
- CCT: 3000 K - 6000 K
- Renderização de cores
Índice: até 95



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpada de iodetos metálicos cerâmicos

- As lâmpadas MH com tubo de arco de quartzo apresentam variabilidade de cor de lâmpada para lâmpada e mudança de cor ao longo da vida útil
- As lâmpadas de tubo cerâmico fornecem desempenho aprimorado por meio de temperaturas e pressões operacionais mais altas:
 - Maior renderização de cores
 - Maior eficácia
 - Estabilidade de cor melhorada



© lamptech.co.uk



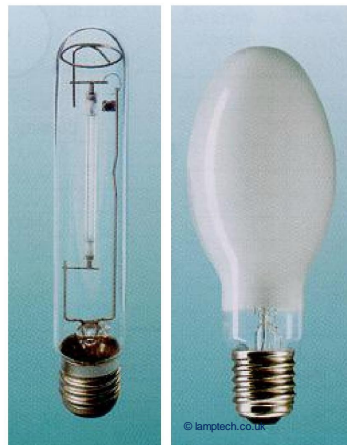
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Lâmpada de sódio de alta pressão

- Funciona a 0,25 bar e temperatura de 1000 K
- A luz é branca amarelada e não monocromático
- eficiência luminosa: 95 - 150 lm/W
- Vida útil: até 24.000 horas
- Potência elétrica até 1000 W



© lamptech.co.uk



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

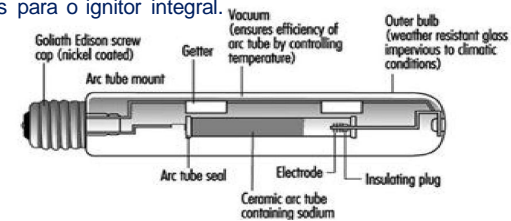


75

Machine Translated by Google

Lâmpada de sódio de alta pressão

- O sódio é muito corrosivo em alta pressão e, portanto, o tubo de arco de cerâmica é usado
- A partida é feita por meio de um ignitor de pulso, produzindo pulsos de alta tensão (2,5 kV a 4 kV) ou ignitor integral
- O tempo de aquecimento é de cerca de 10 minutos e o tempo de reacendimento é de cerca de um minuto para o tipo de ignitor de pulso e de cerca de 15 minutos para o ignitor integral.



© lamptech.co.uk



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

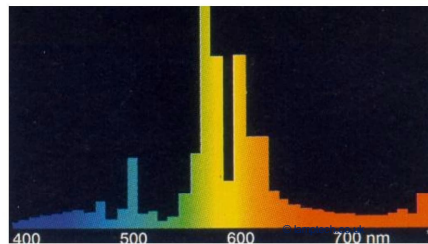


76

Machine Translated by Google

Lâmpada de sódio de alta pressão

- Temperatura de cor: 2200 K.
- Índice de reprodução de cor: 20 – 65.
- Devido à maior pressão no queimador o espectro não é a linha um, mas contínuo com algumas linhas de Hg e Na.

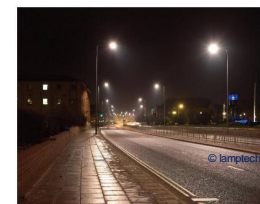


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Sódio de alta pressão vs. haleta metálico



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Co-funded by
the European Union

Fontes de luz de estado sólido

Machine Translated by Google

Introdução



Física 2014

Descoberta da eletroluminescência 1907 1º
LED colorido 1962
Iluminação dos anos 2000



Química 2000

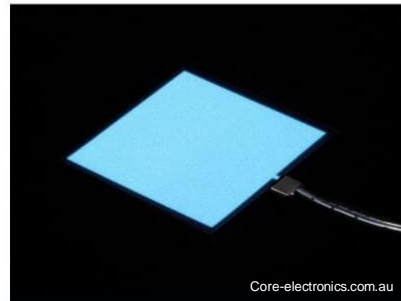
Descoberta da condução de polímeros 1977
1º OLED (filme fino) 1987
Iluminação de 2010

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union


Machine Translated by Google

Introdução

- **Eletroluminescência:** A emissão de luz causada pela interação de um campo elétrico com certos sólidos
- **Iluminação de estado sólido (SSL):** é um termo para uma família de dispositivos de iluminação fontes que incluem: diodos emissores de luz semicondutores (LEDs); diodos emissores de luz orgânicos (OLEDs); e diodos emissores de luz de polímero (PLEDs) nos quais a luz é emitida por eletroluminescência de estado sólido



Core-electronics.com.au

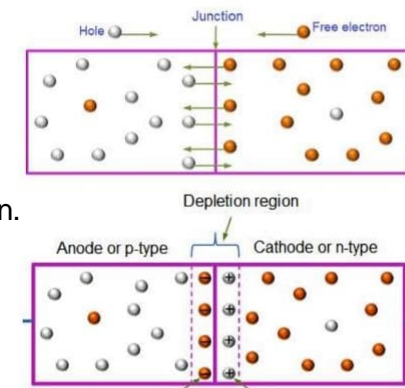


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Machine Translated by Google

Física dos LEDs

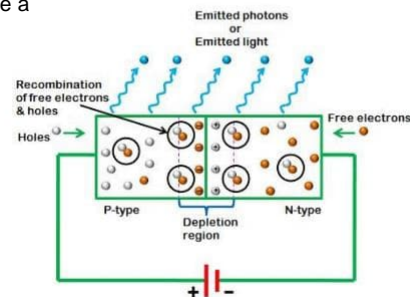
Semelhante a outros diodos semicondutores, os LEDs são baseados em uma junção pn.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

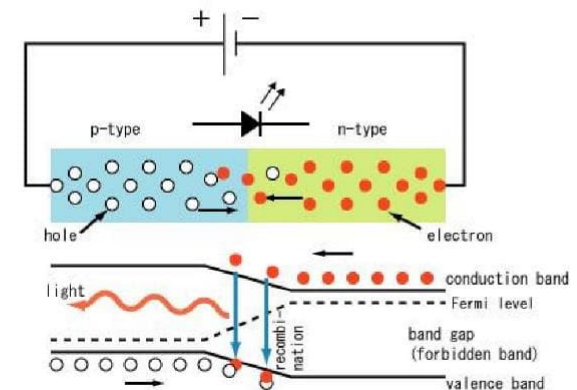
Física dos LEDs

- Polarização direta:
- o tipo p é conectado ao terminal positivo e o tipo n é conectado com o terminal negativo • A tensão maior que o potencial de barreira permite que a corrente flua através da junção pn • Os elétrons livres do lado n e os buracos do lado p são empurrados em direção à junção • Os elétrons livres na banda de condução liberam energia na forma de luz antes de se recombinarem com os buracos na banda de valência



Física do LED

Cada elétron libera um fóton de luz antes da recombinação.



Machine Translated by Google

Física do LED

A “cor” do fóton (e da luz) depende de sua energia.

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$h \dots 6,6262 \times 10^{-34} \dots$ constante de Planck

$c \dots 299\,792\,458 \text{ m/s} \dots$ velocidade da luz



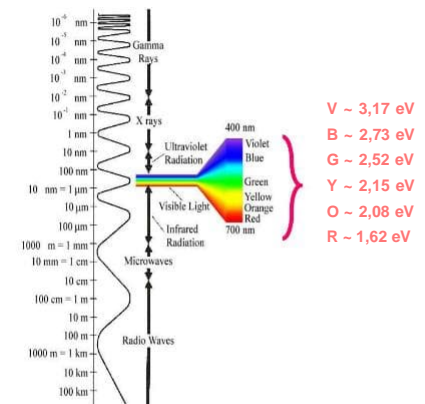
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Física do LED

A energia do fóton depende
do material usado, pois
diferentes materiais
semicondutores
têm diferentes
bandas de energia.

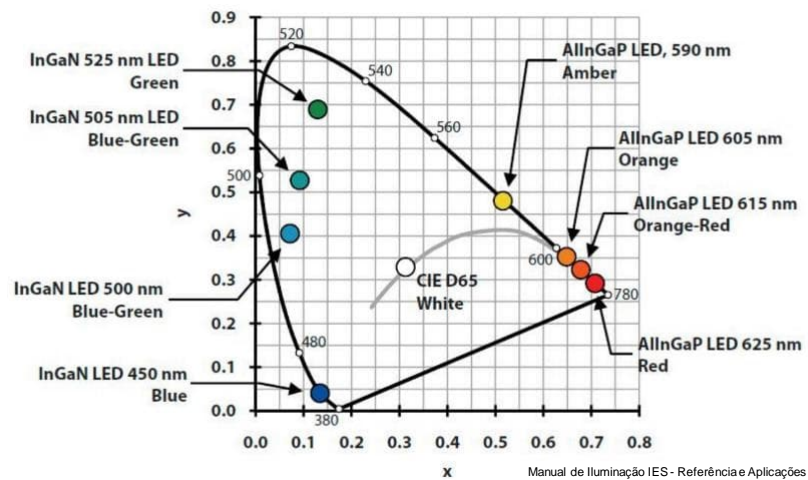


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Materiais semicondutores de LED



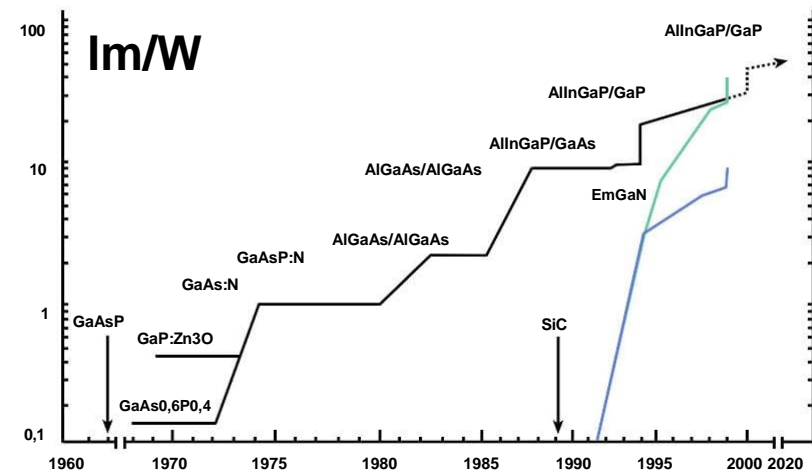
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



9

Machine Translated by Google

Materiais semicondutores de LED



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



10

Machine Translated by Google

Desenvolvimento de LEDs

1962 - Nick Holonyack Jr. desenvolve o LED vermelho, o primeiro LED de luz visível. Ele utilizou GaAsP (Fosfato de Arsenieto de Gálio) em um substrato de GaAs.

1972 - M. George Craford cria o primeiro LED amarelo na Monsanto usando GaAsP.

1979 - Shuji Nakamura desenvolve o primeiro LED azul brilhante do mundo usando GaN (nitreto de gálio). Somente na década de 1990 o LED azul se tornaria de baixo custo para produção comercial.



Nick Holonyack
Syracuse, NY

George Craford
St. Louis, MI

*Shuji Nakamura
Tokushima, Japan



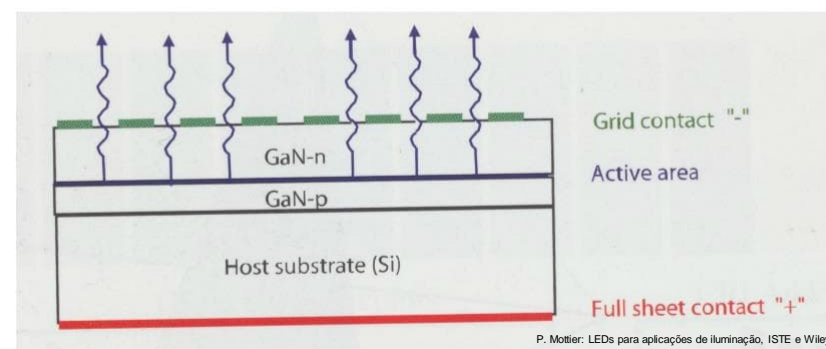
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Estrutura do chip de LED

Estrutura vertical ou VTF (vertical thin film): + contato na parte inferior, - contato na parte superior.



P. Motier: LEDs para aplicações de iluminação, ISTE e Wiley



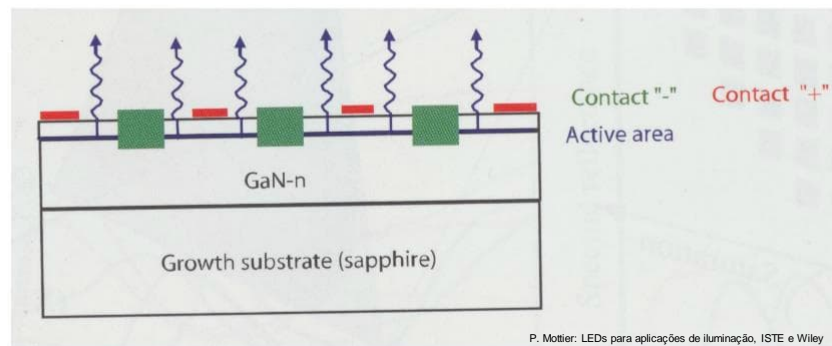
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Estrutura do chip de LED

Estrutura lateral padrão ou CC (chip comum):
contatos + e - na parte superior.



P. Mottier: LEDs para aplicações de iluminação, ISTE e Wiley



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

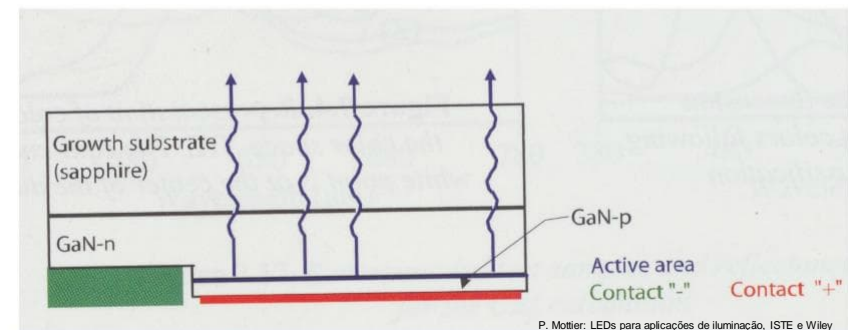


13

Machine Translated by Google

Estrutura do chip de LED

Estrutura lateral do flip chip ou FC (flip chip): contatos + e -
na parte inferior.



P. Mottier: LEDs para aplicações de iluminação, ISTE e Wiley



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



14

Machine Translated by Google

Terminologia LED

LED die, chip de LED: parte semicondutora do diodo emissor de luz

Junção de LED: parte do chip de LED, onde os componentes do tipo p e n do semicondutor se encontram

LED, diodo emissor de luz: dispositivo semicondutor de junção pn que emite radiação óptica quando polarizado diretamente

Abreviação: "LED"

NOTA: A emissão óptica pode estar nas regiões de comprimento de onda ultravioleta, visível ou infravermelho

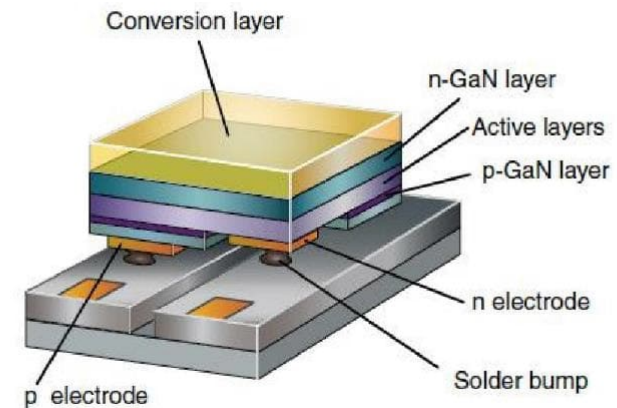


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Terminologia LED



© licht.de

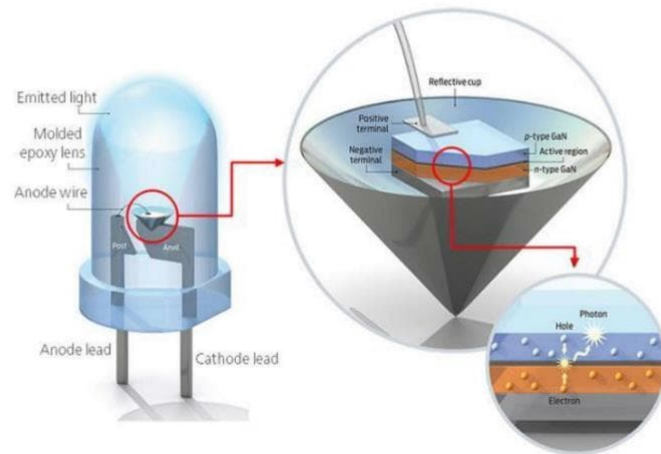


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Terminologia LED



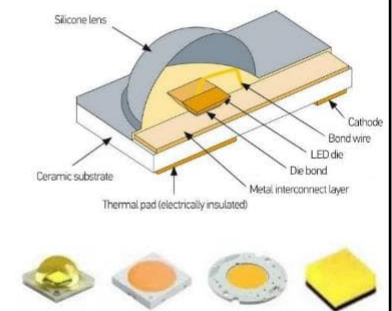
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

17

Machine Translated by Google

Terminologia LED

Pacote de LED: forma prática mais básica de um dispositivo de LED que integra um ou mais dados semicondutores em um único pacote e inclui interfaces elétricas, mecânicas e térmicas e possivelmente um elemento óptico



NOTA: O termo genérico LED normalmente se refere a um pacote de LED

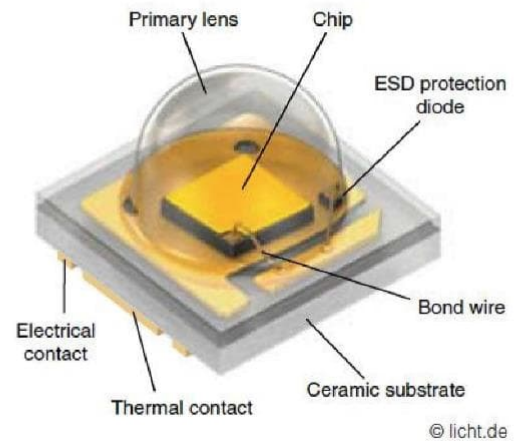


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

18

Machine Translated by Google

Terminologia LED



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



19

Machine Translated by Google

Terminologia LED

Matriz de LED: arranjo físico de mais de um Pacotes ou dados de LED em uma placa de circuito impresso ou substrato em uma estrutura geométrica

NOTA: Nenhum nível específico de integração de outros componentes mecânicos, elétricos ou ópticos está implícito neste termo



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



20

Machine Translated by Google

Terminologia LED

Módulo de LED: conjunto de um ou mais pacotes de LED com qualquer ou todos os componentes e interfaces elétricos, ópticos, mecânicos e térmicos incluídos

OBSERVAÇÃO: Requer conexão a uma fonte de energia e possivelmente controle externo para funcionar. Um módulo pode ser integrado permanentemente em uma lâmpada ou luminária, ou ser intercambiável



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Terminologia LED

Driver de LED:

componentes eletrônicos projetados para controlar uma fonte de energia ajustando a tensão de saída, a corrente ou o ciclo de trabalho para alternar ou controlar de outra forma a quantidade e as características da energia elétrica fornecida a um pacote de LED ou a uma matriz de LED



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Terminologia LED

Motor de luz LED: conjunto integrado composto por pacotes de LED ou módulos de LED, drivers de LED e/ou outros componentes ópticos, térmicos, mecânicos e elétricos

NOTA: O dispositivo destina-se a ser conectado diretamente à rede elétrica por meio de um conector personalizado compatível com a luminária LED para a qual foi projetado e não utiliza uma base padrão.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



23

Machine Translated by Google

Terminologia LED

Lâmpada de LED: lâmpada que compreende um ou mais pacotes de LED, um driver de LED e outros componentes ópticos, térmicos, mecânicos e elétricos para formar uma fonte de luz independente com um invólucro e soquete

padrão. NOTA: Este termo é usado com mais frequência no setor de substituição/adaptação de lâmpadas.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



24

Machine Translated by Google

Terminologia LED

Luminária LED: unidade de iluminação completa composta por elementos emissores de luz baseados em LED, equipamento de controle, peças para distribuir a luz, posicionar e proteger os elementos emissores de luz e conectar a unidade a uma rede elétrica

NOTA: Os elementos emissores de luz baseados em LED podem assumir a forma de pacotes de LED, módulos, motores de luz ou lâmpadas de LED



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Machine Translated by Google

Embalagem de LED

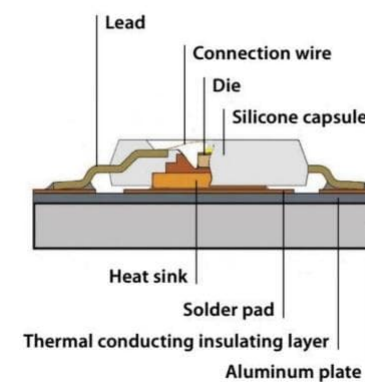
Praticamente todos os LEDs são montados em um pacote que fornece dois fios elétricos, uma janela óptica transparente para a luz escapar e, em pacotes de energia, um caminho térmico para dissipação de calor.

O material de encapsulamento do chip deve possuir

- alta

- transparência óptica
- alto índice de refração
- inércia química

- estabilidade de temperatura e
- hermeticidade.



Manual de Iluminação IES - Referência e Aplicações



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Machine Translated by Google

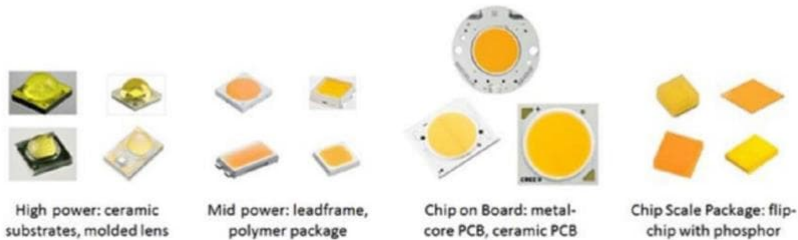
Embalagem de LED

Principais tipos de pacotes de LED usados em iluminação: Pacotes de alta potência (1 a 5 W)

Pacotes de potência média (0,1 a 0,5 W)

Pacotes de chip on board (COB) para densidade de lúmen muito alta

Pacotes em escala de chip (CSPs), também chamados de LEDs sem pacote



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

27

Machine Translated by Google

Eficiência e eficácia do LED

Potência óptica de saída / Potência óptica de entrada = Eficiência de tomada de parede: WPE, η_{wp} (% , W/W)

Fótons de saída / Elétrons de entrada = Eficiência quântica externa: EQE, η_{EQE} (%)

Fótons gerados internamente / Elétrons em = Eficiência Quântica Interna: IEQ, η_{IEQ} (%)

Fótons emitidos / Fótons gerados = Eficiência de extração: η_{ext} (%)

Energia do fóton / tensão aplicada x carga do elétron = Eficiência elétrica: η_{el} (%)

Lúmens de saída / Potência óptica de saída = Eficiência luminosa: LE (lm/W)

Lúmens de saída / potência elétrica de entrada = Eficácia luminosa (lm/W)

$$\text{Eficácia luminosa} = \text{IEQ} \cdot \eta_{ext} \cdot \eta_{el} \cdot \text{LE}$$

$$\text{IEQ} \cdot \eta_{ext} = \text{EQE}$$

$$\text{EQE} \cdot \eta_{el} = \text{WPE}$$

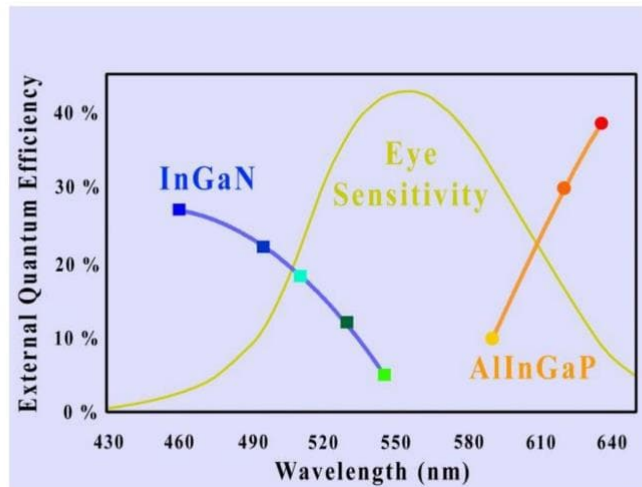
$$\text{WPE} \cdot \text{LE} \text{ (lm/W)}$$



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

28

Eficiência LED



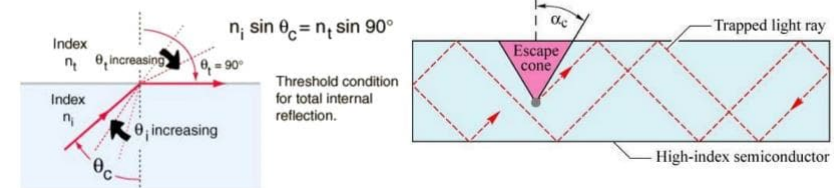
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Eficiência LED

A eficiência quântica interna pode ser melhorada usando melhorias nas estruturas e materiais da junção PN.

A extração de luz pode ser melhorada removendo materiais absorventes de luz da embalagem e minimizando os componentes refletivos internos totais.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



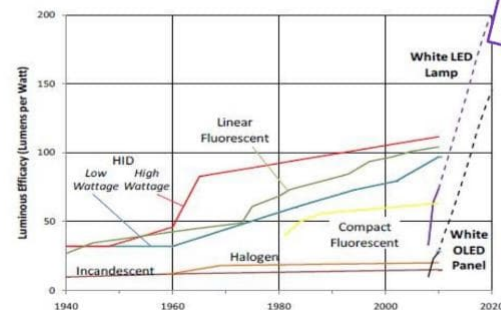
Machine Translated by Google

Eficiência e eficácia do LED

Estimativa de eficácia do pacote de LED em 2020: 225 e 231 lm/W (branco quente e frio)

Eficácia do pacote de LED a longo prazo: 250 lm/W

Eficácia da luminária LED a longo prazo: 230 lm/W (branco quente)



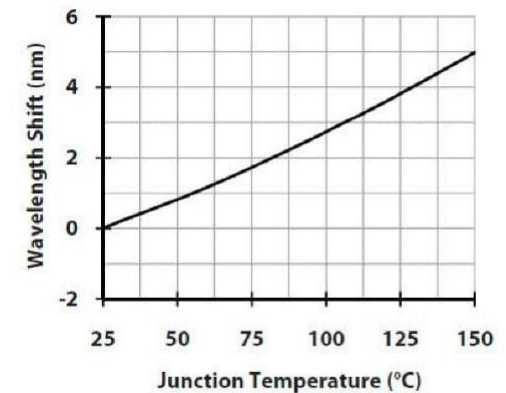
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



Machine Translated by Google

LEDs são sensíveis ao calor

Com temperaturas de junção mais altas, uma pequena mudança no comprimento de onda pode ser observada.

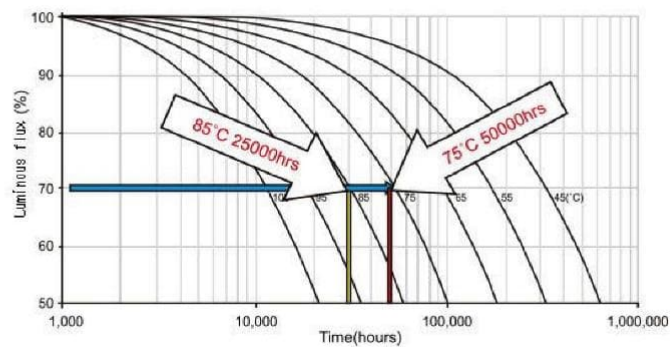


Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Machine Translated by Google

LEDs são sensíveis ao calor

Além disso, o tempo de vida útil diminui se a junção a temperatura é mais alta.



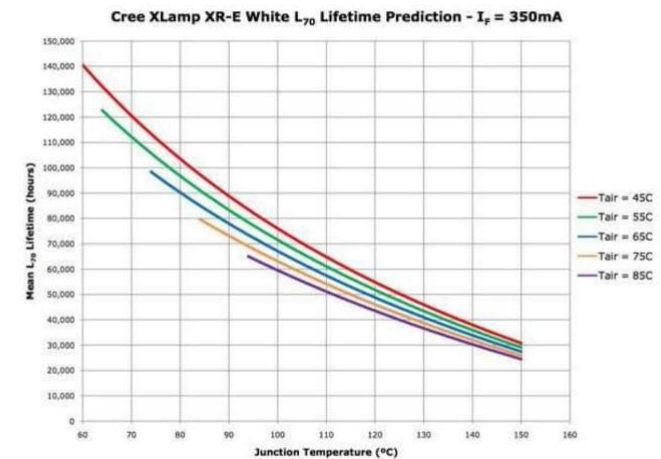
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



33

Machine Translated by Google

LEDs são sensíveis ao calor



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

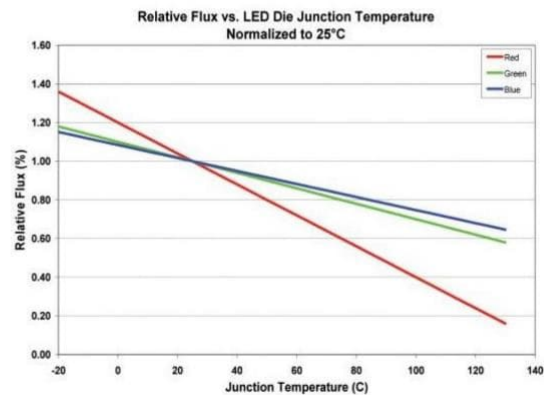


34

Machine Translated by Google

LEDs são sensíveis ao calor

O fluxo luminoso também é reduzido em temperaturas de junção mais altas.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

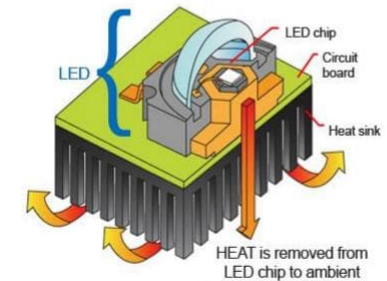
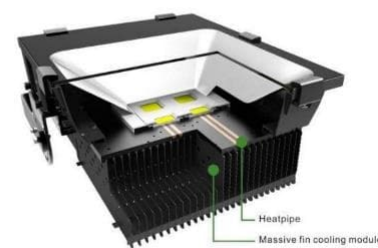


35

Machine Translated by Google

LEDs são sensíveis ao calor

- Devido ao impacto negativo da temperatura elevada da junção pn, é necessário garantir um bom resfriamento.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



36

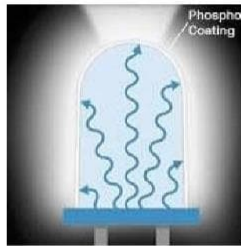
Machine Translated by Google

LED com luz branca

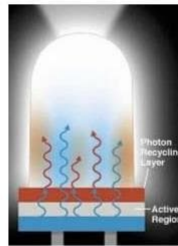
Na iluminação (mais ou menos) só podem ser utilizados LEDs com luz branca.



A luz branca é obtida como uma mistura de luz azul, verde e vermelha de três LEDs



A luz UV do LED UV é convertida em luz visível com a ajuda de fósforos fluorescentes.



Um fósforo especial é usado para converter parte da luz azul (do LED) em amarela um.



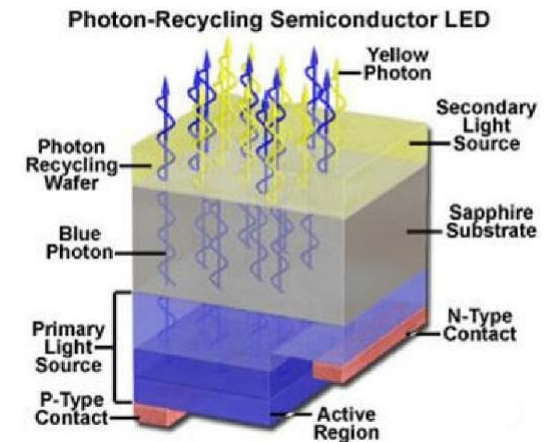
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

LED com luz branca

Atualmente, (quase) apenas LEDs brancos baseados em chip de LED azul e fósforo amarelo são usados.



<https://www.olympus-lifescience.com/tr/microscope-resource/primer/lightandcolor/ledsintro/>

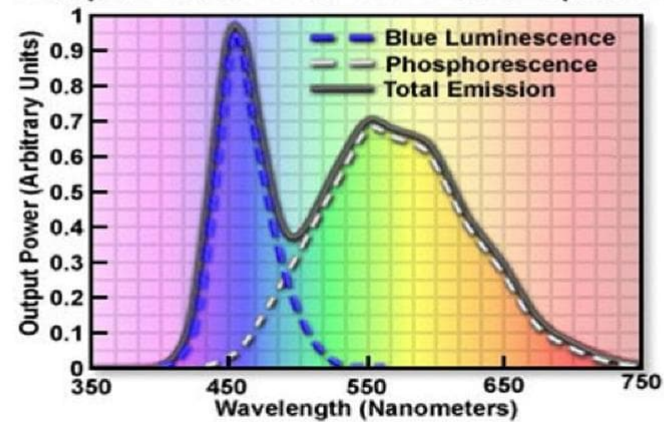


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



LED com luz branca

Phosphor-Based White LED Emission Spectrum



<https://www.olympus-lifescience.com/fr/microscope-resource/primer/lightandcolor/ledsintro/>

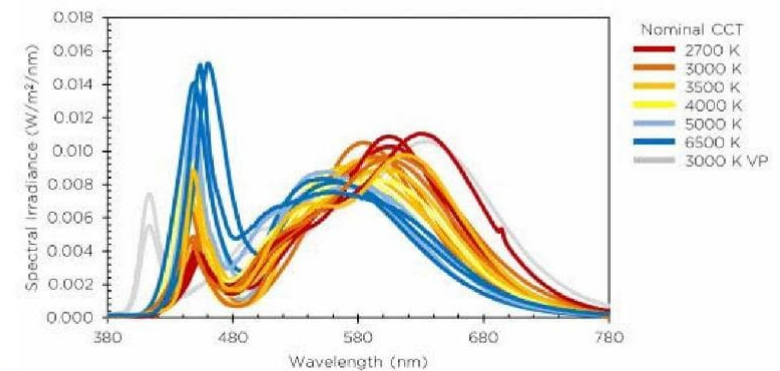


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



LED com luz branca

Com fósforos diferentes ou combinação de fósforos, o branco
É possível fabricar LEDs com diferentes CCT.



<https://thegreensunshineco.com/think-beyond-white-led-and-bulb-grow-lights-kelvin-and-color-temperature/>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

LED com luz branca

Características básicas: •

Temperatura de cor: 2700 K – 8000 K • Índice de reprodução de cor: até 95 • Eficácia luminosa:

100 lm/W – 200 lm/W • Vida útil: 8.000 a 100.000 horas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

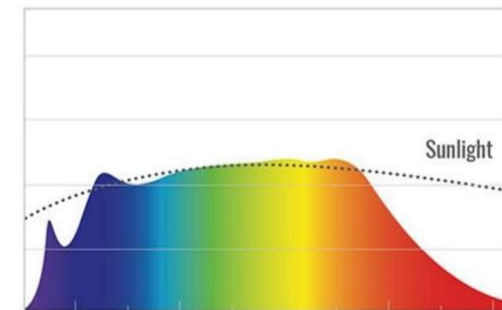
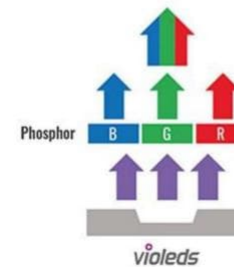


41

Machine Translated by Google

LED com luz branca

Nova geração de LED branco



<http://www.seoul-semicon.co.kr/en/technology/SunLike/>



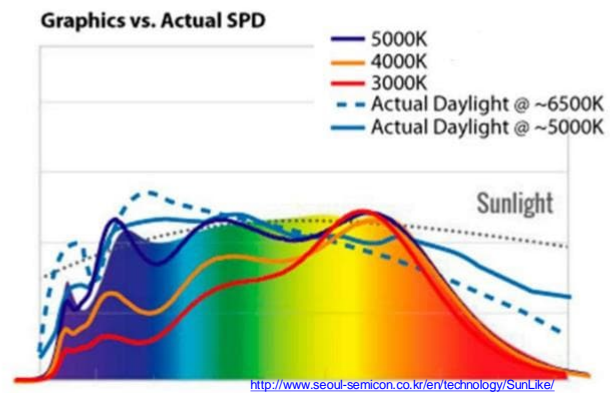
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



42

LED com luz branca

Espectro mais próximo do espectro solar e melhor CRI



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Vida útil do LED branco

Dois métodos de falha

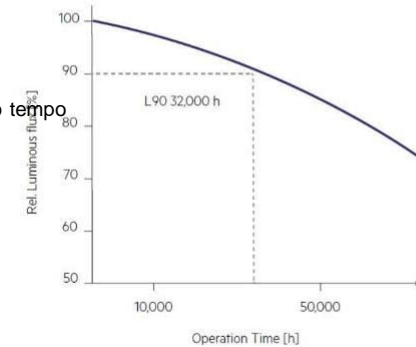
1. Catastrófico – Cessação abrupta e completa

- Relacionado ao dispositivo

- Sistema

relacionado 2. Degradação –
Deterioração contínua ao longo do tempo

- Perda de luz dependente do tempo • Mudança de cor dependente do tempo



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

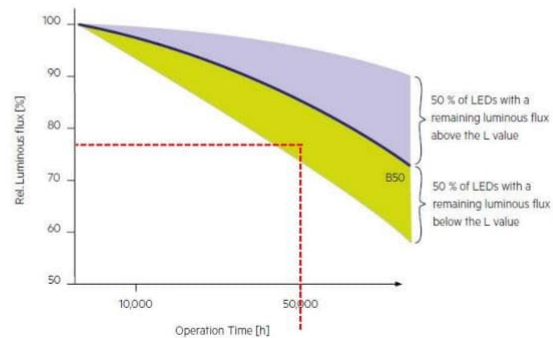


Machine Translated by Google

Vida útil do LED branco

- Valor L: degradação do lúmen no tempo declarado
- (%) • Valor B: quantos LEDs estão abaixo de L (%)
- (Valor C: quantos LEDs não estão mais funcionando (%))

L85B50: 50.000 h



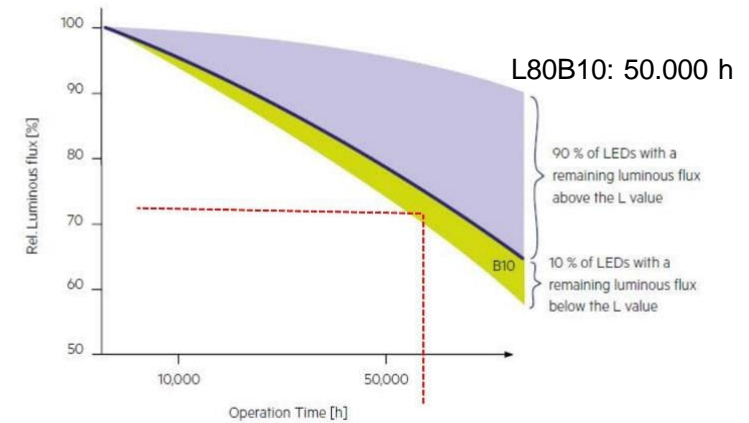
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



45

Machine Translated by Google

Vida útil do LED branco



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



46

Machine Translated by Google

Vida útil do LED branco

ELECTRICAL CHARACTERISTICS	
Rated voltage	220+240V 50/60Hz <i>(Standard tolerance +/-10%, other voltages and tolerances upon request)</i>
LED current	525mA , 700mA
Power factor	>0,9 (at full load - PLM) >0,95 (at full load - F, DA, DAC)
On-load switch	Included, with integrated cable clamp.
Mains connection	For cables max section 4mm²
Surge protection	SPD integrated 10kV-10kA, type II, with LED signal and thermo fuse to disconnect load at the end of life. Pulse withstand: CL.I: 10kV / 10kV CM/DM – CL.II: 9kV / 10kV CM/DM
Control system (options)	F: Fixed power not dimmable. DA: Automatic dimming (virtual midnight) with default profile. DAC: Custom DA profile. FLC: Constant light flux. PLM: Power Line single point communication system. WL: Wireless single point communication system. DALI: Digital dimming interface DALI. NEMA: Socket 7 pin (ANSI C136.41).
Optical unit lifetime (Tq=25°C, 700mA)	≥100.000hr L90B10 ≥100.000hr L90, TM-21

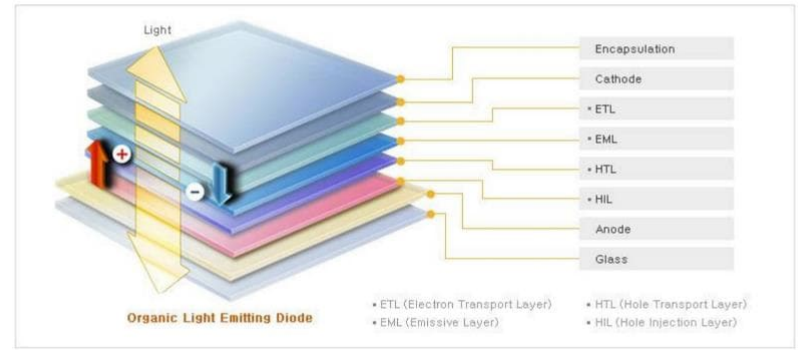


Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Machine Translated by Google

LED orgânico - OLED

Semelhante ao LED, mas materiais orgânicos são usados em camadas.

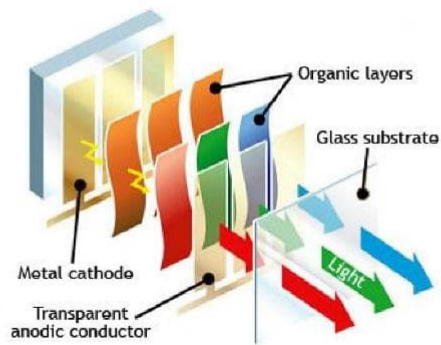


Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Machine Translated by Google

LED orgânico - OLED

Materiais diferentes produzem comprimentos de onda diferentes.
A luz branca pode ser produzida pela mistura de RGB...



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



49

Machine Translated by Google

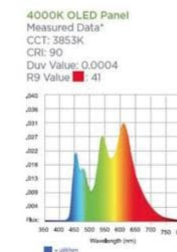
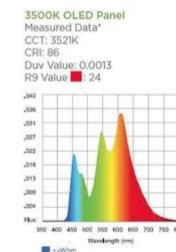
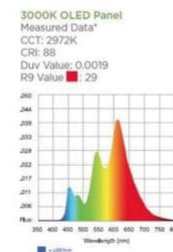
LED orgânico - OLED

Dados técnicos (produtos comerciais LG):

- Eficácia: 55 lm/W (3000 K), 60 lm/W (4000 K)
- CCT: 3000 K / 4000

K • CRI: até

90 • Vida útil: 40.000 h (3000 K), 30.000 h (4000 K)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



50

Machine Translated by Google

LED orgânico - OLED

Resultados esperados do projeto OLED100.eu do 7º PQ da UE (2008-2011)

- eficácia: 100 lm/W;
- vida útil: 100.000 h;
- tamanho até 100 x 100 cm²;
- preço: menos de 100 EUR/m².



Os parâmetros foram alcançados mas não em um único produto.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



51

Machine Translated by Google

LED orgânico - OLED

Problemas com a tecnologia OLED para iluminação: •

tecnologia de produção exigente; • baixa

eficiência; • vida útil

curta;

• quebra instantânea;

• preço alto;



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



52

Machine Translated by Google

LED orgânico - OLED



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



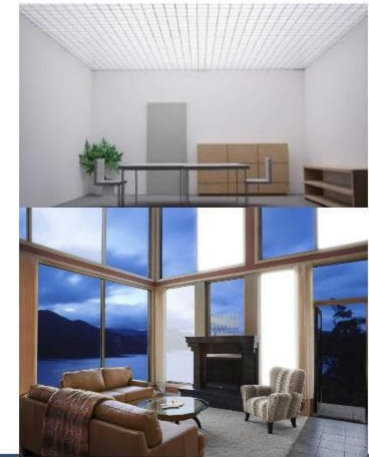
53

Machine Translated by Google

LED orgânico - OLED

Possibilidades de utilização:

- iluminação geral – grandes áreas de iluminação com baixa luminância (teto, janelas, ...);
- decoração leve de elementos arquitetônicos;
- iluminação orientada para o ser humano.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



54

Machine Translated by Google

Resumo


- Os LEDs são, por muitos critérios, a melhor fonte de luz até hoje. Mas também apresentam algumas desvantagens.
- LEDs são fontes de luz monocromáticas, então para obter luz branca precisamos combinar LEDs RGB ou usar chip azul ou violeta e fósforo apropriado.
- Um dos principais problemas é o mau gerenciamento de calor. Temperaturas mais altas na junção pn reduzem a saída de luz e a vida útil.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google



Co-funded by
the European Union


Utilização da luz natural

1


Machine Translated by Google

Conteúdo

- Objetivo, introdução e natureza da luz natural
- Fator de luz natural e outras métricas de luz natural
- Considerações sobre o projeto de luz natural
- Sistemas de luz natural
- Economia de energia com luz natural



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



2

Machine Translated by Google


Luz do dia, uma fonte de luz única

A luz do dia se distingue como fonte de luz por seus espectros e distribuições únicos e mutáveis. Pode:


- aumentar a satisfação dos ocupantes
- conservar energia


Essas considerações devem ser devidamente abordadas • projeto de visualização • controle de brilho • fatores humanos • integração de sistemas de construção

É essencial que os efeitos da luz natural sejam considerados em qualquer espaço onde a luz natural seja admitida, mesmo que não seja explorada como fonte de luz, para evitar problemas com ofuscamento e danos aos materiais.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union







3

Machine Translated by Google


Luz do dia, uma fonte de luz única

Para usar a luz natural de forma eficaz, os seguintes fatores devem ser levados em consideração: • Fatores humanos, incluindo fisiologia, percepção, preferências e comportamento • Efeitos da luz natural em todos os materiais, incluindo móveis, obras de arte e plantas • Admissão controlada de luz solar direta • Admissão controlada de luz natural difusa • Efeitos do terreno local, paisagismo e edifícios próximos na luz disponível • Integração de sistemas de construção, incluindo iluminação elétrica, fenestração, geometria e acabamentos internos, mas e sistemas de controle automático e sistemas de controle climático ativo





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



4

Machine Translated by Google

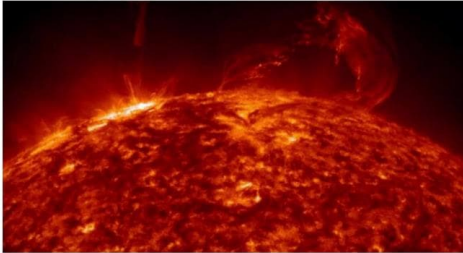
Sol, a fonte da luz do dia


O sol é uma grande nuvem de hidrogênio de alta temperatura gás.


Como os átomos de hidrogênio são mantidos juntos em tal pressão e alta temperatura é possível para energia nuclear a fusão ocorra e o hidrogênio seja convertido em elementos mais pesados, principalmente hélio.

Este processo libera muita energia que mantém o sol quente.

Porque o sol é tão quente que ele irradia energia por incandescência.





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Machine Translated by Google

Sol, a fonte da luz do dia

O sol é a maior fonte de luz da Terra. A luz solar não só nos ilumina para enxergarmos, como também alimenta todo o ecossistema da Terra.

A luz do sol pode atingir a Terra em dois caminhos:

Diretamente como **a luz do sol**





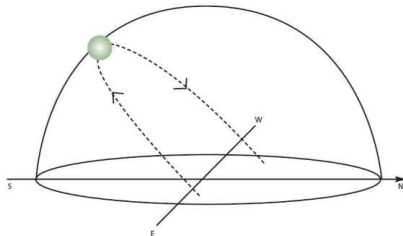
Depois de ter sido modificado e redistribuído pela atmosfera, como claraboia



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Luz solar

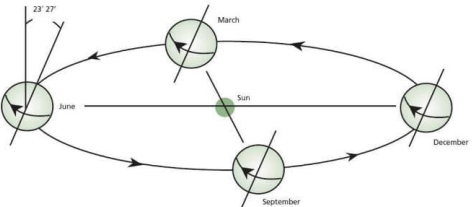
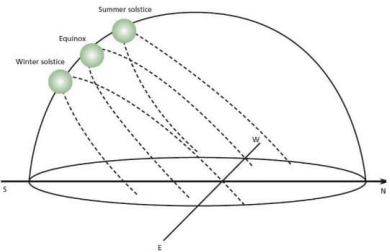
A chave para entender a luz do sol é saber onde o sol estará no céu em qualquer momento ou data em relação ao local em questão.



Em qualquer dia, o sol nasce no leste. No hemisfério norte, o sol então nasce no céu do sul, atingindo sua altitude máxima ao sul ao meio-dia solar e passando pelo céu do sul antes de se pôr no oeste.



Sol, a fonte da luz do dia

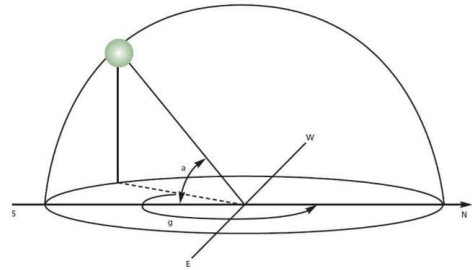


Em diferentes épocas do ano, o sol segue trajetórias diferentes no céu. O ângulo de inclinação da trajetória do sol em relação à perpendicular é igual à latitude do local. Para entender as razões por trás dessas trajetórias solares e ser capaz de prever a posição do sol a qualquer momento, é necessário considerar os movimentos relativos do sol e da terra.





Machine Translated by Google

A posição do sol em termos de altitude solar (a) e azimuth (g)

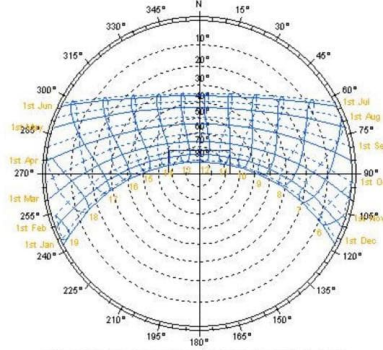


Existem fórmulas disponíveis para calcular a posição do sol a qualquer hora e em qualquer data, no entanto, é preciso ter cuidado nos cálculos, pois eles se baseiam em funções trigonométricas inversas e é muito fácil confundir os resultados, pois a maioria das funções pode assumir o mesmo valor para mais de um ângulo.

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Machine Translated by Google

Como encontramos a posição do sol?





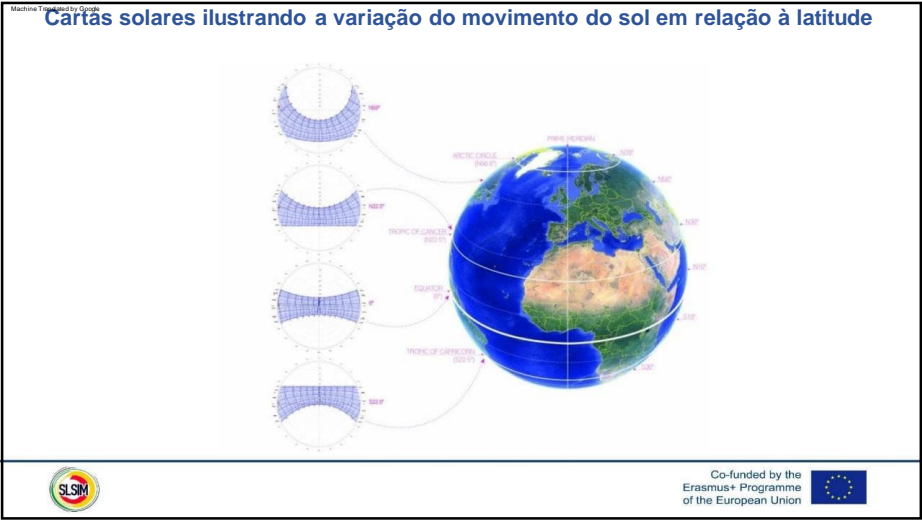
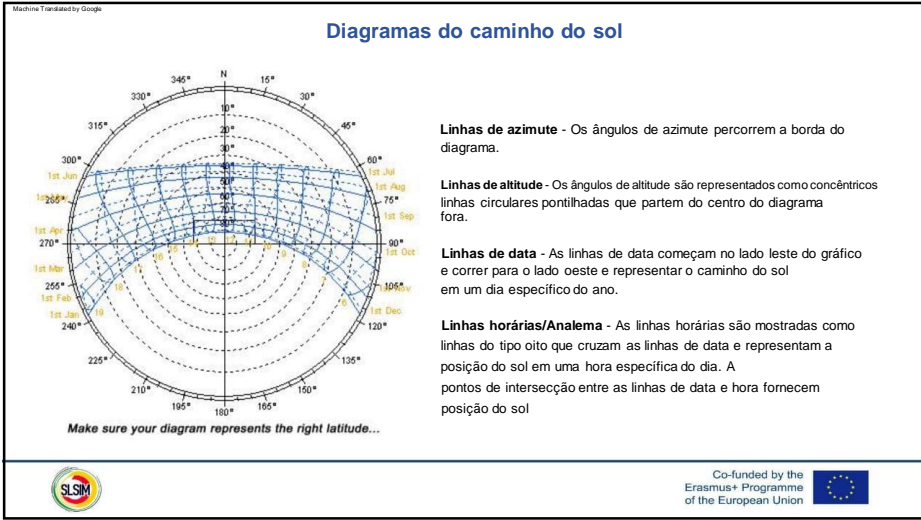
Os diagramas do caminho do sol podem dizer muito sobre como o sol impactará seu local e edifício ao longo do ano.

Os diagramas estereográficos do caminho do sol podem ser usados para ler o azimuth solar e altitude para um determinado local.

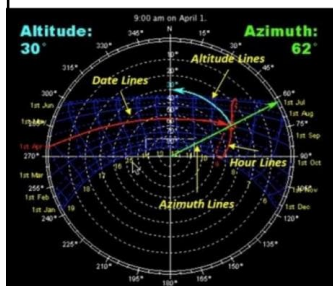
Observe que esses diagramas estereográficos não são exatamente como uma foto olho de peixe: tal imagem seria invertida da esquerda para a direita. Esses diagramas são do ponto de vista do céu olhando para o chão, você pode sobrepor em um mapa ou planta do edifício sem ser confundido

Make sure your diagram represents the right latitude...

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 



Como ler diagramas de trajetória solar



Às 9h... do dia 1º de abril... o azimute é 62º e a altitude é 30º

1. Localize a linha horária necessária no diagrama.
2. Localize a linha de data desejada, lembrando que as linhas sólidas são usadas para Jan-Jun e linhas pontilhadas para Julho-Dez.
3. Encontre o ponto de interseção das linhas horária e de data. Lembre-se de interseccionar sólido com sólido e pontilhado com linhas pontilhadas.
4. Desenhe uma linha partindo do centro do diagrama, passando pelo ponto de interseção, até o perímetro do diagrama.
5. Leia o azimute como um ângulo medido no sentido horário a partir do norte. Neste caso, o valor é cerca de 62°.
6. Trace um círculo concêntrico do ponto de interseção até o eixo vertical norte, no qual são exibidos os ângulos de altitude.
7. Interpole entre as linhas do círculo concêntrico para encontrar a altitude. neste caso o ponto de interseção fica exatamente na linha de 30°.
8. Isso fornece a posição do sol, totalmente definida como um azimute e altitude.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Clarabóia

A luz do sol é espalhada pela atmosfera e a distribuição e a quantidade de luz recebida no solo o nível depende das condições atmosféricas.



Céu limpo



Parcialmente nublado



Céu nublado

À medida que a luz solar passa pela atmosfera, uma parte é espalhada pela poeira, vapor de água e outras partículas suspensas. Esta dispersão, atuando em conjunto com as nuvens, produz a luminância do céu. Os céus são divididos em três categorias: (1) claro, (2) parcialmente nublado e (3) nublado. Quando o céu não está completamente nublado, a distribuição da luminância do céu pode mudar rapidamente e em grande quantidade, à medida que o sol é alternadamente obscurecido, parcialmente obscurecido ou totalmente revelado.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union





Machine Translated by Google

Tipos de céu padrão CIE

Para calcular a distribuição da luminância sob diversas condições atmosféricas, pode-se utilizar a norma EN 15469: 2004: *Distribuição espacial da luz natural — padrão CIE para céu geral*. Esta norma lista uma série de 15 distribuições do céu e fornece uma fórmula que pode ser usada para calcular a distribuição relativa da luminância do céu.

Type Number	Description of luminance distribution	Type Number	Description of luminance distribution
1	CIE Standard Overcast Sky, steep luminance gradation towards zenith, azimuthal uniformity	8	Partly cloudy sky, no gradation towards zenith, distinct solar corona
2	Overcast, with steep luminance gradation and slight brightening towards the sun	9	Partly cloudy, with the obscured sun
3	Overcast, moderately graded with azimuthal uniformity	10	Partly cloudy, with brighter circumsolar region
4	Overcast, moderately graded and slight brightening towards the sun	11	White-blue sky with distinct solar corona
5	Sky of uniform luminance	12	CIE Standard Clear Sky, low luminance turbidity
6	Partly cloudy sky, no gradation towards zenith, slight brightening towards the sun	13	CIE Standard Clear Sky, polluted atmosphere
7	Partly cloudy sky, no gradation towards zenith, brighter circumsolar region	14	Cloudless turbid sky with broad solar corona
		15	White-blue turbid sky with broad solar corona

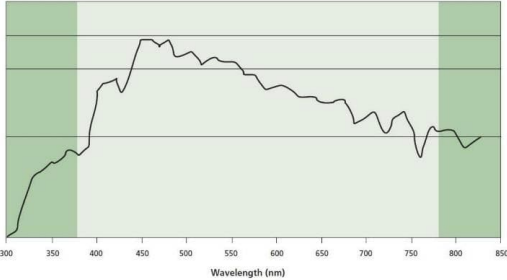


Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union


Machine Translated by Google


Espectro típico do céu

A cor da luz do sol e do céu depende não apenas da cor da luz do sol, mas também da maneira como a luz é absorvida e espalhada pela atmosfera.



Espectro padronizado de luz natural da Publicação CIE 15.2 que fornece fórmulas para o cálculo de espectros de luz natural de diferentes temperaturas de cor



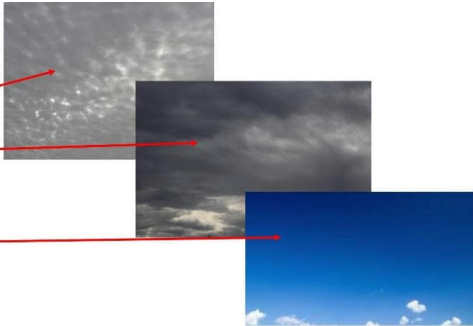
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union


Machine Translated by Google

Temperaturas de cor correlacionadas típicas do céu


Valores aproximados de temperatura de cor correlacionada para várias condições do céu

Sky condition	CCT (K)
Bright midday sun	5,200
Lightly overcast sky	6,000
Heavily overcast sky	6,500
Hazy sky	8,000
Deep blue clear sky	20,000





Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

O solo como fonte de luz natural



A luz refletida do solo pode ser importante no projeto de iluminação natural. Essa luz, por sua vez, é refletida do teto ou das paredes para outras superfícies internas. Em elevações iluminadas pelo sol, a luz refletida do solo normalmente representa de 10 a 15% da luz natural total que chega a uma janela. Frequentemente, esse valor excede em superfícies de solo de cores claras, como areia e neve. Em exposições sombreadas, ela pode representar uma parcela ainda maior da luz total que chega a uma janela, dependendo das condições do céu e do projeto do edifício.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Uso da luz do dia

Uma das primeiras decisões a serem tomadas ao abordar o projeto de iluminação de interiores é qual será o papel da luz natural. A função dependerá do uso do edifício, mas a decisão deve ser registrada com antecedência e fazer parte do briefing. As funções podem ser qualquer uma ou uma combinação das seguintes:

- proporcionar uma vista para o exterior
- fornecer luz suficiente para trabalhar
- economizar energia
- fornecer iluminação para tarefas específicas que exigem excelente reprodução de cores
- melhorar a aparência do espaço, proporcionando variações significativas na iluminação

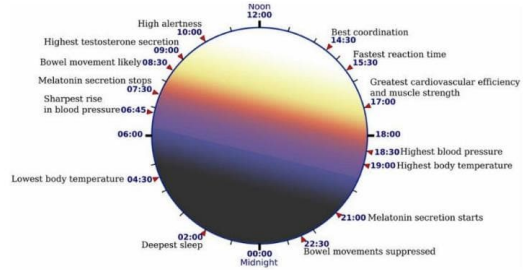





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 


Machine Translated by Google

A luz do dia é um estimulante eficaz para o sistema visual humano e o sistema circadiano humano




O sistema circadiano em animais e humanos, tendo um ciclo de duração próxima, mas não exatamente, de 24 horas, precisa ser redefinido diariamente para permanecer em sincronia com o tempo do ambiente externo. Esse processo de sincronização é alcançado na maioria dos mamíferos por meio da exposição regular à luz e à escuridão.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Machine Translated by Google

A luz do dia e a vista são muito desejadas



Psicologicamente, a luz do dia e a vista são muito desejado e, conseqüentemente, pode ter benefícios para bem-estar humano.

A hipótese da biofilia, também chamada de BET, sugere que os humanos possuem uma tendência inata para buscar conexões com a natureza e outras formas de vida.
(Eduardo Wilson)

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

21

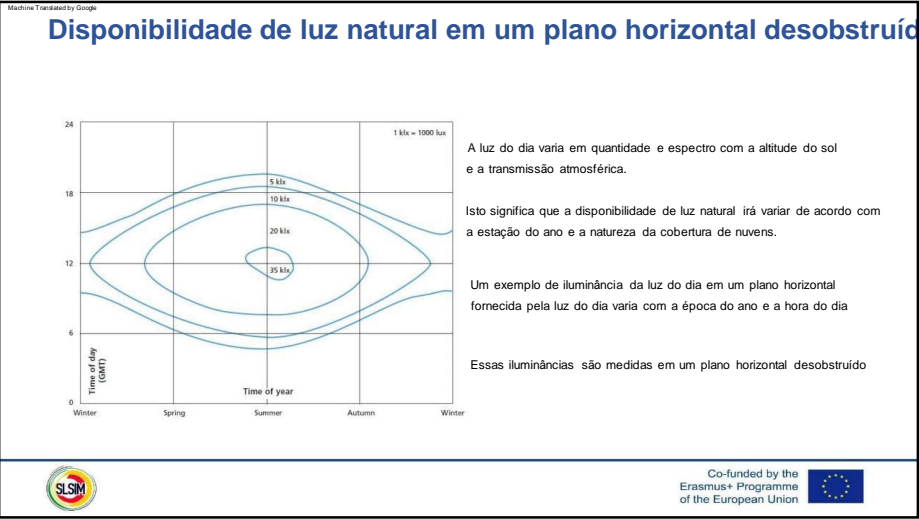
Machine Translated by Google

Conteúdo

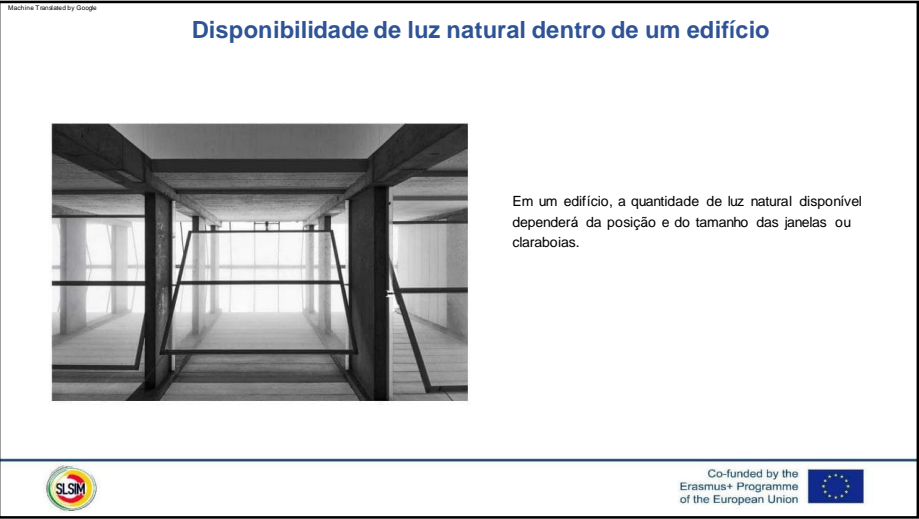
- Introdução objetiva e natureza da luz natural
- Fator de luz natural e outras métricas de luz natural
- Considerações sobre o projeto de luz natural
- Sistemas de luz natural
- Economia de energia com luz natural

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

22



23



24

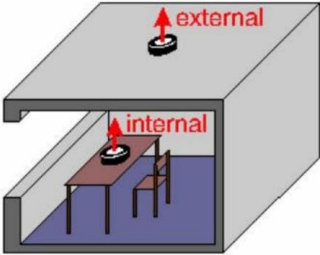
Machine Translated by Google

Fator de luz do dia

A contribuição da luz natural dentro de uma sala é dada pela fator de luz natural em conjunto com a disponibilidade de luz natural. Isso pode indicar um mínimo, uma faixa ou uma média.

O fator de luz natural é definido como a razão entre a iluminância em um ponto dentro de um edifício para a iluminância em um superfície horizontal desobstruída na mesma posição.

O fator de luz natural geralmente é expresso como uma porcentagem.



The diagram shows a 3D perspective of a room. On the ceiling, there is a circular light meter icon with a red arrow pointing upwards, labeled 'external'. Inside the room, on a table, there is another circular light meter icon with a red arrow pointing upwards, labeled 'internal'.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Machine Translated by Google

Componentes do fator de luz natural

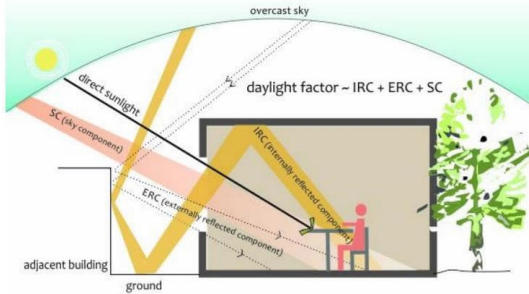
O fator de luz natural é a soma de três componentes:

- Componente do céu SC,
- Componente refletido internamente no IRC
- Componente refletido externamente no ERC

O componente do céu é a luz que atinge o ponto de medição diretamente do céu.

O componente refletido internamente é a luz do dia que chega ao ponto de medição após reflexão dentro da sala.

O componente refletido externamente é a luz do dia que chega ao ponto de medição após reflexão fora da sala.



The diagram illustrates the components of the daylight factor. It shows a room with a person sitting at a desk. Light rays are shown entering from the sky (labeled 'overcast sky') and reflecting off the ground and adjacent building (labeled 'adjacent building' and 'ground'). The diagram labels the 'direct sunlight' and the 'SC (sky component)'. It also shows the 'IRC (internally reflected component)' and the 'ERC (externally reflected component)'. The formula 'daylight factor = IRC + ERC + SC' is shown.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Machine Translated by Google

Disponibilidade de luz natural de acordo com o fator de luz natural

Na Europa existem normas para verificar a disponibilidade de luz natural no interior dos edifícios

EN 15193: Desempenho energético dos edifícios —
Requisitos de energia para iluminação


CEN/TC 169/WG 11 Luz do dia

Table C.1b Daylight penetration as function the daylight factor.


Classification		Daylight Penetration (Access of the zone to daylight)
D_f	D	
$D_f \geq 6\%$	$D \geq 3\%$	Strong
$6\% > D_f \geq 4\%$	$3\% > D \geq 2\%$	Medium
$4\% > D_f \geq 2\%$	$2\% > D \geq 1\%$	Weak
$D_f < 2\%$	$1 < D\%$	None

Table A.2 — Minimum values of D for windows and rooflights to exceed an illuminance level of 100, 300, 500 or 750 lx for a fraction of daylight hours $F_{\text{min},\%} = 50\%$ for 33 European capital cities.

	Capital ^a	Latitude [°]	Median External Diffuse Illuminance $E_{\text{d,med}}$	Minimum value of D to exceed 100 lx during 50% of daylight hours	Minimum value of D to exceed 300 lx during 50% of daylight hours	Minimum value of D to exceed 500lx during 50% of daylight hours	Minimum value of D to exceed 750lx during 50% of daylight hours
Cyprus	Nicosia	34.88	18100	0.6%	1.7%	2.8%	4.1%
Malta	Valletta	35.54	16500	0.6%	1.8%	3.0%	4.5%
Greece	Athens	37.9	19400	0.5%	1.5%	2.6%	3.9%



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



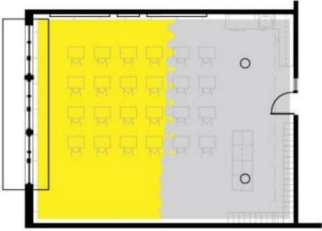
Machine Translated by Google

Existem mais métricas de luz do dia


Autonomia Espacial de Luz Natural (sDA):

Porcentagem da área do piso que recebe pelo menos 300 lux por pelo menos 50% das horas anuais ocupadas


A Autonomia Espacial de Luz Natural (sDA) examina se um espaço recebe luz natural suficiente durante o horário de funcionamento padrão (8h às 18h) anualmente, utilizando grades de iluminância horária no plano de trabalho horizontal. Em vez de coletar dados de um ano em campo, a sDA é calculada virtualmente por meio de [simulação computacional com parâmetros precisos. Ela faz referência a um arquivo climático local — como um arquivo de dados EnergyPlus disponível no Departamento de Energia dos EUA](#) — para gerar mapas de iluminância horária nos pacotes de software de iluminação e incorpora um algoritmo para aproximar a operação manual de persianas.



sDA_{300, 50%}
■ 51%–100%
■ 0–50%



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

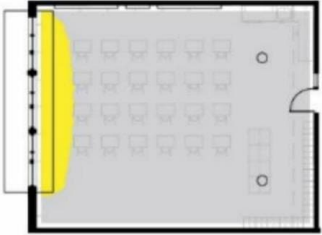


28

14

Machine Translated by Google

Exposição anual à luz solar (ASE)




10.1% ASE_{1,000 lux, 250 hours}
604 average hours

Um proxy para brilho e superaquecimento


Com níveis mais elevados de suficiência de luz natural, surge o potencial de ofuscamento e ganho de calor solar. É aí que entra a Exposição Anual à Luz Solar (ASE). Destinada a complementar a sDA, a ASE visa ajudar os projetistas a limitar o excesso de luz solar em um espaço. Embora a ASE seja uma aproximação rudimentar para fenômenos de ofuscamento, ela mede a presença de luz solar usando grades de iluminância horizontais horárias anuais em vez de medidas de luminância, portanto, tecnicamente não é uma métrica de ofuscamento.

O ASE usa 1.000 lux simulados como um valor indicador para a luz solar, mas o valor simulado pode diferir significativamente do que é medido no mundo físico, que considera superfícies de reflexão secundárias.

Assim como o sDA, os valores de ASE variam de zero a 100%, sendo que este último sugere que toda a área do piso do espaço em questão excede o valor simulado de 1.000 lux por pelo menos 250 horas por ano. Assim, para reduzir o potencial de ofuscamento e estresse térmico, os projetistas devem buscar valores de ASE baixos.



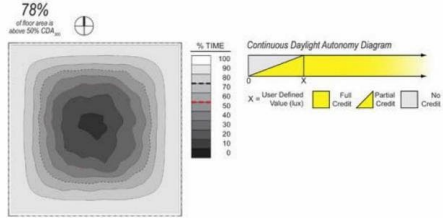
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



29


Machine Translated by Google

Autonomia Contínua de Luz Natural (cDA)




78%
of floor area is above 300 cDA₃₀₀

Autonomia Contínua de Luz Natural (cDA) é uma modificação básica da Autonomia Contínua de Luz Natural. A Autonomia Contínua de Luz Natural concede crédito parcial de forma linear a valores abaixo do limite definido pelo usuário. Se 300 lux fossem especificados como o limite de DA (DA300) e um ponto específico excedesse 300 lux 50% do tempo em uma base anual, então a cDA300 poderia resultar em um valor de aproximadamente 55-60% ou mais. Por exemplo, digamos que um determinado ponto da grade interna tenha 150 lux devido à luz natural em um determinado intervalo de tempo, a DA300 daria a ele 0 crédito para esse intervalo de tempo, enquanto a cDA300 daria a ele $150/300 = 0,5$ crédito para esse intervalo de tempo. Para os gráficos acima, selecionamos um limite de Autonomia Contínua de Luz Natural de 300 lux (cDA300). Os valores percentuais gráficos representam a porcentagem da área do piso que excede 300 lux por pelo menos 50% do tempo, dando crédito parcial para intervalos de tempo abaixo de 300 lux.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



30

4/5

Machine Translated by Google

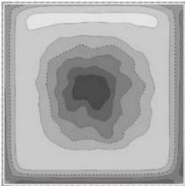
Illuminância útil da luz do dia (UDI)

A Iluminância Útil da Luz Natural (IUD) é uma modificação da Autonomia da Luz Natural. Esta métrica agrupa valores horários com base em três faixas de iluminação: 0-100 lux, 100-2000 lux e acima de 2000 lux. Ela atribui crédito total apenas a valores entre 100 lux e 2.000 lux, sugerindo que valores de iluminação horizontal fora dessa faixa não são úteis. Há um debate significativo sobre a seleção de 2.000 lux como um "limite superior" acima do qual a luz natural não é desejada devido ao potencial ofuscamento ou superaquecimento. Há pouca pesquisa que sustente a seleção de 2.000 lux como um limite superior absoluto. Os valores percentuais gráficos representam a porcentagem da área do piso que atende aos critérios da IUD em pelo menos 50% da área.

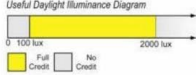
tempo.

84%

of floor area achieving at least 50% UDI





% TIME



0 100 lux 2000 lux

Full Credit No Credit



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 


Machine Translated by Google

Porcentagem de saturação de luz natural (DSP)

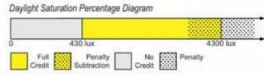
A Porcentagem de Saturação da Luz Natural (DSP) é uma modificação da Iluminância Útil da Luz Natural que aumenta o limite inferior para 40 footcandles (precisamente 430 lux) e o limite superior para 400 footcandles (precisamente 4.300 lux). Ela vai além, penaliza valores horários anuais acima de 400 footcandles, forçando-os a serem subtraídos dos valores horários anuais dentro da faixa de 40 a 400 footcandles. O Comitê de Iluminação e Iluminação Natural do programa Collaborative for High Performance Schools o desenvolveu em 2006. Os valores percentuais gráficos representam a porcentagem da área do piso que atende aos critérios da DSP em pelo menos 50% do tempo, além de contabilizar a penalidade por horas acima do limite superior de 400 footcandles.

41%

of floor area achieving at least 50% DSP





% TIME



0 430 lux 4300 lux

Full Credit Penalty Subtraction No Credit Penalty





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Machine Translated by Google

Tabela de comparação de métricas de luz natural



	Cloudy skies	Clear skies and sun position	Solar movement	Variable sky and solar intensity (TIMY data)	Upper limits on illumination	Blinds operation
Daylight factor	Yes	NO	NO	NO	NO	NO
Single Point in Time (lux, fc)	Yes	Yes	NO	NO	NO	NO
Animated single point in time	Yes	Yes	Yes	NO	NO	NO
UDI DSP	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	NO
LM-83 Spatial Daylight Autonomy	Yes	Yes	Yes	Yes	NO	“Yes”



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



Machine Translated by Google

Usando métricas de luz natural para comparações





Aon

Aon % floor area	33%	52%	38%	53%	78%	84%	41%
	Sept 12pm Overcast >300 lux	Sept 12pm Sunny >300 lux	Daylight Factor >2%	Daylight Autonomy >50% time, DA ₅₀₀ lux	Continuous Daylight Autonomy >50% time, DA ₃₀₀ lux	Useful Daylight Illuminance >50% time >100 lux <430 lux	Daylight Saturation % >50% time >430 lux <4300 lux*
AllianzKai % floor area	89%	100%	96%	87%	97%	73%	54%



AllianzKai



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Conteúdo

- Introdução objetiva e natureza da luz natural
- Fator de luz natural e outras métricas de luz natural
- Considerações sobre o projeto de luz natural
- Sistemas de luz natural
- Economia de energia com luz natural



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

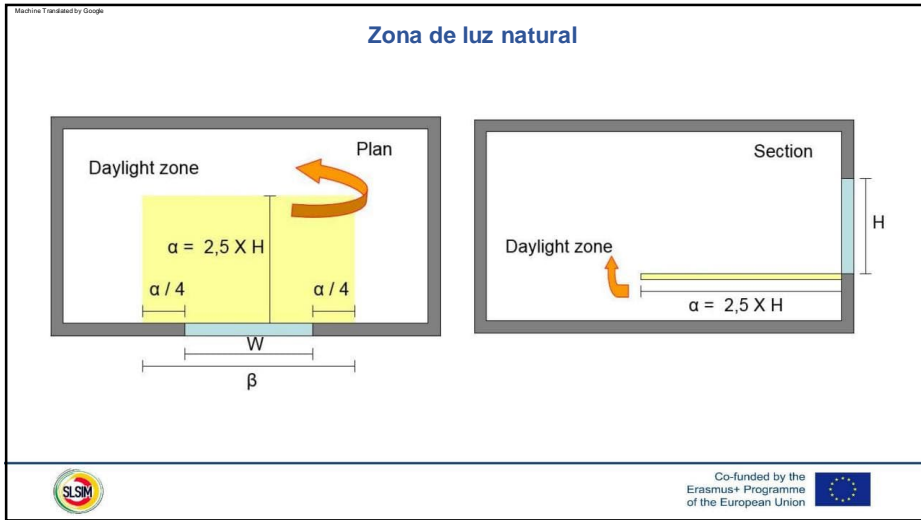


Funções e considerações de design de janelas e sistemas de iluminação natural

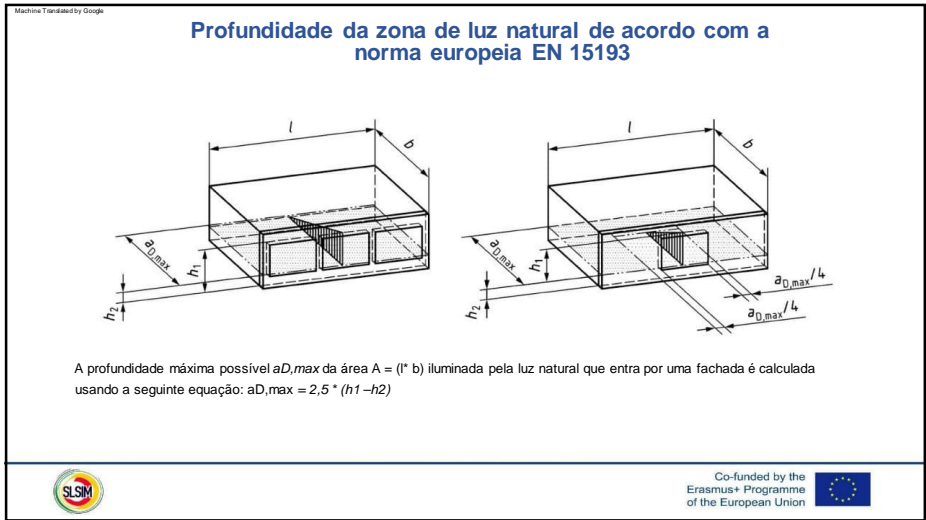


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



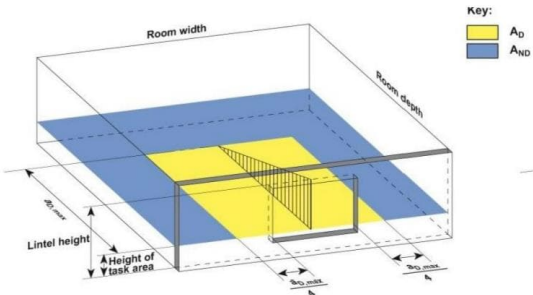


37



38

Largura da zona de luz natural de acordo com EN 15193



A largura máxima possível da zona de luz natural é a largura da janela mais $a_{D,max}/4$ em ambos os lados da abertura

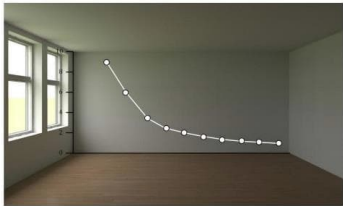


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



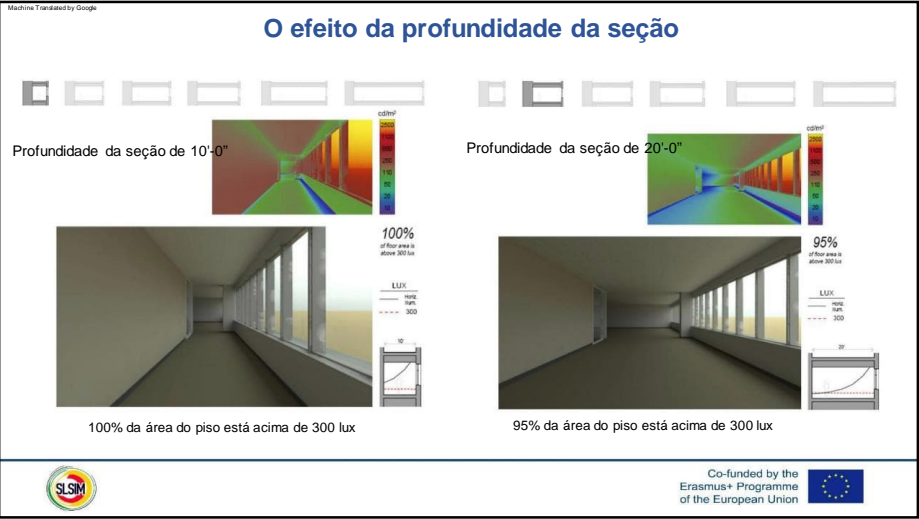
Como as zonas de luz natural afetam o design

- Seu tamanho e volume podem afetar •
- A quantidade de luz que chega ao fundo de uma sala • A
- seleção do controle de comutação

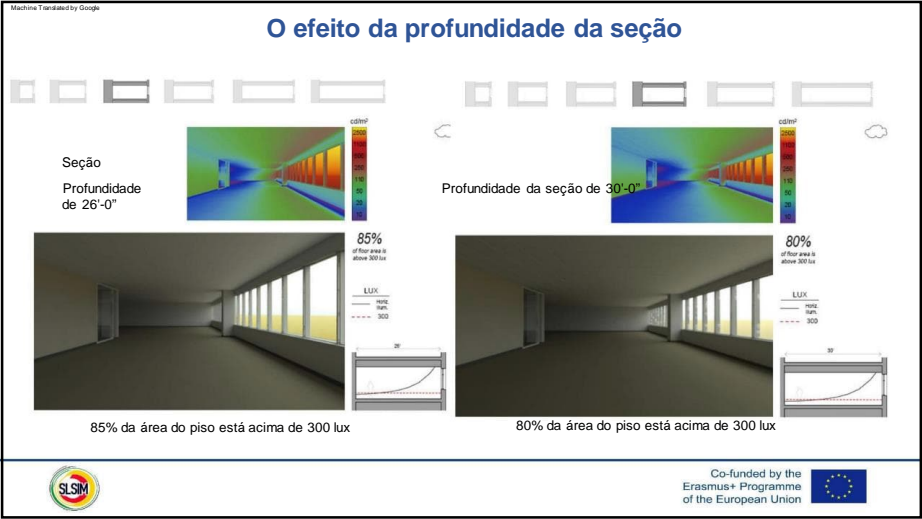


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

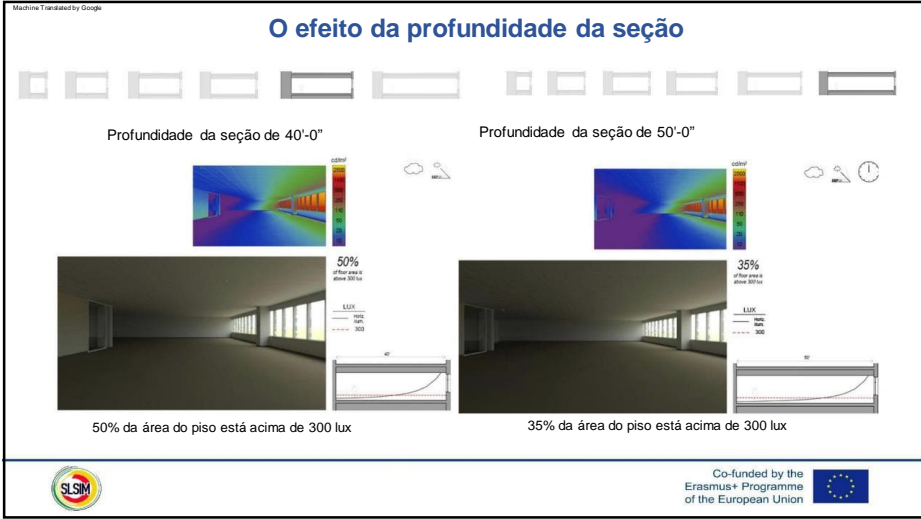




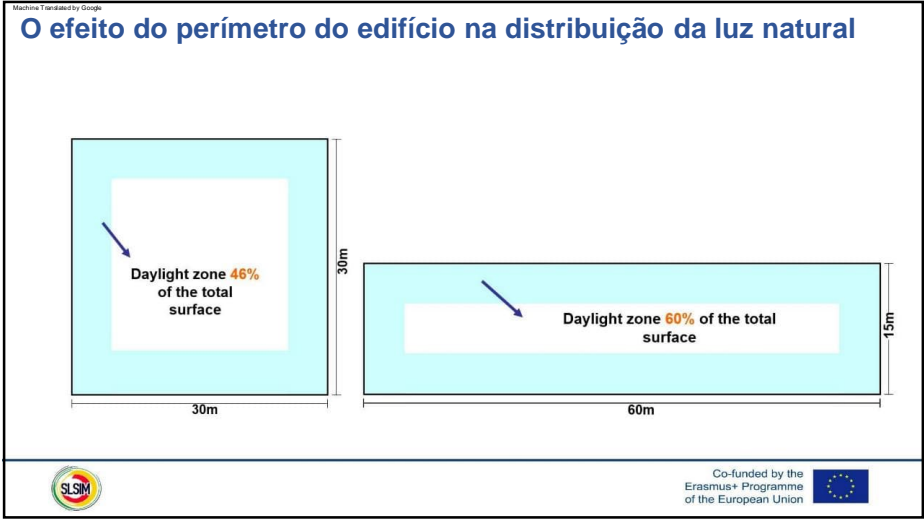
41



42





43




44

Machine Translated by Google


Um exemplo: edifício Aon Center em Chicago



33% da área do piso está acima de 300 lux em 21 de setembro
Céu nublado 12h devido à luz do dia



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Exemplo: Edifício Allianz Kan



89% da área do piso está acima de 300 lux em 21 de setembro
Céu nublado 12h devido à luz do dia




Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union





Machine Translated by Google

Windows

As janelas têm a vantagem de fornecer luz natural para o interior e vista para o exterior. A desvantagem é que a quantidade de luz natural fornecida ao escritório diminui drasticamente à medida que a distância da janela aumenta, embora a vista para o exterior seja preservada a uma distância maior, desde que não haja grandes obstruções internas.



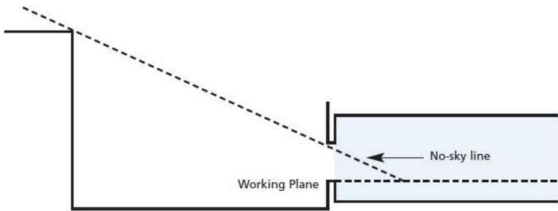



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 


Machine Translated by Google

Linha sem céu

Como regra geral, a luz natural penetrará a uma profundidade duas vezes maior que a altura do topo da janela acima do parapeito, assumindo que não haja obstrução externa do céu. Onde houver obstrução externa, a extensão da penetração da luz natural é dada pela linha de não-céu. Esta é a linha no plano de trabalho além da qual nenhuma luz direta do céu penetrará.



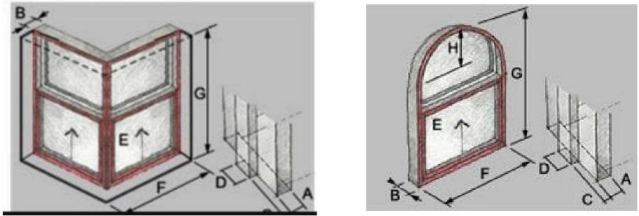


Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Tamanho das janelas

Os aspectos importantes das janelas, para as pessoas, são seu tamanho, formato, transmitância espectral e proteção solar.

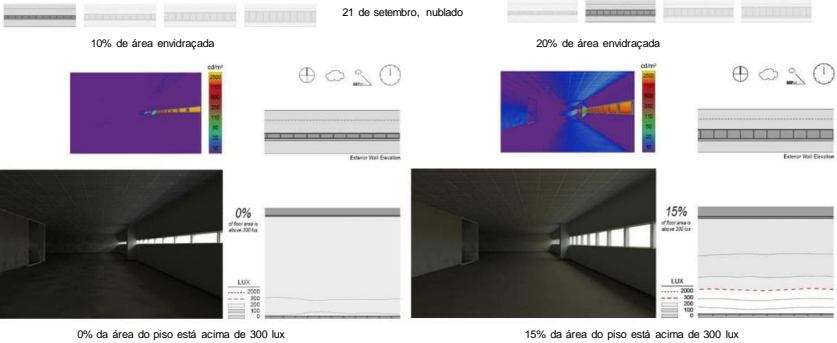
O tamanho e a forma desejados são determinados pela natureza da vista. Áreas envidraçadas que ocupem 15% ou menos da área da parede da janela e formatos e layouts de janelas que interrompam a vista são desaconselháveis. Janelas maiores são bem-vindas, dependendo da natureza da vista.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Área da janela

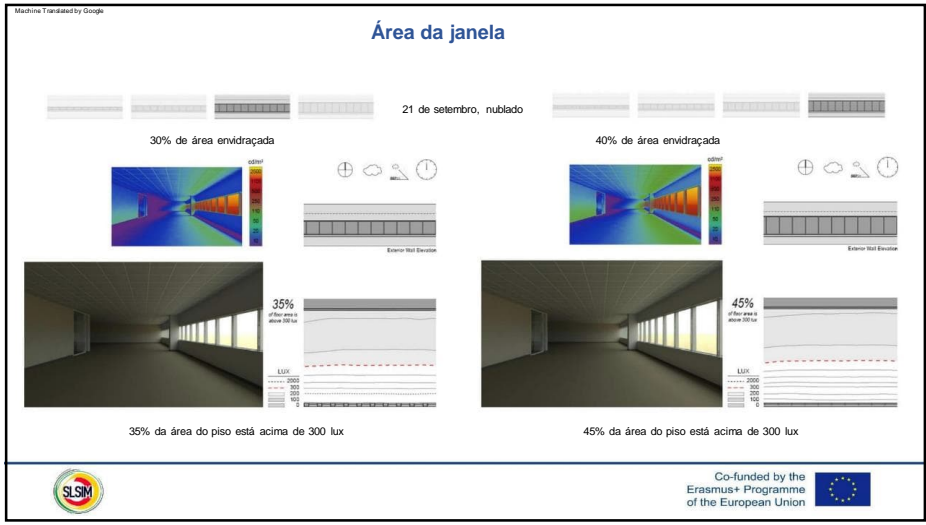


<http://patternguide.advancedbuildings.net>

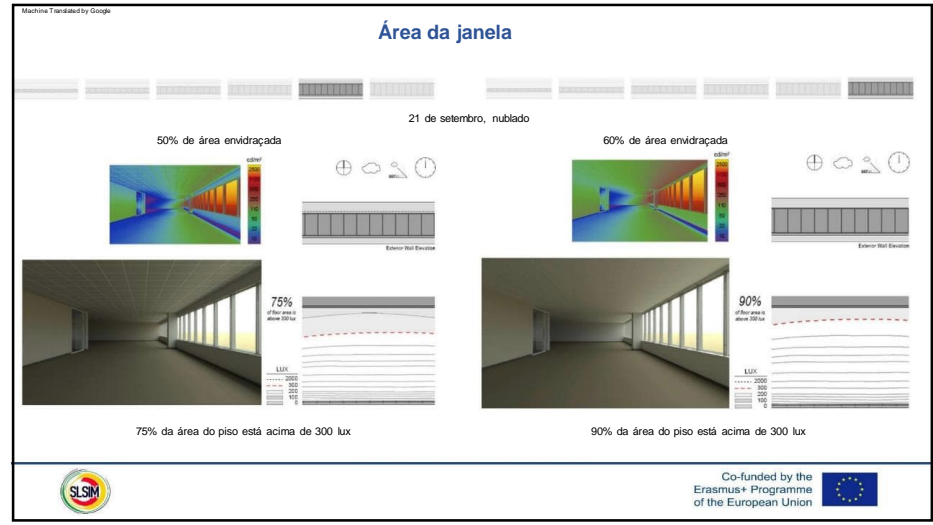


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

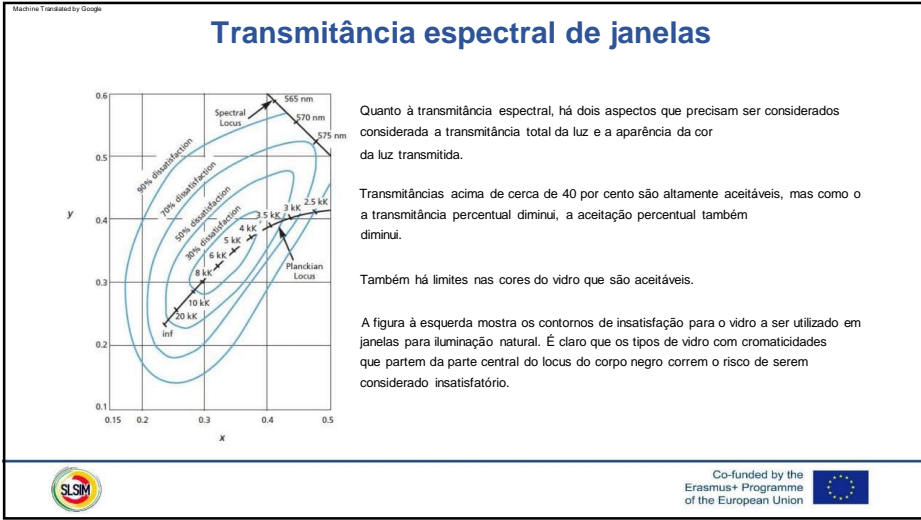




51



52



Claraboias

Claraboias são aberturas envidraçadas no telhado de um edifício. Podem ser verticais ou inclinadas. Podem ser orientadas para minimizar a penetração do sol, como no telhado tradicional voltado para o norte. A penetração da luz natural das claraboias pode variar bastante, dependendo do design da claraboia e da presença de dispositivos internos para limitar a penetração do sol. As claraboias são uma forma muito eficaz de fornecer luz natural a uma grande área, em um edifício térreo.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Átrio

Os átrios tornaram-se um elemento cada vez mais popular em edifícios. São frequentemente utilizados para iluminar uma circulação central ou área social através da luz natural que entra através de um teto ou parede de vidro. O átrio fornece alguma luz natural às áreas de trabalho adjacentes, mas a quantidade costuma ser pequena e não penetra muito. A principal função de um átrio é proporcionar uma experiência visual agradável e um certo grau de contato com o exterior para as pessoas nas áreas de trabalho.




Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union




Machine Translated by Google

Conteúdo

- Introdução objetiva e natureza da luz natural
- Fator de luz natural e outras métricas de luz natural
- Considerações sobre o projeto de luz natural
- Sistemas de luz natural
- Economia de energia com luz natural



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Sistemas de luz natural

Os sistemas de luz natural têm características diferentes relacionadas aos principais parâmetros de desempenho • Conforto visual e • Conforto térmico • Características do dispositivo

- Uso de energia em edifícios
- Energia para iluminação • Economia • Códigos e padrões
- Construção e Integração de Sistemas





Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union





Machine Translated by Google

Escolhendo um sistema de luz natural


Os principais parâmetros a serem considerados na escolha de um sistema são:

- Condições de iluminação natural do local - latitude, nebulosidade,
- obstruções
- Objetivos de iluminação natural
- Estratégias de iluminação natural implícitas no projeto arquitetônico
- Esquema e função das janelas
- Objetivos de redução de energia e pico de potência
- Restrições operacionais - fixas/operáveis, considerações de manutenção
- Restrições de integração - integração arquitetônica/construtiva
- Restrições econômicas





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

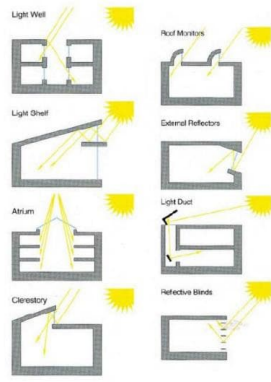



Machine Translated by Google

Objetivos para aplicação de sistemas de luz natural


Também é importante focar nos principais objetivos da aplicação dos sistemas de luz natural:

- redirecionamento da luz natural para zonas mal iluminadas
- melhoria da iluminação natural para iluminação de tarefas
- melhoria do conforto visual, controle do brilho
- obtenção de proteção solar, controle térmico.



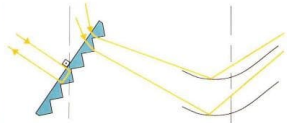



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

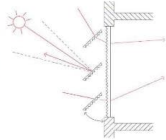




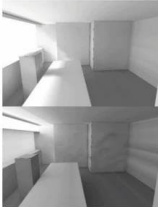
Machine Translated by Google

Eles difundem ou redirecionam e refletem a luz do dia




Reflexão e Redirecionamento






Difusão



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union




61


Machine Translated by Google

Grupos de sistemas de luz natural


Sistemas de luz natural com sombreamento

Dois tipos de sistemas de iluminação natural com sombreamento são abordados: sistemas que dependem principalmente de clarabóia difusa e rejeitam a luz solar direta, e sistemas que usam principalmente a luz solar direta, enviando-a para o teto ou para locais acima da altura dos olhos.





Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



62

24

Machine Translated by Google

Grupos de sistemas de luz natural



Sistemas de luz natural sem sombreamento

Os sistemas de luz natural sem sombreamento são projetados principalmente para redirecionar a luz natural para áreas afastadas de janelas ou claraboias. Eles podem ou não bloquear a luz solar direta. Esses sistemas podem ser divididos em quatro categorias:



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Sistemas de luz natural sem sombreamento

Os sistemas de orientação de luz difusa redirecionam a luz do dia de áreas específicas da abóbada celeste para o interior da abóbada. sala. Em condições de céu nublado, a área ao redor do zênite do céu é muito mais brilhante do que a área próximo ao horizonte. Para locais com obstruções externas altas (típicas em ambientes urbanos densos), o A parte superior do céu pode ser a única fonte de luz natural. Os sistemas de orientação de luz podem melhorar a luz natural utilização nessas situações.

Os sistemas de guia de luz direta enviam luz solar direta para o interior da sala sem a necessidade de um secundário efeitos do brilho e do superaquecimento.

Os sistemas de dispersão ou difusão de luz são usados em aberturas com claraboia ou iluminação superior para produzir luz natural uniforme distribuição. Se esses sistemas forem usados em aberturas verticais de janelas, haverá ofuscamento intenso.

Os sistemas de transporte de luz coletam e transportam a luz solar por longas distâncias até o centro de um edifício por meio de fibra óptica ou tubos de luz.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

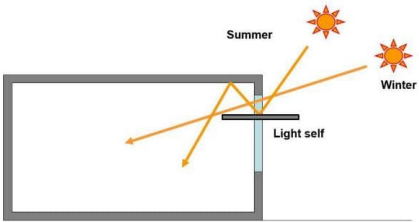


Machine Translated by Google

Prateleiras de luz

Uma prateleira de luz é um sistema clássico de iluminação natural, projetado para sombrear e refletir a luz em sua superfície superior e para proteger do brilho direto do céu.

Uma prateleira de luz é geralmente um defletor horizontal ou quase horizontal posicionado dentro e/ou fora da fachada da janela. A prateleira de luz pode ser parte integrante da fachada ou instalada no edifício.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Prateleiras de luz

As prateleiras de luz afetam o projeto arquitetônico e estrutural de uma edificação e devem ser consideradas no início da fase de projeto, pois exigem um teto relativamente alto para funcionarem com eficiência. Elas devem ser projetadas especificamente para cada orientação de janela, configuração de cômodo e latitude. Elas podem ser aplicadas em climas com luz solar direta significativa e são aplicáveis em espaços profundos com orientação sul no hemisfério norte (orientação norte no hemisfério sul). As prateleiras de luz não apresentam o mesmo desempenho em orientações leste e oeste e em climas com céu predominantemente nublado.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

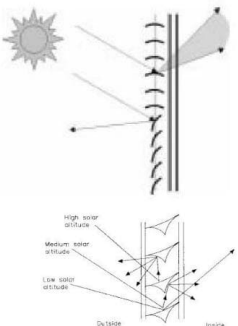



Machine Translated by Google


Sistemas de Persianas e Venezianas

Venezianas e persianas são sistemas clássicos de luz natural que podem ser aplicados para proteção solar, proteção contra ofuscamento e redirecionamento da luz natural.

Persianas e venezianas são compostas por múltiplas lâminas horizontais, verticais ou inclinadas. Existem vários tipos de sistemas de venezianas e persianas, alguns dos quais utilizam formatos e acabamentos de superfície altamente sofisticados. Muitos desses tipos específicos de sistemas são descritos abaixo, após uma descrição geral das venezianas e persianas convencionais.








Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 


Machine Translated by Google

Sistemas de Persianas e Venezianas

Persianas e venezianas podem ser usadas em todas as orientações e latitudes, podendo ser adicionadas a um sistema de janelas sempre que necessário. Persianas externas afetam o projeto arquitetônico e estrutural de uma edificação; persianas internas têm menos impacto. Na prática, venezianas e venezianas horizontais são geralmente utilizadas em todas as orientações da edificação, enquanto as persianas verticais são predominantemente utilizadas em janelas voltadas para o leste e oeste. Projetos avançados têm requisitos diferentes das persianas convencionais.





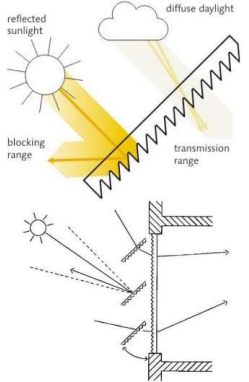
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 


Machine Translated by Google


Painéis prismáticos

Os painéis prismáticos são dispositivos finos, planos e em forma de dente de serra, feitos de acrílico transparente, que são usados em climas temperados para redirecionar ou refratar a luz do dia. Quando usados como sistema de sombreamento, eles refratam a luz solar direta, mas transmitem a luz difusa clara. Podem ser aplicadas de diversas maneiras, em arranjos fixos ou com orientação solar, em fachadas e claraboias.

Um painel prismático linear consiste em uma matriz de prismas de acrílico com um superfície de cada prisma formando uma superfície plana conhecida como suporte do prisma. Existem dois ângulos de refração. Muitas vezes, esses sistemas prismáticos são inserido em uma unidade de vidro duplo para eliminar manutenção.





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Machine Translated by Google

Painéis prismáticos

Aplicação para difundir a luz natural:
Painéis prismáticos são normalmente utilizados no plano vertical da fachada para redirecionar a luz do céu externo para a metade superior do ambiente interno, geralmente o teto. Ao mesmo tempo, os painéis reduzem a luminosidade da janela. Com este perfil, os painéis funcionam melhor como um sistema antirreflexo com função simultânea de direcionamento de luz. Para fachadas ensolaradas, no entanto, é necessário um sombreamento adicional na frente dos painéis.





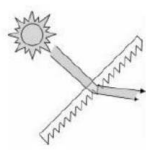



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Machine Translated by Google

Painéis prismáticos

Aplicação para redirecionar a luz solar: painéis prismáticos também podem ser usados para direcionar a luz solar para um ambiente. Para evitar o ofuscamento e a dispersão de cores, o perfil correto e a inclinação sazonal dos painéis são essenciais.

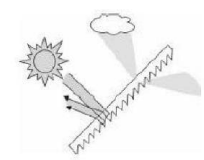



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

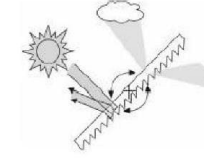
Machine Translated by Google

Painéis prismáticos

Sistema de proteção solar fixo
Esta aplicação é geralmente encontrada em telhados envidraçados. estrutura prismática é projetada de acordo com o movimento do sol, e os painéis são integrados em uma unidade de vidro duplo.



Sistema de proteção solar móvel
Para esta aplicação, são utilizados painéis prismáticos em formato de venezianas. Eles são colocados na frente ou atrás de vidros duplos, em uma disposição vertical ou horizontal (uma unidade de vidro duplo é não é mais necessário). Este aplicativo controlará o brilho de o sol, mas não o céu; em outras palavras, ele atua apenas como um dispositivo de proteção solar.



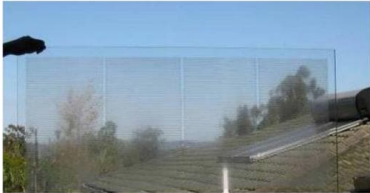
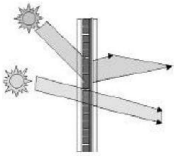
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union


Machine Translated by Google

Painel cortado a laser


O painel cortado a laser é um sistema de redirecionamento de luz natural produzido por meio de cortes a laser em um painel fino feito de material acrílico transparente.

Um painel cortado a laser é um painel fino que foi dividido por corte a laser em uma matriz de elementos retangulares. A superfície de cada corte a laser se torna um pequeno espelho interno que desvia a luz que passa pelo painel. As principais características de um painel cortado a laser são: (a) uma proporção muito alta de luz desviada por um grande ângulo (> 120°), (b) manutenção da visão através do painel e (c) um método de fabricação flexível, adequado para pequenas ou grandes quantidades.











Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google


Visão geral dos sistemas de luz natural

Sistemas de sombreamento: Primário usando claraboia difusa


Type/name	Sketch	Climate	Location	Criteria for the choice of elements							Type/name	Sketch	Climate	Location	Criteria for the choice of elements						
				Glare protection	View outside	Light quality into depth of room	Heterogeneous illumination	Saving potential (artificial lighting)	Need for tracking	Availability					Glare protection	View outside	Light quality into depth of room	Heterogeneous illumination	Saving potential (artificial lighting)	Need for tracking	Availability
Prismatic panels		All climates	Vertical windows, skylights	D	N	D	D	D	D	A	Anisotropic zenithal opening		Temperate climates	Skylights	Y	N	N	Y	Y	N	T
Prisms and venetian blinds		Temperate climates	Vertical windows	Y	D	Y	Y	Y	Y	A	Directional selective shading system with concentrating Holographic Optical Element (HOE)		All climates	Vertical windows, skylights, glazed roofs	D	Y	N	D	Y	Y	T
Sun protecting mirror elements		Temperate climates	Skylights, glazed roofs	D	N	N	Y	N	N	A	Transparent shading system with HOE based on total reflection		Temperate climates	Vertical windows, skylights, glazed roofs	D	Y	N	Y	Y	Y	A

Y = Sim, D = Depende, N = Não, A = Disponível, T = Fase de teste

Fonte: Luz natural em edifícios, Um livro de referência sobre sistemas e componentes de iluminação natural, IEA, SHC Tarefa 21/ECBCS Anexo 29



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Visão geral dos sistemas de luz natural

Sistemas de sombreamento: Primário usando luz solar direta

Type/name	Climate	Location	Criteria for the choice of elements						
			Glare protection	View outside	Light guiding into depth of room	Homogeneous illumination	Saving of energy for artificial lighting	Need for tracking	Availability
Light guiding shade	Hot climates, sunny skies	Vertical windows above eye height	Y	Y	D	D	D	N	T
Louvers and blinds	All climates	Vertical windows	Y	D	Y	Y	Y	Y	A
Light shelf for redirection of sunlight	All climates	Vertical windows	D	Y	Y	Y	Y	N	A

Y = Sim, D = Depende, N = Não, A = Disponível, T = Fase de teste

Fonte: Luz natural em edifícios, Um livro de referência sobre sistemas e componentes de iluminação natural, IEA, SHC Tarefa 21/ECBCS Anexo 29

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Machine Translated by Google

Visão geral dos sistemas de luz natural

Sistemas de luz natural sem sombreamento incluídos: Sistemas de orientação de luz difusa

Type/name	Sketch	Climate	Location	Criteria for the choice of elements						
				Glare protection	View outside	Light guiding into depth of room	Homogeneous illumination	Saving of energy for artificial lighting	Need for tracking	Availability
Light shelf (→ 4.3)		Temperate climates, cloudy skies	Vertical windows	D	Y	D	D	D	N	A
Anidolic integrated System (→ 4.12)		Temperate climates	Vertical windows	N	Y	Y	Y	Y	N	A

Y = Sim, D = Depende, N = Não, A = Disponível, T = Fase de teste

Fonte: Luz natural em edifícios, Um livro de referência sobre sistemas e componentes de iluminação natural, IEA, SHC Tarefa 21/ECBCS Anexo 29

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Machine Translated by Google

Visão geral dos sistemas de luz natural

Sistemas de luz natural sem sombreamento incluídos: Sistemas de orientação direta de luz

Type/name	Sketch	Climate	Location	Criteria for the choice of elements							
				Glare protection	View outside	Light guiding into depth of room	Homogeneous illumination	Saving potential (potential lighting)	Need for tracking	Availability	
Inter Cut (~ 4.6)		All climates	Vertical windows, skylights	N	Y	Y	Y	Y	N	T	
Prismatic panels (~ 4.5)		All climates	Vertical windows, skylights	D	D	D	D	D	Y/N	A	

Y = Sim, D = Depende, N = Não, A = Disponível, T = Fase de teste

Fonte: Luz natural em edifícios, Um livro de referência sobre sistemas e componentes de iluminação natural, IEA, SHC Tarefa 21/ECBCS Anexo 29

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Machine Translated by Google

Visão geral dos sistemas de luz natural

Sistemas de luz natural sem sombreamento incluídos: Transporte de luz

Type/name	Sketch	Climate	Location	Criteria for the choice of elements							
				Glare protection	View outside	Light guiding into depth of room	Homogeneous illumination	Saving potential (potential lighting)	Need for tracking	Availability	
Heliostat		All climates, sunny skies				Y	Y	Y	Y	A	
Light Pipe		All climates, sunny skies				Y	Y	Y	N	A	
Solar Tube		All climates, sunny skies	Roof			Y	D	Y	N	A	

Y = Sim, D = Depende, N = Não, A = Disponível, T = Fase de teste

Luz natural em edifícios, Um livro de referência sobre sistemas e componentes de iluminação natural, IEA, Tarefa 21 do SHC/ Anexo 29 do ECBCS

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Type/name

Sketch

Climate

Location

Criteria for the choice of elements

				Glare protection	View outside	Light guiding into depth of room	Homogeneous illumination	Saving potential (potential lighting)	Need for tracking	Availability	
Fibres		All climates, sunny skies				Y		Y	Y	Y	A
Light-guiding ceiling		Temperate climates, sunny skies				Y	Y	Y	N	T	

Sistemas de luz natural sem sombreamento incluídos: Sistema de dispersão

		All climates	Vertical windows, skylights	N	N	Y	Y	D	N	A	
--	--	--------------	-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	--

Y = Sim, D = Depende, N = Não, A = Disponível, T = Fase de teste

Luz natural em edifícios, Um livro de referência sobre sistemas e componentes de iluminação natural, IEA, Tarefa 21 do SHC/ Anexo 29 do ECBCS

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

78

20

Conteúdo

- Introdução objetiva e natureza da luz natural
- Fator de luz natural e outras métricas de luz natural
- Considerações sobre o projeto de luz natural
- Sistemas de luz natural
- Economia de energia com luz natural



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Colheita de luz natural

- Redução do consumo de iluminação artificial em edifícios
- Economia de energia

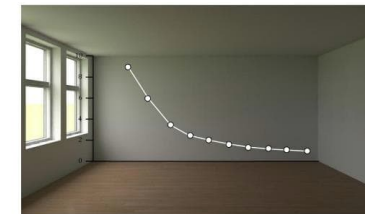
O principal diretor



sinal



escurecimento

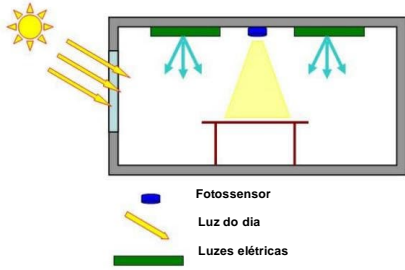


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Componentes do sistema





The diagram illustrates the components of a lighting control system. It shows a room with a sun icon outside, representing natural light. Inside, there is a table and a sensor (Fotossensor) mounted on the ceiling. Arrows indicate the flow of light: yellow arrows for natural light (Luz do dia) and green arrows for artificial light (Luzes elétricas). A legend identifies the sensor as a blue square, natural light as yellow arrows, and artificial light as green arrows.

Fotossensor
Luz do dia
Luzes elétricas

A distribuição da luz natural e a relação de iluminâncias entre a tarefa e o teto impactam o desempenho do fotossensor.

Entender o relacionamento deles é fundamental para determinar a localização correta do fotossensor.

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Machine Translated by Google

Localização do fotossensor

O fotossensor é normalmente montado no teto e recebe luz do plano de trabalho abaixo, bem como outras superfícies da sala.

O local ideal para o fotossensor é na plano de trabalho, onde responderia diretamente a iluminância do plano de trabalho.

Entretanto, o plano de trabalho não é um local prático. Por razões práticas, os fotossensores estão localizados em o teto minimizando a interferência de atividades em a sala, mas complicando o controle do fotossensor.

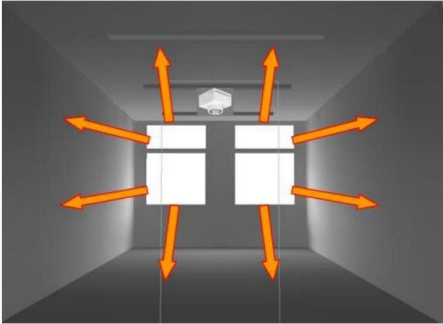


The 3D rendering shows a room with a person standing at a desk. A sensor is mounted on the ceiling, and orange arrows indicate the light path from the desk surface up to the sensor. The room has a simple layout with a desk, a chair, and a window.

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

Machine Translated by Google


Distribuição da luz natural




A luz do dia entra no ambiente na horizontal ou até mesmo na direção ascendente, devido às cortinas que difundem e/ou redirecionam a luz solar direta.

Consequentemente, em um espaço iluminado naturalmente, o plano de trabalho, o teto e as paredes tendem a ser iluminados quase igualmente.

Razão de iluminância
É moderado (tarefa vs teto)
Pode ser 1:1



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

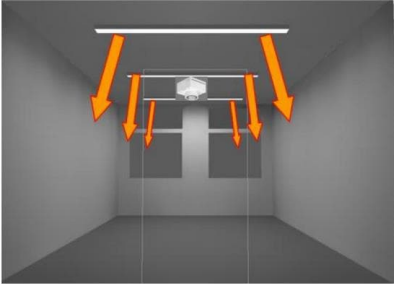
Machine Translated by Google


Distribuição de luz de luminárias


As luminárias geralmente são montadas no teto com a luz elétrica direcionada para baixo, na superfície de trabalho.

Consequentemente, o teto e, em menor medida, as paredes são iluminados muito menos que o plano de trabalho.

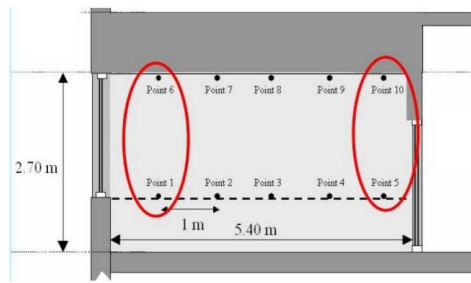
Relação de iluminância (tarefa vs teto)
É estável
Dependendo do planejamento pode variar de 5:1 a 20:1





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Como a posição pode afetar o desempenho do fotossensor

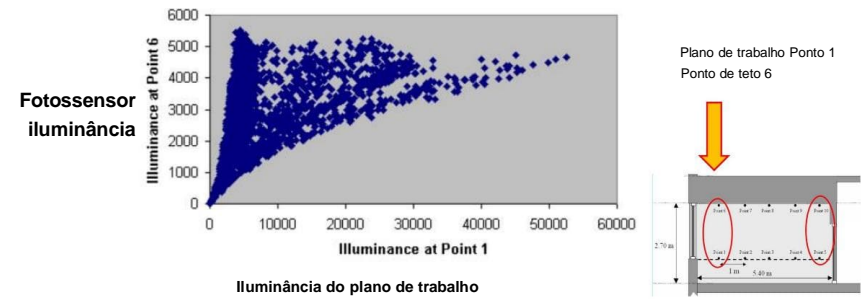


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



85

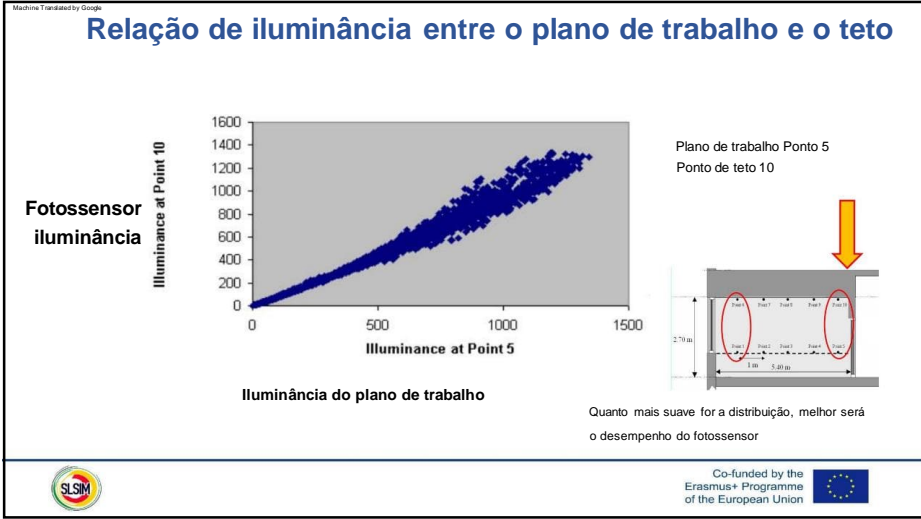
Relação de iluminância entre o plano de trabalho e o teto



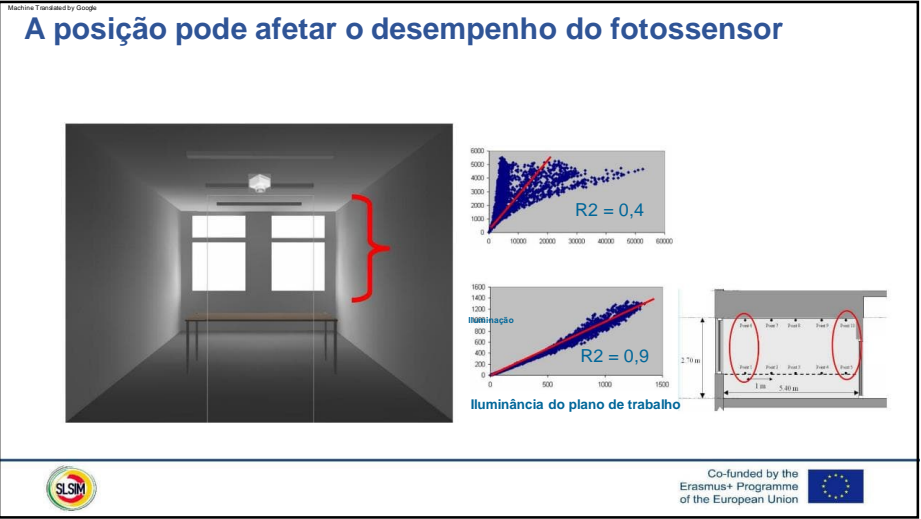
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



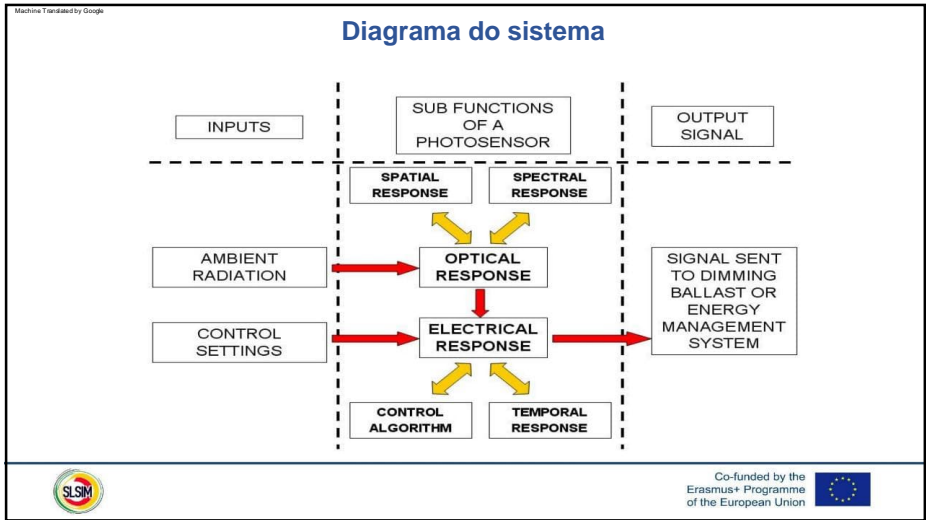
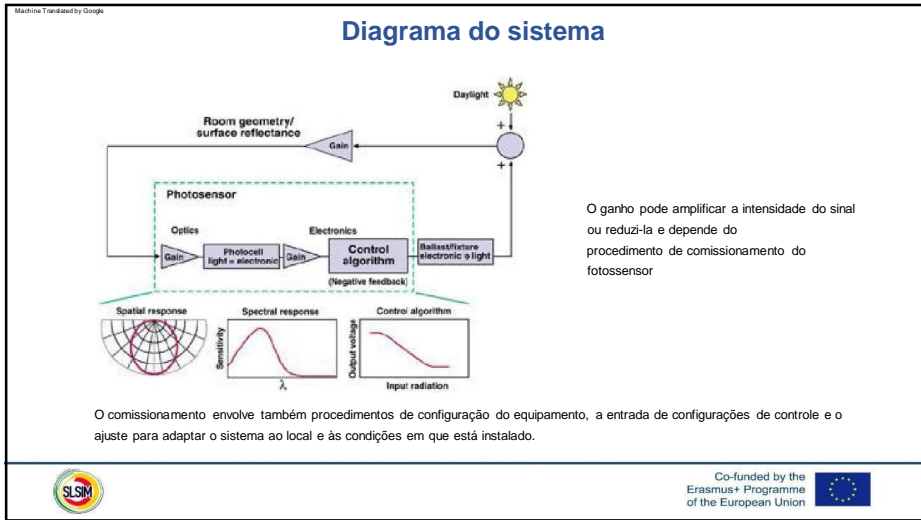
86

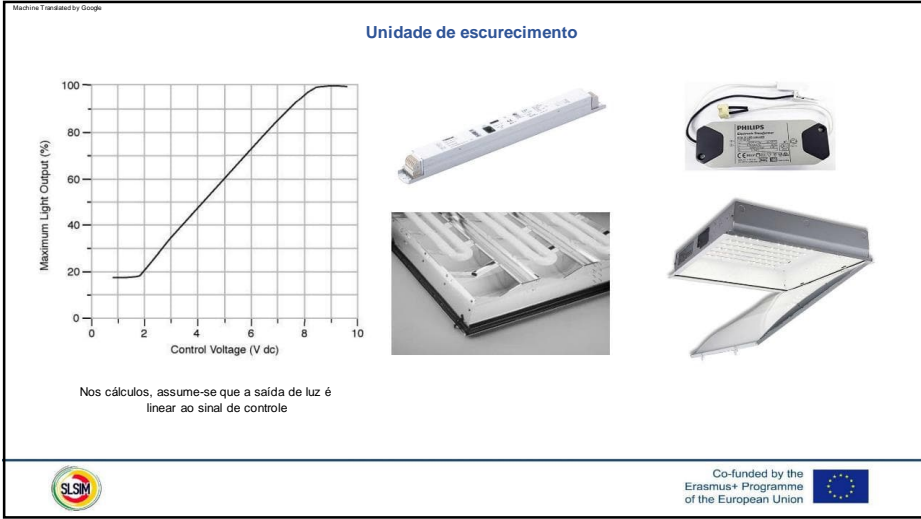


87

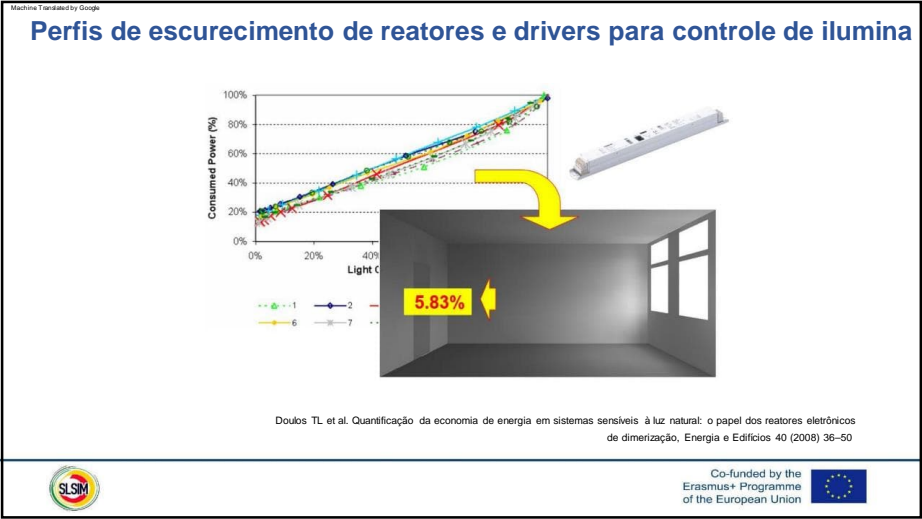


88

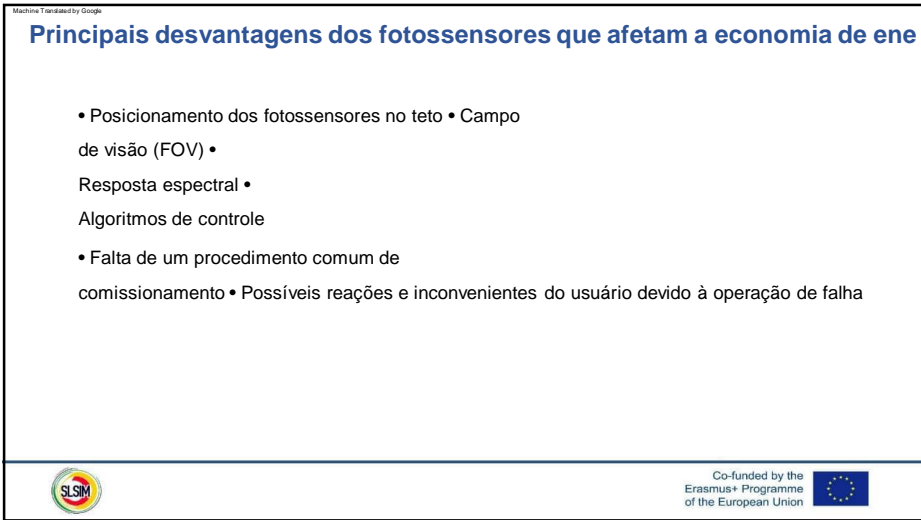
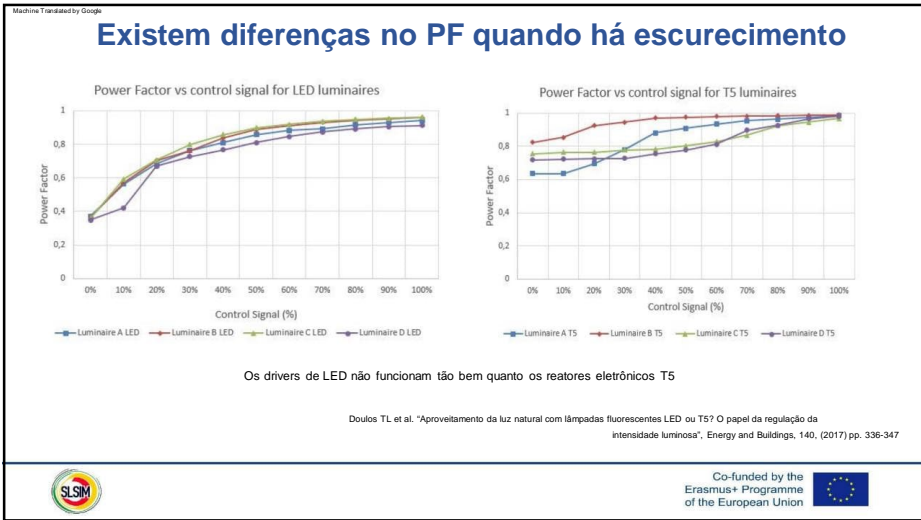




91



92



Machine Translated by Google

Resposta espacial estreita







Ø Quanto mais estreita for a resposta, melhor será o rastreamento

Quanto mais estreita a resposta, mais próximo o fotossensor responde à luminância da superfície para a qual é direcionado (as propriedades de refletância da superfície não devem mudar).

Ø Quanto mais estreita for a resposta espacial, menor será o campo de visão do sensor.

Uma resposta estreita torna o sensor muito sensível a mudanças nas propriedades de refletância do que está sendo visualizado.

Ø Maior sensibilidade a reflexos especulares e semelhantes a espelhos em superfícies brilhantes.

Reflexos de luz diretamente de volta ao campo de visão do fotossensor causando desempenho irregular.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



Machine Translated by Google

Ampla resposta espacial







Ø A principal vantagem é que o sinal óptico detectado pelo fotossensor é muito representativo de todo o plano de trabalho ou de toda a sala

Ø Menos sensibilidade a reflexos especulares e semelhantes a espelhos em superfícies brilhantes.

As reflexões especulares têm efeito proporcionalmente menor em fotossensores com um alcance espacial mais amplo.

Ø É menos afetado pela atividade normal na sala.

Ø A luminância do teto geralmente não corresponde à luminância da área de trabalho. De fato, a luminância do teto e da área de trabalho difere significativamente conforme as proporções de luz elétrica e luz natural mudam.

Entretanto, essa não correspondência nos níveis de luminância pode ser amplamente superada pelo algoritmo de controle do fotossensor.



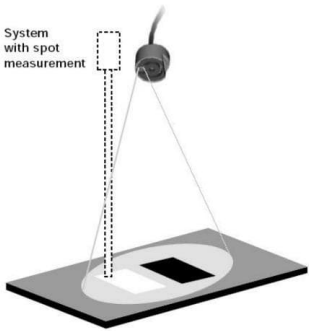
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



Respostas espaciais amplas versus estreitas

Na prática, a refletância do plano de trabalho não é constante, mas muda dependendo das atividades que ocorrem na sala.

Exemplos incluem uma mesa escura que às vezes é coberta com papéis brancos, as cores das roupas das pessoas, como uma camisa branca em vez de um terno escuro, e até mesmo a reorganização dos móveis da sala.



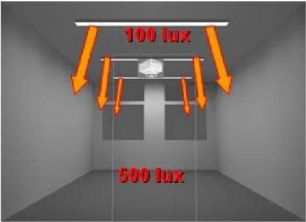
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



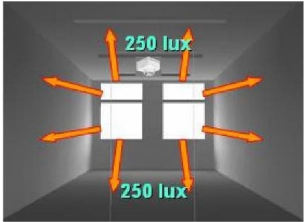
Posicionamento dos fotossensores no teto

- A EN 12464.01 define níveis de iluminação com iluminância valores nos planos de trabalho
- Os fotossensores podem medir "lux", mas no teto • A relação dos valores de iluminância entre o teto e o plano de trabalho não é estável devido à distribuição variável da luz do dia

Iluminação artificial

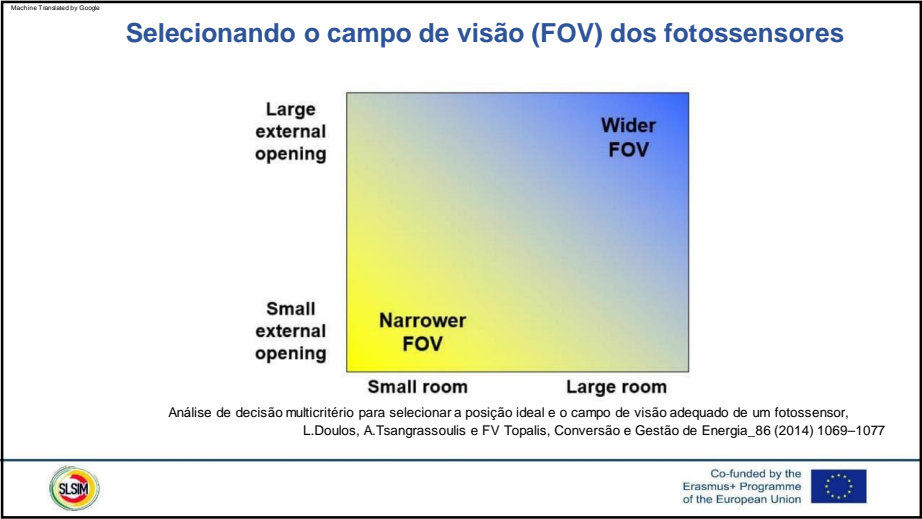
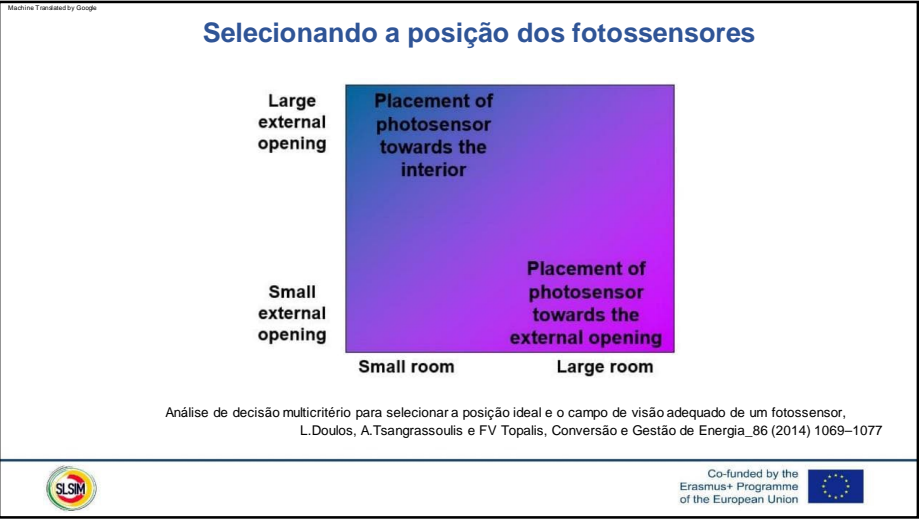


Iluminação natural



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union





Machine Translated by Google

Cada espaço precisa de um controle de iluminação diferente

Strategy	Scheduling					Daylighting and Tuning					
	Wallpack Occ. Sensor	Controlled Occ. Sensor	Personal Occ. Sensor	Timer	Time Clock Device	Midlevel Lighting	Manual (Hobby) Control	Network Remote Control	Photocell	Photometer	
Assembly & Light Manufacturing		Q				Q			Q	*	
Auditoriums	*					Q	*	*		*	
Classrooms	*						*	*	Q	*	
Conferences, Lounges, Malls						*	*	*		*	
Conference Rooms	Q	*		Q		Q	*	*		*	
Exterior Lighting		Q				Q			*		
Flab/Storage Rooms	*	*									
Grocery/Supermarket			Q	*		*			Q	Q	
Gymnasiums	*					Q			Q		
Hallways	*					*			*	Q	
Laboratories	*	Q				Q	*	*		*	
Library Reading Areas	*					Q	Q			*	
Library Stacks	*			*		Q	Q				
Locker Rooms	*					Q	Q				
Lunch/Break Rooms	Q	*		Q		Q			Q		
Medical Suite/Exam Rooms	Q	*				*	*			*	
Museums	Q	*				*	*		Q	*	
Open Offices	Q	*		*		*	*			*	
Private Offices	Q	*	*			*	*	*	*	*	
Restaurants	Q	*				Q	*	*	Q	Q	
Restrooms	Q	*		Q		Q			Q	Q	
Retail Sales Area	*					Q	Q		Q	Q	
Warehouses	*		Q	*	*	*			Q	Q	

A economia de energia com fotossensores nem sempre é a solução ideal





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

101

Machine Translated by Google

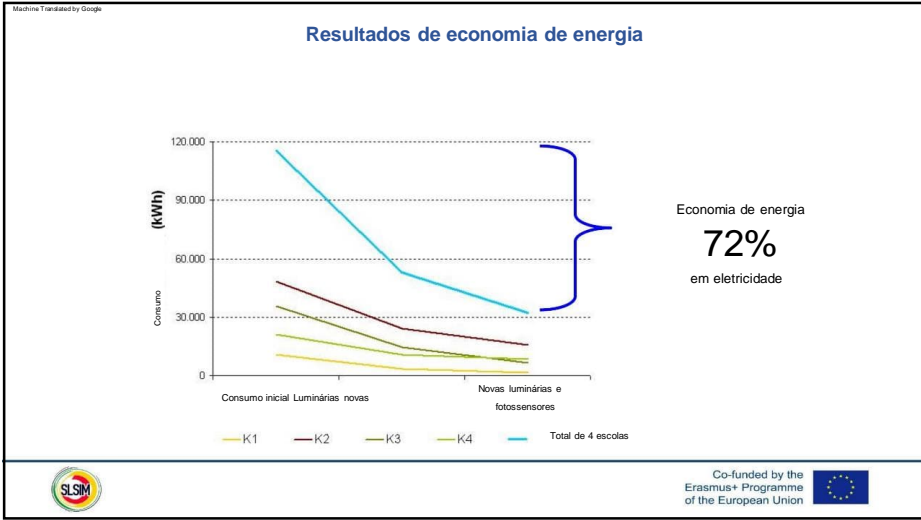
Cálculo de uma escola

Sala de aula	Fator de luz do dia	Instalação existente (C)	Colocação de novos luminárias (C)	Energia adicional economias de fotossensores
1	1,47	1.440	475,2	40%
2	-	200	46	-
3	-	200	46	-
4	-	200	46	-
5	3,09	1.620	475,2	70%
6	-	800	184	-
7	3,16	1.620	475,2	70%
8	5,5	630	475,2	70%
Enzolo		6.710	2.222,80	-



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

102



103

Machine Translated by Google

Não se esqueça do comportamento do usuário

A satisfação dos ocupantes é condição necessária para a aceitação de soluções técnicas que combinam luz natural e luz elétrica.

Caso contrário, os ocupantes interferem nos controles de iluminação e os anulam. Como resultado, o sistema de iluminação consome mais energia e o investimento em controle de iluminação é inútil.

As reclamações mais frequentes são:

- Os níveis de iluminação estão muito baixos
- Há cintilação no sistema de iluminação
- Os níveis de iluminação variam rapidamente
- As luminárias produzem ruído devido ao escurecimento



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

104

Machine Translated by Google

Exercício 1:

- Use o diagrama do caminho do sol para encontrar a posição do sol para o dia 19 de Setembro às 11h30, horário local, no seu local de nascimento

Exercício 2:

- Calcule a zona de luz natural na sua sala de aula



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Co-funded by
the European Union

Princípios de Design de Iluminação

Tipos de iluminação e luminárias

Critérios e características do estudo de iluminação

1

Machine Translated by Google

Conteúdo do seminário

- Tipos de iluminação e luminárias
- Critérios e características do estudo de iluminação

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union


2

Machine Translated by Google

Etapas do estudo de iluminação	Conteúdo – descrição das etapas:
Identificação e determinação da iluminação requisitos	Determinação de a) Requisitos de uso do trabalho (intensidade da luz, brilho, ofuscamento, etc.), b) atmosfera do espaço, c) objetos a serem enfatizados ou vice-versa, d) direção da iluminação e e) interação da iluminação com o usuário. Visita ao local é desejável.
Determinação de métodos e técnicas de iluminação	Escolha das técnicas de iluminação (iluminação difusa uniforme, iluminação focal, iluminação de destaque, fundo, etc.)
Pré-seleção de luminárias	Pré-seleção de luminárias com base na técnica de iluminação (iluminação direta ou difusa, etc.), tecnologia da luminária (LED, fluorescente, etc.), distribuição de luz, diagrama de cone, eficiência luminosa, etc.
Usando um software de iluminação	Inserindo os parâmetros necessários no software do computador
Especificar dados geométricos	Determinação das dimensões geométricas do espaço, coeficientes de reflectância, superfícies de trabalho, áreas circundantes, áreas de fundo, zonas de luz natural, fator de manutenção, aberturas externas, etc.
Cálculos fotométricos usando o software	Cálculos de parâmetros fotométricos obrigatórios com base em EN 12464, EN 12193, EN 13201 (intensidade média de iluminação por superfície de trabalho/entorno/fundo, paredes, teto, índice UGR, uniformidade, intensidade de luz cilíndrica, etc.)
Verificando novamente os cálculos fotométricos	Os equipamentos de iluminação e a técnica de iluminação são ajustados para atender aos padrões e ao conceito de iluminação usando o software de cálculo. Os usos das
Sistema de controle de iluminação	instalações são verificados para determinar se um sistema de controle é usado ou não e o mais apropriado é selecionado se for considerado viável.
Seleção final de luminárias	Após a utilização do programa de cálculo e a conformidade final do estudo com as normas, é realizada a seleção final das luminárias e da técnica de iluminação. Indicativamente, para todas as luminárias utilizadas, são especificados o fluxo luminoso (lm), a potência instalada (W), a eficiência luminosa (lm/W), a vida útil, as dimensões, a superfície luminosa, o índice UGR, a reprodução de cores, as características elétricas, o protocolo de comunicação para possível utilização do sistema de controle, como DALI, a compatibilidade com a rede elétrica ou sistema de controle existente, etc.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



3

Machine Translated by Google

Iluminação Geral

Iluminação geral é um termo diferente para iluminação ambiente. O objetivo desta técnica é difundir luz com intensidade uniforme por toda a área. Independentemente da localização dos móveis, as luminárias são igualmente espaçadas e possuem refletores, defletores ou prismas difusores para evitar sombras fortes, ofuscamento e iluminação irregular.



Imagem: Pexels.com



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



4

Machine Translated by Google

Iluminação de tarefas

Também chamada de Iluminação Local. Esse método utiliza luminárias em pontos definidos onde a luz é especialmente necessária, produzindo poças de luz misturadas com áreas de sombra.

É exatamente o oposto da iluminação uniforme.



Imagem: Pexels.com



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



5

Machine Translated by Google

Iluminação de Destaque

Combinação de iluminação geral e local. Fornece iluminação geral suficiente para iluminar vários objetos na sala e, ao mesmo tempo, fornece lâmpadas locais adicionais em mesas, mesas de leitura, vitrines e outros equipamentos que precisam de iluminação adicional.



Imagem: Pexels.com



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



6

Machine Translated by Google

Classificação por Distribuição

- Direto
- Semi-Direto
- Indireto
- Semi-indireto
- Difusão geral/Direta-indireta



Imagem: Pexels.com

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



7

Machine Translated by Google

Iluminação Direta

- Distribuindo/emitindo 90-100% que atinge diretamente uma superfície ou plano • Iluminação simétrica direta é preferida para iluminação geral de salas e espaços públicos
- Exemplos: Downlights, Rebaixados, Troffers, Ver

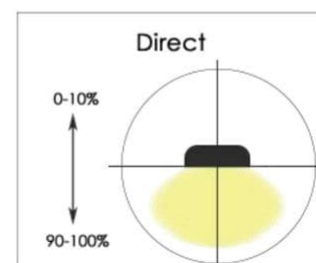


Foto: Thanos Balafoutis



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



8

Machine Translated by Google

Iluminação Semi Direta

- 0% a 90% da luz é direcionada para baixo; enquanto 10-40% é direcionada para cima • O sistema semidireto fornecerá bons níveis de iluminação em superfícies horizontais com brilho geral moderado •
- Exemplos: Pendente, Troffers suspensos

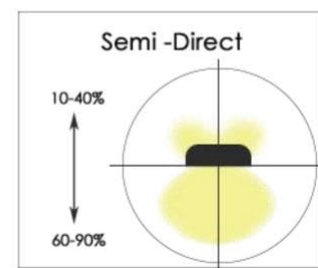


Foto: Thanos Balafoutis



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



9

Machine Translated by Google

Iluminação indireta

- 90% a 100% da saída de luz é direcionada para o teto ou paredes superiores do sala
- Este sistema usará o teto como refletor e refletirá a luz. Isso cria um ambiente de baixo contraste e pode projetar sombras; no entanto, o brilho direto pode ser minimizado. • Exemplos: Uplights, Torchieres, Cove etc.

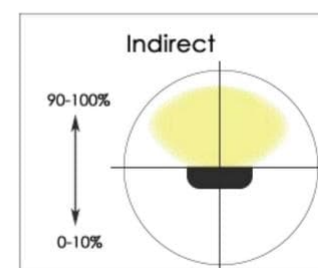


Foto: Thanos Balafoutis



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



10

Machine Translated by Google

Iluminação Semi-indireta

- 60% a 90% da saída de luz é direcionada para cima; 40% a 10% para baixo
- Isso dará ênfase ao teto ou à parede avião
- Exemplos: arandela, arandela etc.

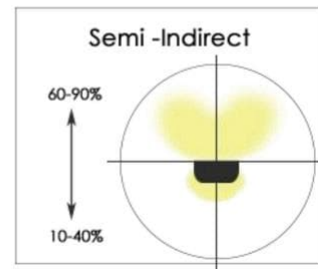


Foto: Thanos Balafoutis



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



11

Machine Translated by Google

Difusão geral/Direta-indireta

- Proporciona distribuição aproximadamente igual de luz para cima e para baixo, iluminando igualmente os planos horizontais superiores e inferiores no espaço.
- As luminárias utilizadas podem consistir em luminárias suspensas com transparência predominante em todos os lados.
- Exemplos:

Valance, Pendant, Globe, etc.

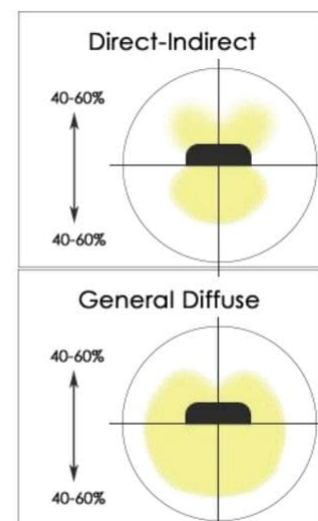


Foto: Thanos Balafoutis



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



12

Machine Translated by Google

Classificação por sistema de montagem

- Rebaixado
- Montagem em superfície
- Suspenso
- Portátil/autônomo

Foto: Thanos Balafoutis



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

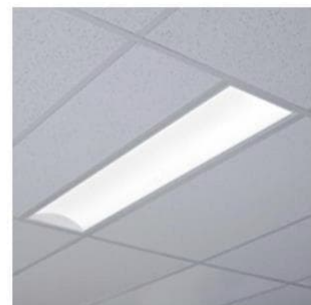


13

Machine Translated by Google

Iluminação embutida

- Montado acima do teto e totalmente escondido da vista, apenas uma abertura por onde a luz emerge é vista.
- Útil para considerações visuais ou estéticas • Unidades embutidas incluem downlights LED, downlights HID e incandescentes e uma ampla gama de luminárias fluorescentes.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



14

Machine Translated by Google

Iluminação de superfície

- Fixadas diretamente na superfície e projetadas para fora pela sua profundidade.
- Diferentes tipos de luminárias estão disponíveis para serem montadas no teto, na parede e no chão para fornecer vários tipos de distribuição.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



15

Machine Translated by Google

Iluminação Suspensa

- Fixado diretamente na superfície do teto e apoiado por hastes, pingentes ou cabos.
- Usado para fornecer iluminação direta em áreas abaixo ou indiretamente, projetando luz na superfície do teto.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



16

Machine Translated by Google

Iluminação portátil (pisso, mesa etc.)

- As luminárias autoportantes possuem estrutura apoiada no chão com base adaptada para repousar no chão.
- Usado para iluminação direta ou para iluminação ambiente uplight proporcionando flexibilidade no cumprimento vários requisitos de iluminação.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



17

Machine Translated by Google

Sistema de Coordenadas Fotométricas

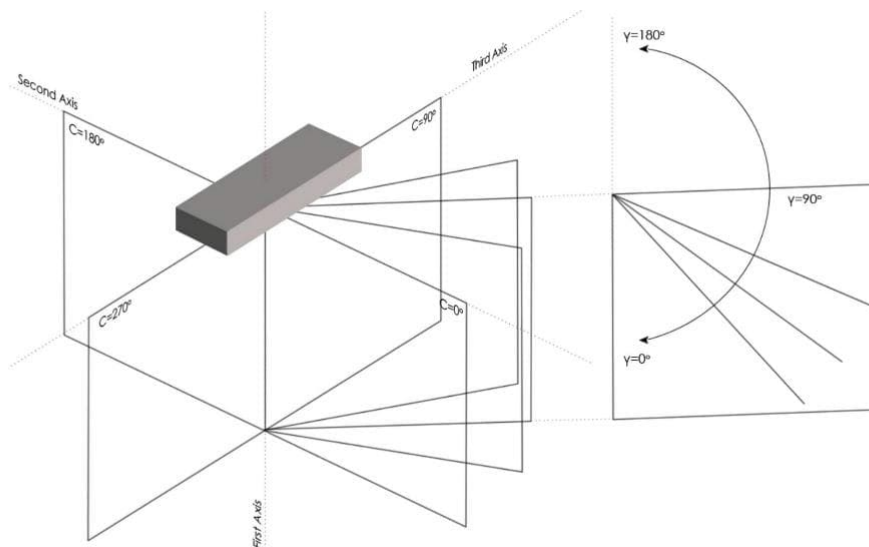


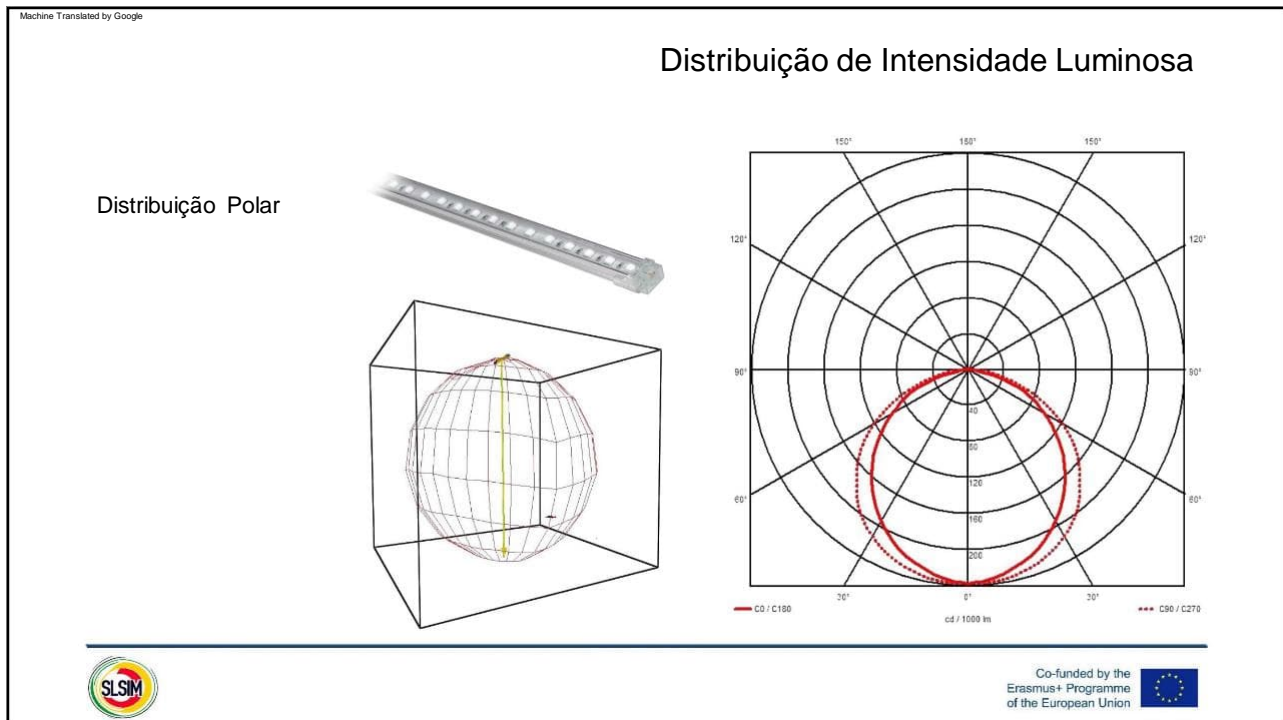
Foto: Thanos Balafoutis



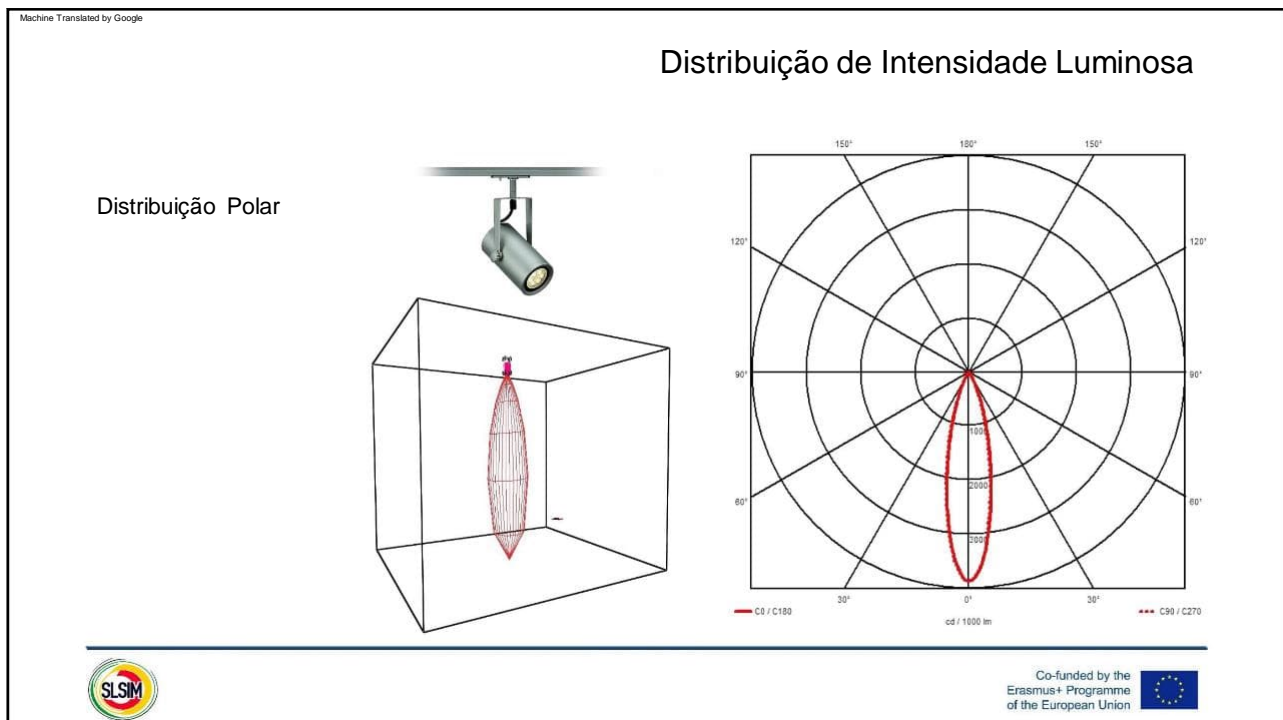
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



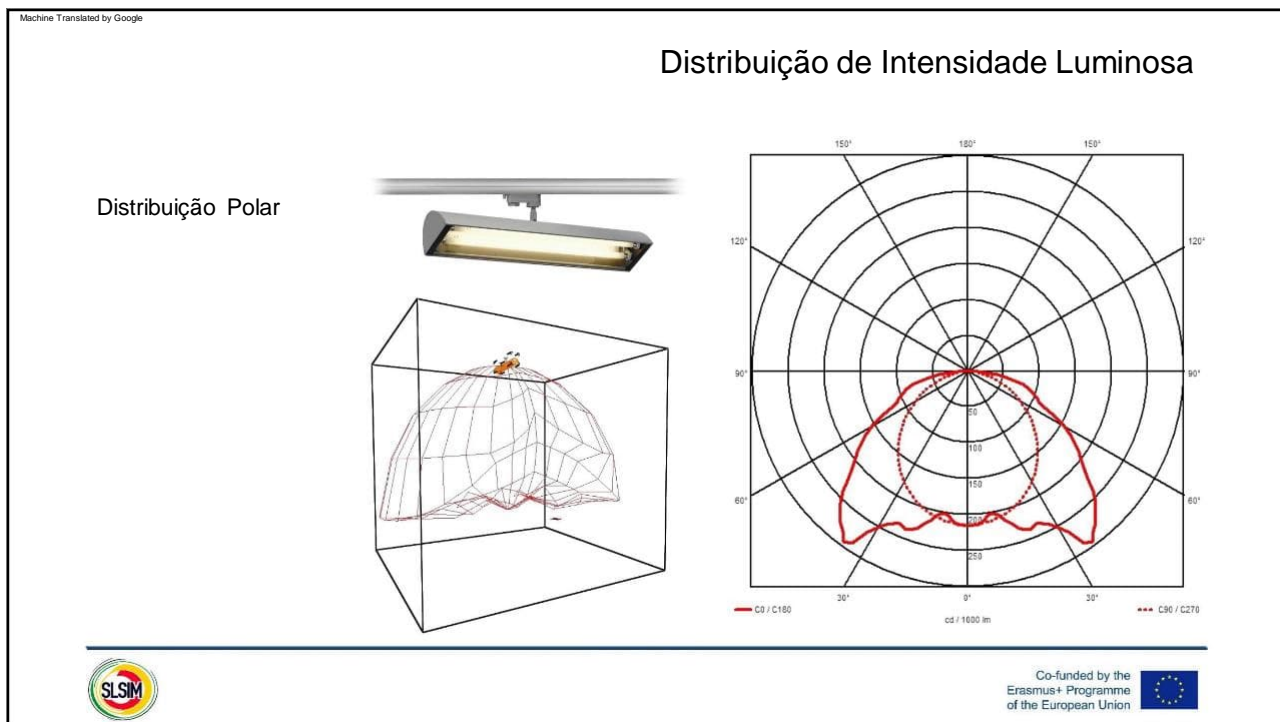
18



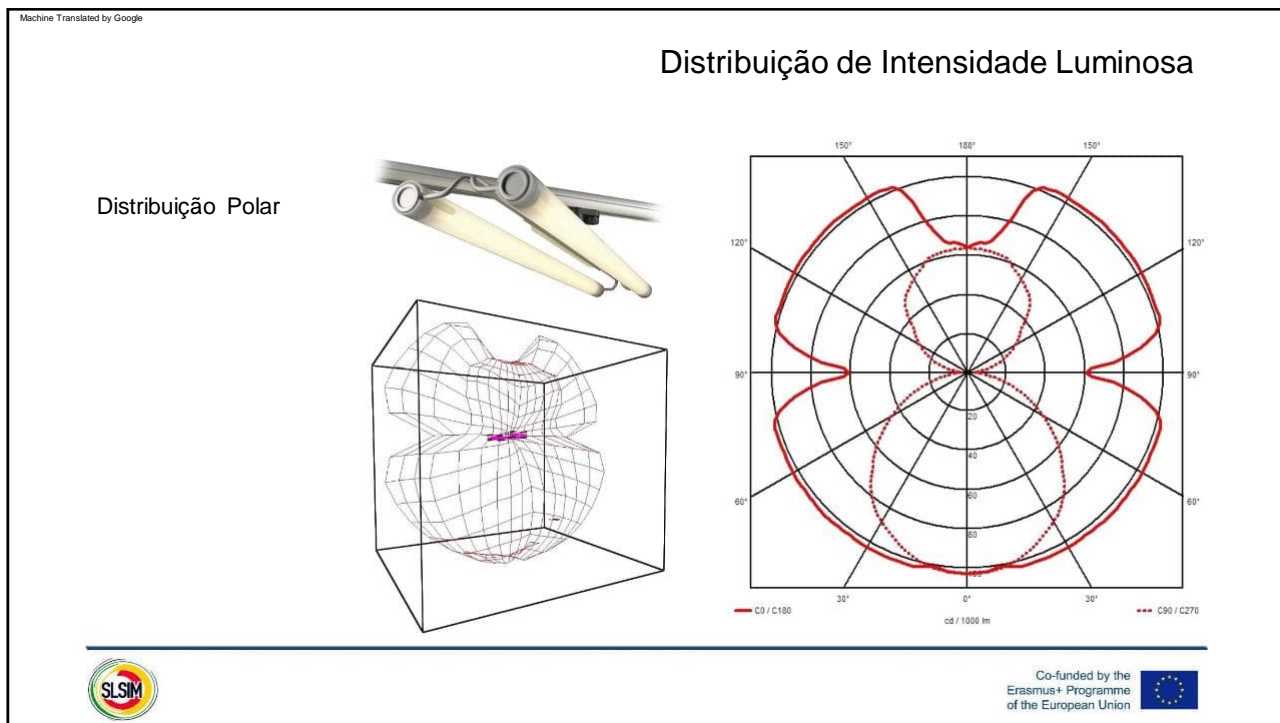
19



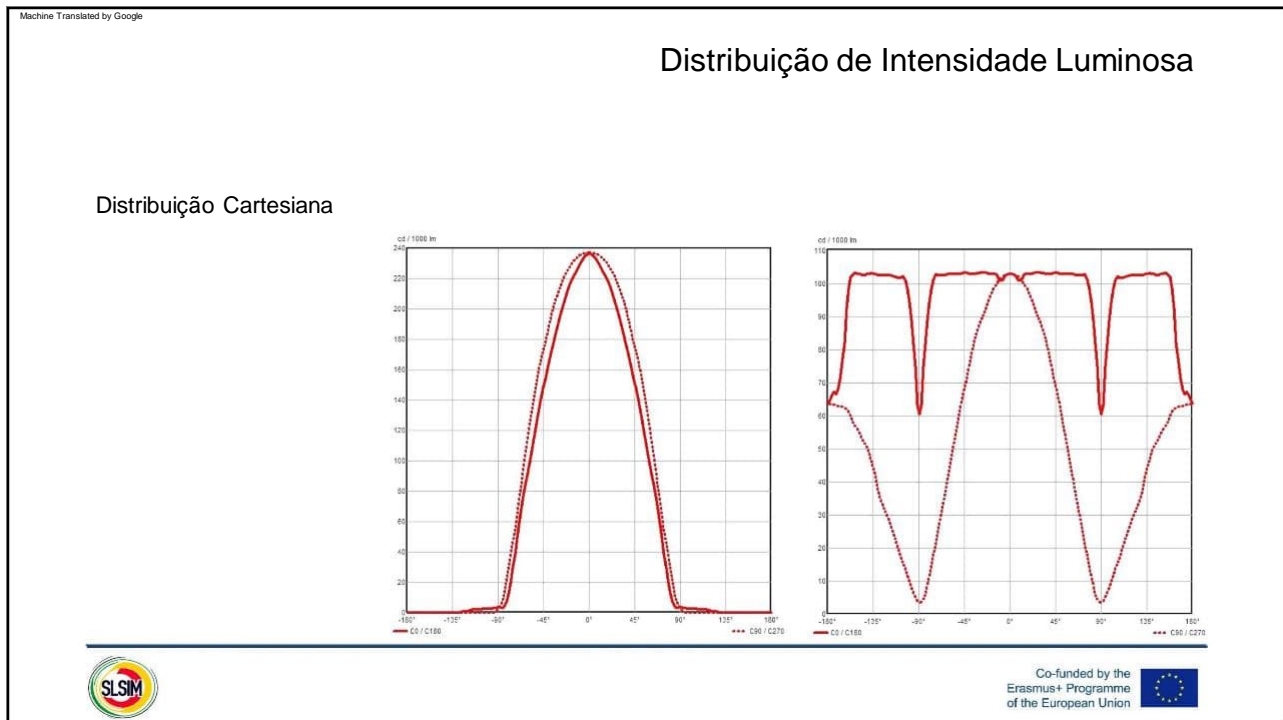
20



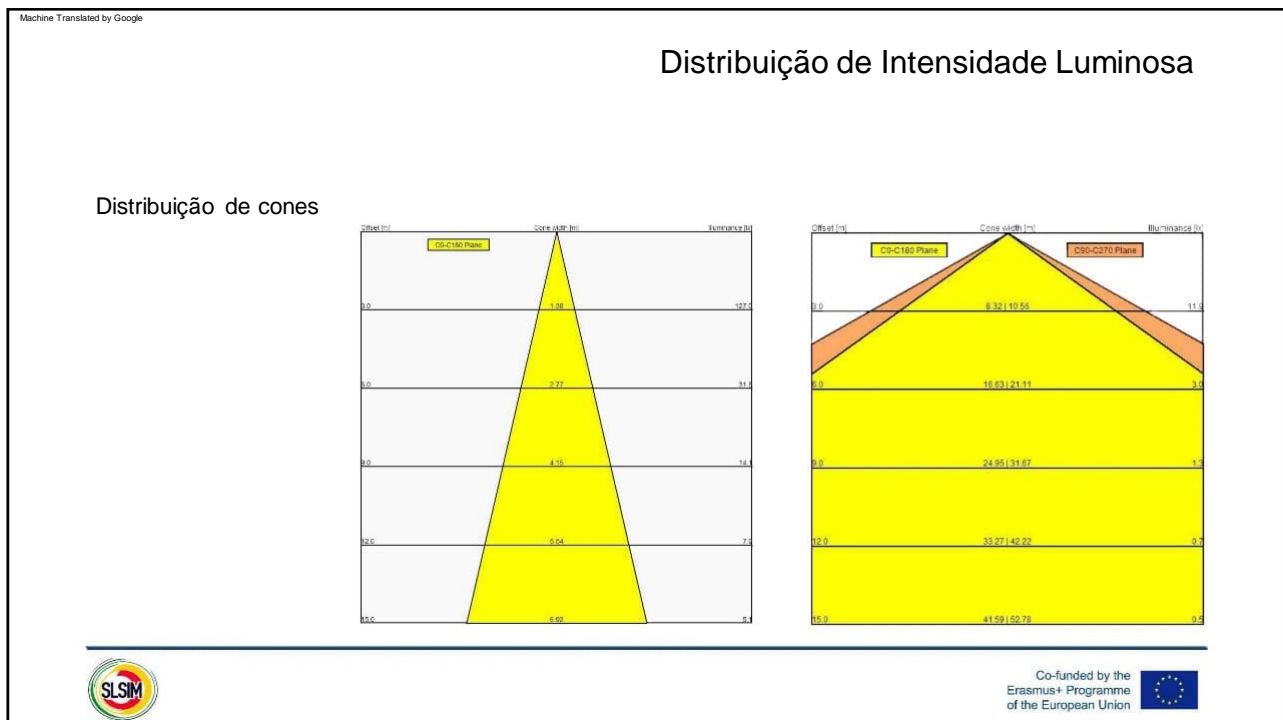
21



22



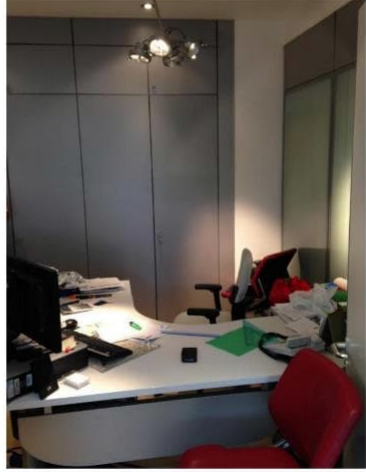
23



24

Machine Translated by Google

A seleção do feixe afeta a uniformidade





Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union 

25

Machine Translated by Google

Classificações IP - Grau de Proteção

1º dígito	Sólido
0	Sem proteção
1	Proteção contra objetos com um diâmetro de 50 mm ou maior
2	Proteção contra objetos com um diâmetro de 12 mm ou maior
3	Proteção contra objetos com um diâmetro de 2,5 mm ou maior
4	Proteção contra objetos com diâmetro de 1 mm ou maior
5	Entrada parcial de poeira sem afetando o dispositivo
6	Proteção total do pó

2º dígito	Líquidos
0	Sem proteção
1	Proteção contra chuva vertical
2	Proteção contra chuva em ângulo de 15º
3	Proteção contra chuva em ângulo de 60º
4	Proteção contra qualquer direção de incidência líquida
5	Proteção contra líquidos sob pressão (injetores de 6,3 mm)
6	Proteção contra líquidos sob pressão (injetores de 12,5 mm)
7	Proteção em submersão até 1 metro e por 30 minutos
8	Proteção contra submersão maior que 1 metro










Tabela: Thanos Balafoutis

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union 

26

Machine Translated by Google

Classificações IK - Proteção contra impactos

		IK
00		Sem proteção
01		Soltar objeto 200 gr a partir de 7,5 cm de altura
02		Soltar objeto 200 gr a partir de 10 cm de altura
03		Soltar objeto 200 gr a partir de 17,5 cm de altura
04		Soltar objeto 200 gr a partir de 25 cm de altura







05		Soltar objeto 200 gr a partir de 35 cm de altura
06		Soltar objeto 500 gr a partir de 20 cm de altura
07		Soltar objeto 500 gr a partir de 40 cm de altura
08		Soltar objeto 1700 gr a partir de 29,5 cm de altura
09		Soltar objeto 5000 gr a partir de 20 cm de altura
10		Soltar objeto 5000 gr a partir de 40 cm de altura

Tabela: Thanos Balafoutis



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



27

Machine Translated by Google

Vandalismo e índice IK

Produtos com classificação IK são importantes, especialmente se estiverem em áreas públicas, áreas de alto tráfego, ambientes comerciais e áreas propensas a vandalismo. Um produto pode parar de funcionar completamente ou parar de funcionar se sofrer danos. Danos resultam em custos mais altos de manutenção ou substituição, bem como na possível necessidade de bloquear o acesso a determinadas áreas. Um produto com defeito também pode resultar em perigo, principalmente em locais públicos, como resíduos deixados ou iluminação ou informações inadequadas. Portanto, para determinar se você precisa de um equipamento com classificação IK alta ou baixa, é preciso analisar o risco de impacto.



Fotos: Lambros Doulos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



28

Machine Translated by Google


LOR (Taxa de saída de luz)

Product characteristics

Total lighting output [Lm]: 3943.5
 Total power [W]: 48
 Luminous efficacy (lm/W, real value): 82.2
 Life Time: 50,000h - L80 - B10 (Ta 25°C)


Optical assembly Characteristics 1


Light Output Ratio (L.O.R.) [%]: 79
 Lamp code: LED
 ZVEI Code: LED
 Nominal power [W]: 45
 Nominal luminous [Lm]: 5000
 Lamp maximum intensity [cd]: /
 Beam angle [°]: 16°



$$\text{LOR} = \frac{\text{Fluxo luminoso de saída da luminária}}{\text{Fluxo luminoso das lâmpadas}}$$

$$\text{LOR} = \frac{3943.5}{5000} = 0,7887 \sim 0,79 \longrightarrow 79\%$$




Co-funded by the
 Erasmus+ Programme
 of the European Union
 


29

Machine Translated by Google

Conteúdo do seminário

- Tipos de iluminação e luminárias
- Critérios e características do estudo de iluminação



Co-funded by the
 Erasmus+ Programme
 of the European Union
 

30

Machine Translated by Google

Poluição luminosa

Qual é a definição? O que envolve?

- Luz difusa ascendente •
- Níveis de iluminação desnecessários
- Emissão de luz não direcionada •
- Espectro de radiação / Temperatura de cor • Brilho do céu • Efeitos na biodiversidade • Efeitos nas plantas • Interrompe os ritmos biológicos de espécies diurnas e noturnas • Afeta o bem-estar e a saúde humana em residências próximas



Associação Internacional de Céu Escuro (IDA): 12 milhões de toneladas de CO2 anualmente



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

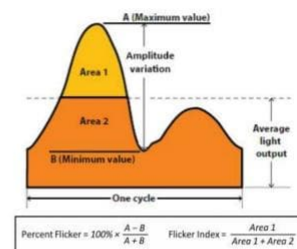


31

Machine Translated by Google

Cintilando

- Quanta cintilação é aceitável e quanta é problemática?
- Não há limites bem definidos para identificar cintilação problemática para aplicações ou populações.
- Preciso usar a câmera do meu celular, balançar um lápis rapidamente ou girar uma roda de cintilação sob a fonte de LED?



DOE- Building Technologies Office, ficha informativa sobre tecnologia de iluminação de estado sólido, Flicker



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



32

Machine Translated by Google

Níveis de Iluminação

Guidelines for lighting design in compliance with EN 12464-1	Corridors	Offices, archives	Offices, reception desk	Offices, filing, copying, traffic zones etc.	Offices, writing, reading, EDP area	Offices, CAD workplaces	Offices, conference and meeting rooms	Offices, technical drawing
Maintained illuminance E_v in area of visual task	100	200	300	300	500	500	500	750
Maintained illuminance E_v in immediate surrounding area	100	150	200	200	300	300	300	500
Uniformity	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6	0,7
UGR limit value	28	25	22	19	19	19	19	16
Colour Rendering Index CRI >	40	80	80	80	80	80	80	80

* Determination of maintained luminance in accordance with maintenance schedule

CIRCULATION AREAS	LUX LEVELS	RETAILING	LUX LEVELS	PLACES OF PUBLIC	LUX LEVELS
Lifts	100	Small retail outlets	500	ASSEMBLY	
Corridors, stairs	100	Supermarkets	750	Churches & village halls etc.	300
Escalators	150	Hypermarkets	1000	OFFICES	
Entrances, exits	200	D.I.Y Superstores	1000	General	500
Atria	50-200	Garden centres	500	Computer work stations	300-500
Atria with plant growth	500-3000	Show rooms	500-750	Filing rooms	300
STAFF ROOMS	LUX LEVELS	KITCHENS	LUX LEVELS	Drawing office general	500
Changing rooms & toilets	100	Serving & washing up areas	300	Drawing boards	750
Rest rooms	150	Food preparation & cooking	500	Cad design areas	300-500
Restaurants, canteens	200	Food stores	150	Print rooms	300

Projeto e padrões de iluminação

EN 12464-1, 2011. Luz e iluminação - Iluminação de locais de trabalho, Parte 1: Locais de trabalho internos

Dica: Ferramentas de simulação de iluminação (RELUX, Dialux) possuem tabelas com os limites



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



33

Machine Translated by Google

Níveis de Iluminação

Task or activity area design				Room or space design			
Task or activity related requirements				Importance of objects and people	Brightness appearance of rooms (4.2.2/4.2.3)		
$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	\bar{E}_z lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx

Projeto e padrões de iluminação

Nova versão EN 12464-1, 2021

Os requisitos para tarefas e atividades específicas são fornecidos por \bar{y}_m, r , \bar{y}_m, u , U_o , R_a e R_{UGL} .

\bar{y}_m, r : Iluminância mínima mantida \bar{y}_m, u : Iluminância máxima mantida

Limite de classificação de ofuscamento unificado, R_{UGL} : limite máximo de UGR



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



34

Machine Translated by Google

Níveis de Iluminação

Task or activity area design				Room or space design			
Task or activity related requirements				Importance of objects and people	Brightness appearance of rooms (4.2.2/4.2.3)		
$E_{m,r}$ lx	$E_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	E_z lx	$E_{m,wall}$ lx	$E_{m,ceiling}$ lx

Projeto e padrões de iluminação

Nova versão EN 12464-1, 2021

Os requisitos para o espaço em que as tarefas ou atividades são realizadas são dados por \bar{y}_z para a percepção de objetos e pessoas dentro desse espaço e \bar{y}_m , parede e \bar{y}_m , teto para a percepção de luz da sala

\bar{y}_z : Iluminância cilíndrica mínima $\bar{y}_m, wall$:

Iluminância média mínima nas paredes $\bar{y}_m, ceiling$:

Iluminância média mínima no teto

Illuminance levels [lx] according to EN 12665:

20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

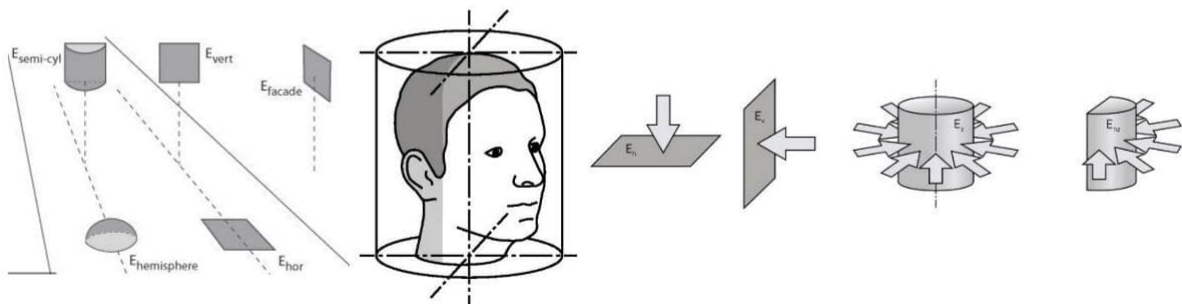


35

Machine Translated by Google

Iluminância cilíndrica

- Ao usar toda a superfície de cálculo para iluminância, a posição e o tamanho devem coincidir.
Ao usar área de tarefa/área circundante imediata/área de fundo, os cálculos de iluminância cilíndrica são realizados SOMENTE em uma superfície de cálculo que inclui a área de tarefa e a área circundante imediata.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

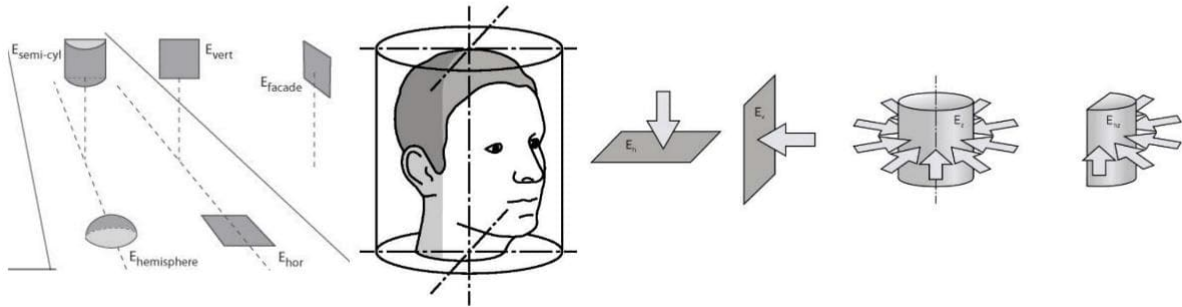


36

Machine Translated by Google

Iluminância cilíndrica

- Também pode ser calculado por estimativa a partir dos 4 planos verticais
 $E_z = 0,25 (E_{v1} + E_{v2} + E_{v3} + E_{v4})$
- Uniformidade: $U_0 \geq 0,10$. A altura do plano horizontal de cálculo deve ser de 1,2 m para pessoas sentadas usuários e 1,6 m para usuários em pé. As alturas são consideradas a partir do chão



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

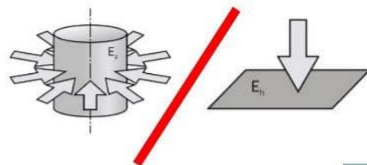


37

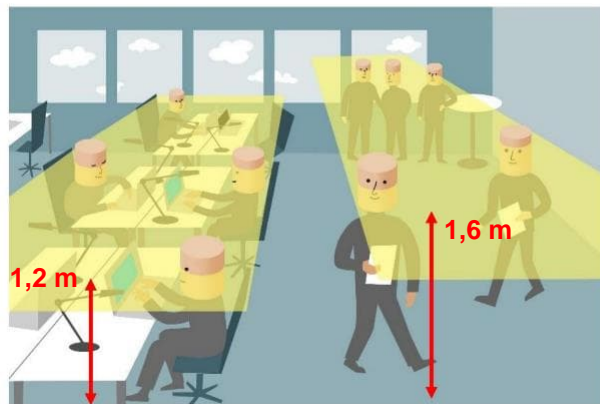
Machine Translated by Google

Índice de modelagem

- E_z / E_h



Iluminação cilíndrica para horizontal em um ponto -
> Índice de modelagem
Os pontos da grade para iluminação cilíndrica e horizontal devem coincidir



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



38

Machine Translated by Google

Índice de modelagem

• Os pontos

da grade E_z / E_h para iluminação cilíndrica e horizontal devem coincidir.

Para um arranjo uniforme de luminárias no local ou luminárias de teto, um valor entre **0,30 e 0,60** é uma indicação de boa modelagem.

**Sombreamento**

forte índice de modelagem:

0,1 Luz altamente direcional para baixo cria sombras fortes (exceto em iluminação teatral, é difícil encontrar um indicador tão baixo).

**Limiar de modelagem aceitável**

índice de modelagem: 0,3 - 0,6 É o limite de modelagem aceitável em locais onde é necessária uma boa comunicação.

**Adequado para ambiente de ensino**

índice de modelagem: 0,5 Adequado para salas de aula infantis e classes que contenham crianças com necessidades educacionais especiais.

**Índice de modelagem de sombreamento mínimo**

índice de modelagem de sombreamento mínimo : 1,0. Valores maiores que 1,0 farão com que a modelagem facial pareça sem características, dificultando a leitura labial, por exemplo.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



39

Machine Translated by Google

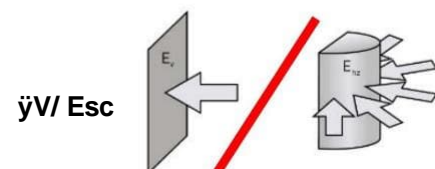
Índice de modelagem

• Para iluminação externa o indicador é definido de forma diferente

O prazer e a aceitação de uma instalação serão avaliados pela "naturalidade" da aparência dos indivíduos (uma medida da modelagem de suas características). Contraste excessivo ou insuficiente pode distorcer a aparência das pessoas e as características arquitetônicas do ambiente. A relação entre as intensidades de luz vertical (E_v) e semicilíndrica (E_{sc}) fornece uma boa orientação para a modelagem. De particular importância em áreas de pedestres, onde, por razões estéticas, a aparência dos usuários e os volumes geométricos do local devem receber atenção especial.

• E_v/E_{sc} deve estar entre 0,8 - 1,3

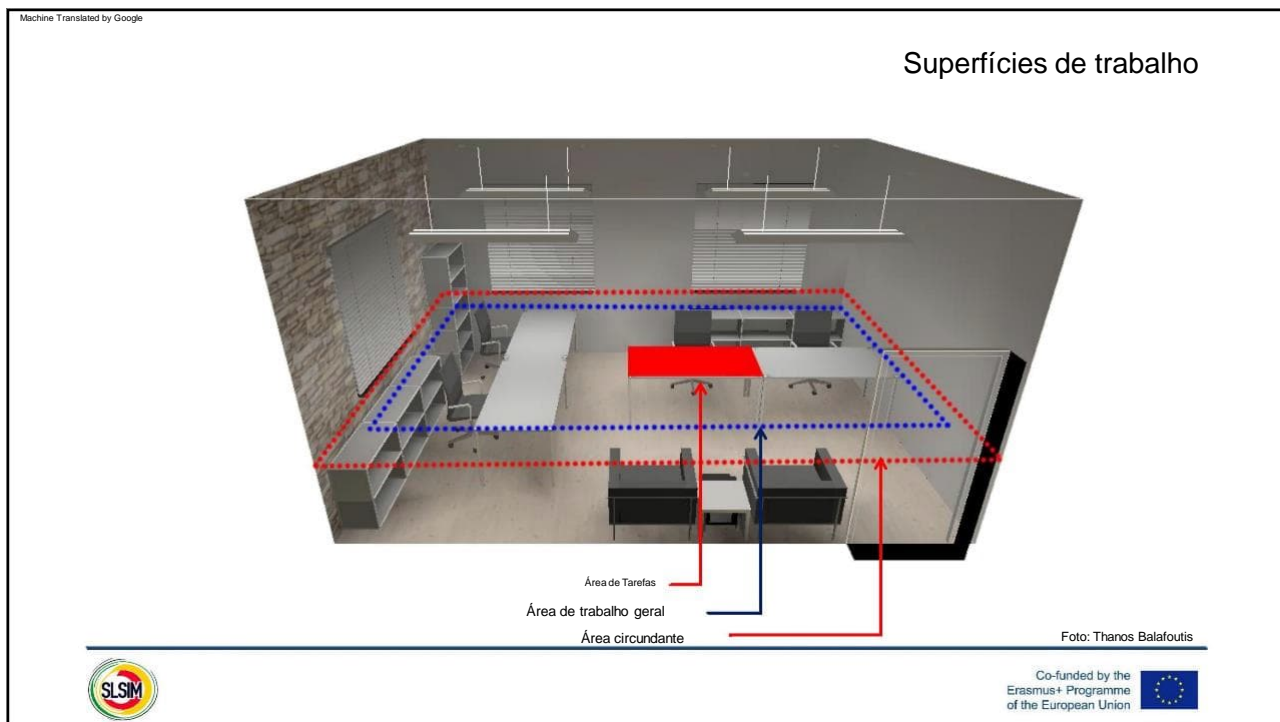
Intensidade de luz vertical (E_v) e semicilíndrica (E_{sc})



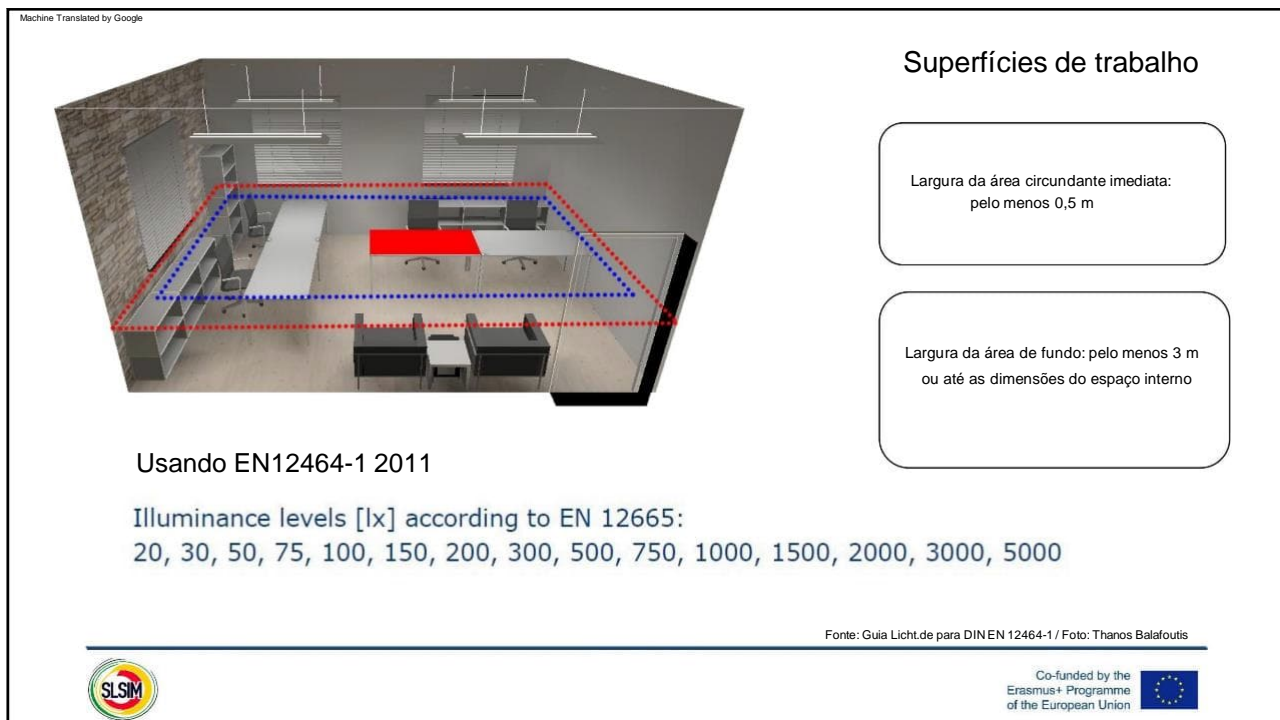
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union



40

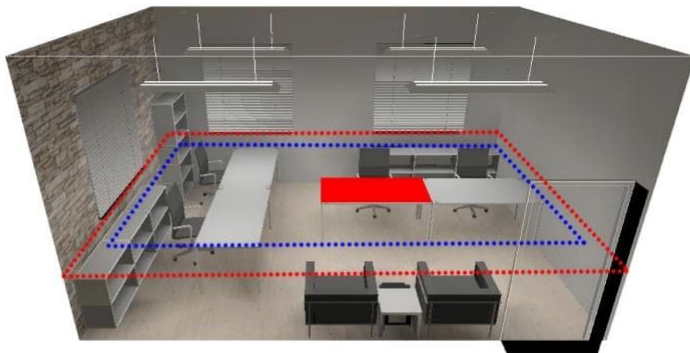


41



42

Machine Translated by Google



Superfícies de trabalho

Existe uma relação entre a iluminação mantida na área da tarefa, na área ao redor e no fundo.

Por exemplo, se a iluminação mantida na área da tarefa for de 500 lx, a iluminação mantida na área circundante imediata deverá ser de 300 lx.

Se a iluminação na área da tarefa for de 300 lx, a iluminação mantida na área circundante imediata deverá ser de 200 lx.

A iluminação de fundo mantida (no nível do chão) deve ser 1/3 da iluminação da área circundante imediata.

Foto: Thanos Balafoutis

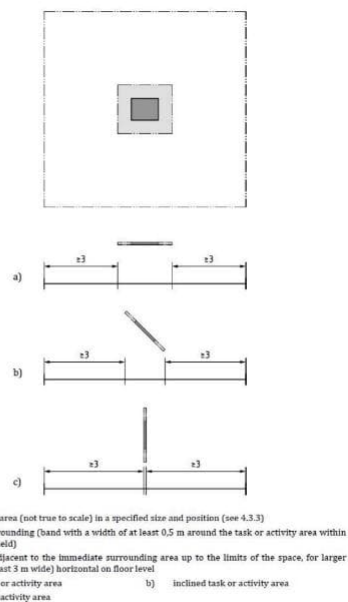


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



43

Machine Translated by Google



Superfícies de trabalho

Illuminance on the task or activity area E_{task} lx	Illuminance on immediate surrounding areas lx
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
≤ 150	E_{task}



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



44

Machine Translated by Google

Superfícies de trabalho

• **Uniformidade**

$$U1 = \frac{E_{min}}{E_{av}} \quad U2 = \frac{E_{min}}{E_{max}}$$



Illuminance [lx]		Illuminance [lx]		Illuminance [lx]	
Average illuminance	Eav	: 535 lx	Average illuminance	Eav	: 116 lx
Minimum illuminance	Emin	: 463 lx	Minimum illuminance	Emin	: 28 lx
Maximum illuminance	Emax	: 606 lx	Maximum illuminance	Emax	: 223 lx
Uniformity Uo	Emin/Eav	: 1 : 1.16 (0.87)	Uniformity Uo	Emin/Eav	: 1 : 4.13 (0.24)
Diversity Ud	Emin/Emax	: 1 : 1.31 (0.76)	Diversity Ud	Emin/Emax	: 1 : 7.95 (0.13)

Escritório:

Área de Tarefa γ 0,6

Área de trabalho geral γ 0,4 Área

circundante γ 0,1

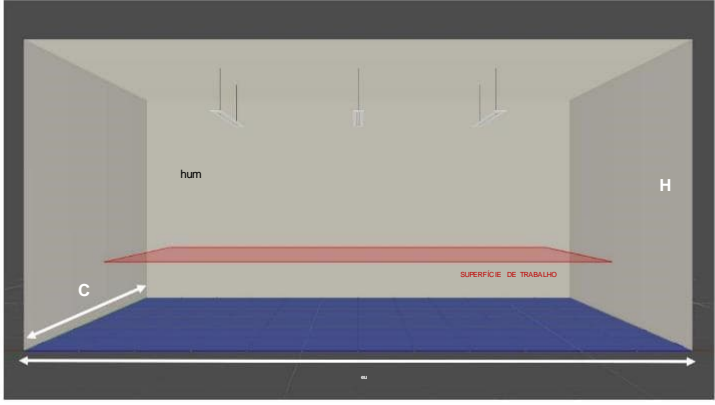
 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

45

Machine Translated by Google



Superfícies de trabalho

• γ (Índice de Sala)



$$K = \frac{L \cdot W}{hm (C + L)}$$

Foto: Thanos Balafoutis

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

46

Machine Translated by Google

Coeficiente de utilização* (UF ou CU)

$$UF = \frac{\text{Fluxo Luminoso na Área de Trabalho}}{\text{Fluxo luminoso das lâmpadas}}$$

* Depende das dimensões do ambiente, da refletividade das superfícies e da altura de montagem da luminária.

		Fatores de Utilização UF															
		Razão de suspensão J=0								Relação de suspensão J=1/4							
yc		0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50
yf		0,70	0,60	0,30	0,70	0,50	0,30	0,70	0,50	0,30	0,70	0,50	0,30	0,70	0,50	0,30	0,30
yw		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Índice de quartos K	0,60	0,29	0,27	0,25	0,29	0,26	0,24	0,28	0,25	0,23	0,29	0,26	0,25	0,29	0,26	0,24	0,29
	0,80	0,32	0,31	0,30	0,30	0,28	0,26	0,29	0,27	0,25	0,32	0,31	0,30	0,30	0,28	0,26	0,29
	1,00	0,35	0,33	0,31	0,30	0,29	0,27	0,29	0,28	0,27	0,36	0,32	0,31	0,30	0,29	0,27	0,30
	1,25	0,38	0,34	0,31	0,31	0,30	0,28	0,30	0,29	0,28	0,39	0,34	0,33	0,31	0,30	0,28	0,32
	1,50	0,42	0,38	0,34	0,35	0,34	0,32	0,33	0,31	0,30	0,43	0,37	0,34	0,35	0,34	0,32	0,33
	2,00	0,45	0,41	0,38	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,32	0,46	0,42	0,38	0,38	0,36	0,34	0,37
	2,50	0,47	0,42	0,39	0,40	0,37	0,35	0,38	0,36	0,35	0,49	0,42	0,39	0,40	0,37	0,35	0,40
	3,00	0,49	0,46	0,44	0,43	0,40	0,38	0,40	0,38	0,36	0,51	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,41
	4,00	0,53	0,49	0,47	0,48	0,46	0,42	0,43	0,41	0,40	0,53	0,49	0,47	0,46	0,45	0,42	0,43
	5,00	0,55	0,53	0,50	0,52	0,50	0,48	0,45	0,44	0,41	0,56	0,53	0,50	0,52	0,50	0,49	0,45



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



47

Machine Translated by Google

Coeficiente de utilização (Exemplo)

Dimensões do quarto:
7m(C) X 5m(P) y 2,80m(A)

Refletividades:
yc = 70% / yf = 50% / yw = 20%

Superfície de trabalho:
hw = 0,80

hm = H - hw - hc =
= 2,80 - 0,80 - 0,00 = 2,00m

$$K = \frac{L \cdot W}{hm (C + L)} = \frac{7 \cdot 5}{2,00 (7 + 5)} = 1,46$$

		Fatores de Utilização UF															
		Razão de suspensão J=0								Relação de suspensão J=1/4							
yc		0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50	0,80	0,80	0,80	0,70	0,70	0,70	0,50	0,50
yf		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
yw		0,32	0,31	0,30	0,30	0,28	0,26	0,29	0,27	0,25	0,32	0,31	0,30	0,30	0,28	0,26	0,29
Índice de quartos K	1,00	0,35	0,33	0,31	0,30	0,29	0,27	0,29	0,28	0,27	0,36	0,32	0,31	0,30	0,29	0,27	0,30
	1,25	0,38	0,34	0,31	0,31	0,30	0,28	0,30	0,29	0,28	0,39	0,34	0,33	0,31	0,30	0,28	0,32
	1,50	0,42	0,38	0,34	0,35	0,34	0,32	0,33	0,31	0,30	0,43	0,37	0,34	0,35	0,34	0,32	0,33
	2,00	0,45	0,41	0,38	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,32	0,46	0,42	0,38	0,38	0,36	0,34	0,37
	2,50	0,47	0,42	0,39	0,40	0,37	0,35	0,38	0,36	0,35	0,49	0,42	0,39	0,40	0,37	0,35	0,40
	3,00	0,49	0,46	0,44	0,43	0,40	0,38	0,40	0,38	0,36	0,51	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,41
	4,00	0,53	0,49	0,47	0,48	0,46	0,42	0,43	0,41	0,40	0,53	0,49	0,47	0,46	0,45	0,42	0,43
	5,00	0,55	0,53	0,50	0,52	0,50	0,48	0,45	0,44	0,41	0,56	0,53	0,50	0,52	0,50	0,49	0,45
	6,00	0,57	0,55	0,52	0,54	0,52	0,50	0,47	0,46	0,43	0,58	0,55	0,52	0,54	0,52	0,50	0,47
	7,00	0,59	0,57	0,54	0,56	0,54	0,52	0,49	0,48	0,45	0,60	0,57	0,54	0,56	0,54	0,52	0,49



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



48

Machine Translated by Google

Fator de Manutenção* - MF

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF$$

Ao instalar um sistema de iluminação, a **iluminância inicial** é sempre superior à **iluminância mantida**, de modo a compensar a depreciação da saída luminosa. O projetista de iluminação deve garantir que a **iluminância mantida** do sistema de iluminação nunca caia abaixo de um determinado valor. Todas as especificações sobre os níveis de iluminância referem-se à **iluminância mantida**.

LLMF : fator de manutenção de lúmens da lâmpada

LSF : fator de sobrevivência da lâmpada

LMF : fator de manutenção da luminária

RSMF : fator de manutenção da superfície da sala

$$\text{Iluminação média inicial} = \frac{\text{Iluminação média ao longo do tempo}}{MF} = \frac{500 \text{ lx}}{0,80} = 625 \text{ lx}$$

* Depende da limpeza do espaço, das refletividades das superfícies, do período de manutenção, do tempo de operação, do índice de proteção das luminárias, do tipo de lâmpadas, etc.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

Fator de Manutenção* - MF

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF$$

Environment type	Max. maintenance interval	Work areas
Clean (C)	3 years	Clean rooms, computer centres, electronic-component assembly areas, hospitals*)
Normal (N)	2 years	Offices, shops, schools, laboratories, restaurants, warehouses, assembly bays
Dirty (D)	1 year	Steel works, chemical plants, foundries, welding shops, grinding shops, woodworking

*) Sometimes shorter maintenance intervals are required for hygiene reasons.

Luminaires cleaning interval in years	0.5			1.0			1.5			2.0			2.5			3.0		
	C	N	D	C	N	D	C	N	D	C	N	D	C	N	D	C	N	D
Luminaire type																		
Bare ballast luminaires	0.95	0.92	0.88	0.93	0.89	0.83	0.91	0.87	0.80	0.89	0.84	0.78	0.87	0.82	0.75	0.85	0.79	0.73
Reflector exposed above (self-cleaning effect)	0.95	0.91	0.88	0.90	0.86	0.83	0.87	0.83	0.79	0.84	0.80	0.75	0.82	0.76	0.71	0.79	0.74	0.68
Reflector enclosed above (no self-cleaning effect)	0.93	0.89	0.83	0.89	0.81	0.72	0.84	0.74	0.64	0.89	0.69	0.59	0.77	0.64	0.54	0.74	0.61	0.52
Enclosed IP2X	0.92	0.87	0.80	0.88	0.82	0.77	0.85	0.79	0.73	0.83	0.77	0.71	0.81	0.75	0.68	0.79	0.73	0.65
Dust-proof IP5X	0.96	0.93	0.91	0.94	0.90	0.86	0.92	0.88	0.83	0.91	0.86	0.81	0.90	0.85	0.80	0.90	0.84	0.79
Indirect luminaires	0.92	0.89	0.85	0.88	0.81	0.74	0.81	0.73	0.65	0.77	0.66	0.57	0.73	0.60	0.51	0.70	0.56	0.45

From CE publication 97 "Maintenance of indoor electric lighting systems", dated 1995, ISBN 3 900 734 34 8

LMF

LLMF running hours	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	4,500	5,000	5,500	6,000	6,500	7,000	7,500	8,000	8,500	9,000	9,500	10,000	10,500	11,000	11,500	12,000	
Incandescent lamp	LLMF	1.00	0.97	0.93	0.89																				
DE 115W	LSF	1.00	0.98	0.96	0.93																				
Low-voltage halogen lamp	LLMF	1.00	0.98	0.96	0.93																				
Philips Coolwhite Pro	LSF	1.00	0.98	0.96	0.93	0.94	0.90																		
Single-phosphor fluorescent lamp	LLMF	1.00	0.97	0.94	0.91	0.89	0.83	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70												
DE 115W	LSF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.95	0.92	0.89	0.85	0.81	0.78	0.74	0.70	0.66	0.62	0.58	0.54	0.50	0.46	0.42	
Phosphor fluorescent lamp T28	LLMF	1.00																							
Osram LUMOLUX	LSF	1.00																							
Phosphor fluorescent lamp T16	LLMF	1.00																							
Osram Hs V-G	LSF	1.00																							
Compact fluorescent lamp	LLMF	1.00	0.97																						
Osram DULUX	LSF	1.00	0.99																						
Metal halide lamp Ceramic	LLMF	1.00																							
Osram HQI 150 W/EC	LSF	1.00																							
Metal halide lamp Quartz	LLMF	1.00																							
Osram HQI E 250 W/D	LSF	1.00																							
Metal halide lamp Quartz	LLMF	1.00																							
Osram HQI E 400 W/D	LSF	1.00																							
Mercury vapour lamp	LLMF	1.00																							
Philips HT 250/400 W	LSF	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.93	0.89	0.85	0.81	0.77	0.73	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53	0.49	0.45	0.41	0.37	0.33	0.29	
Sodium vapour lamp	LLMF	1.00																							
Philips SDB 175 W Plus 100-400 W	LSF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.85	

LLMF / LSF

Room cleaning interval in years	0.5			1.0			1.5			2.0			2.5			3.0		
	C	N	D	C	N	D	C	N	D	C	N	D	C	N	D	C	N	D
Room size / Illumination																		
Small																		
K=0.7																		
Direct	0.97	0.96	0.95	0.97	0.94	0.93	0.96	0.94	0.92	0.95	0.93	0.90	0.94	0.92	0.89	0.94	0.92	0.88
Indirect	0.94	0.90	0.84	0.90	0.86	0.82	0.89	0.83	0.80	0.87	0.82	0.76	0.85	0.80	0.75	0.84	0.79	0.74
Medium																		
K=2.5																		
Direct	0.96	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95	0.97	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94
Indirect	0.95	0.90	0.86	0.92	0.88	0.85	0.90	0.86	0.83	0.89	0.85	0.81	0.87	0.84	0.79	0.86	0.82	0.78
Large																		
K=5.0																		
Direct	0.96	0.97	0.96	0.96	0.96	0.95	0.97	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94
Indirect	0.95	0.90	0.86	0.92	0.88	0.85	0.90	0.86	0.83	0.89	0.85	0.81	0.87	0.84	0.79	0.86	0.82	0.78

From CE publication 97 "Maintenance of indoor electric lighting systems", dated 1995, ISBN 3 900 734 34 8

RSMF



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

UGR (Classificação Unificada de Ofuscamento)

Condição dos indivíduos dentro de uma área iluminada devido a uma instalação de iluminação na qual há desconforto visual e/ou diminuição da capacidade da pessoa de enxergar detalhes ou objetos, causada pela distribuição inadequada do brilho e/ou por uma faixa inadequada de valores de brilho – uniformidade.



Fonte: Publicação CIE: S 017/E: 2011, Vocabulário internacional de iluminação. Comissão Internacional de Iluminação, CIE, Viena 17-492 (2011) / Imagem: Pexels.com



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



51

Machine Translated by Google

UGR (Classificação Unificada de Ofuscamento)

Tipos de brilho:

O brilho incapacitante é a forma de brilho que reduz o desempenho visual.

Depende da quantidade de luz que incide sobre o olho e pouco do brilho das fontes que criam o brilho.

O espectro da fonte de brilho não tem efeito.



Fonte: Bommel, Enciclopédia de Ciência e Tecnologia das Cores, Springer, DOI 10.1007/978-3-642-27851-8_125-3 / Imagem: Pexels.com



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



52

Machine Translated by Google

UGR (Classificação Unificada de Ofuscamento)

Tipos de brilho:

Brilho de desconforto: Brilho de desconforto que causa desconforto.

Dependendo do brilho das fontes que causam brilho.

Dependendo do tamanho das fontes de ofuscamento.

O espectro da fonte de brilho tem uma efeito.



Fonte: Bommel, Enciclopédia de Ciência e Tecnologia das Cores, Springer, DOI 10.1007/978-3-642-27851-8_125-3 / Imagem: Pexels.com



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



53

Machine Translated by Google

UGR (Classificação Unificada de Ofuscamento)

Avaliação do brilho:

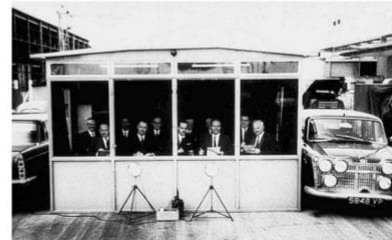
É importante perceber que a pesquisa sobre a qual hoje se baseia os sistemas de avaliação de reflexão são baseados principalmente em intervalos das décadas de 1940, 1950 e 1960 (para o esporte desde a

década de 1980).

Os efeitos do brilho não mudaram desde então. Mas o os equipamentos foram alterados.

Por exemplo, os sistemas de classificação de brilho para iluminação interior têm foram extensivamente estudados apenas para difusivos e prismáticos capas, já que estas eram usadas na época.

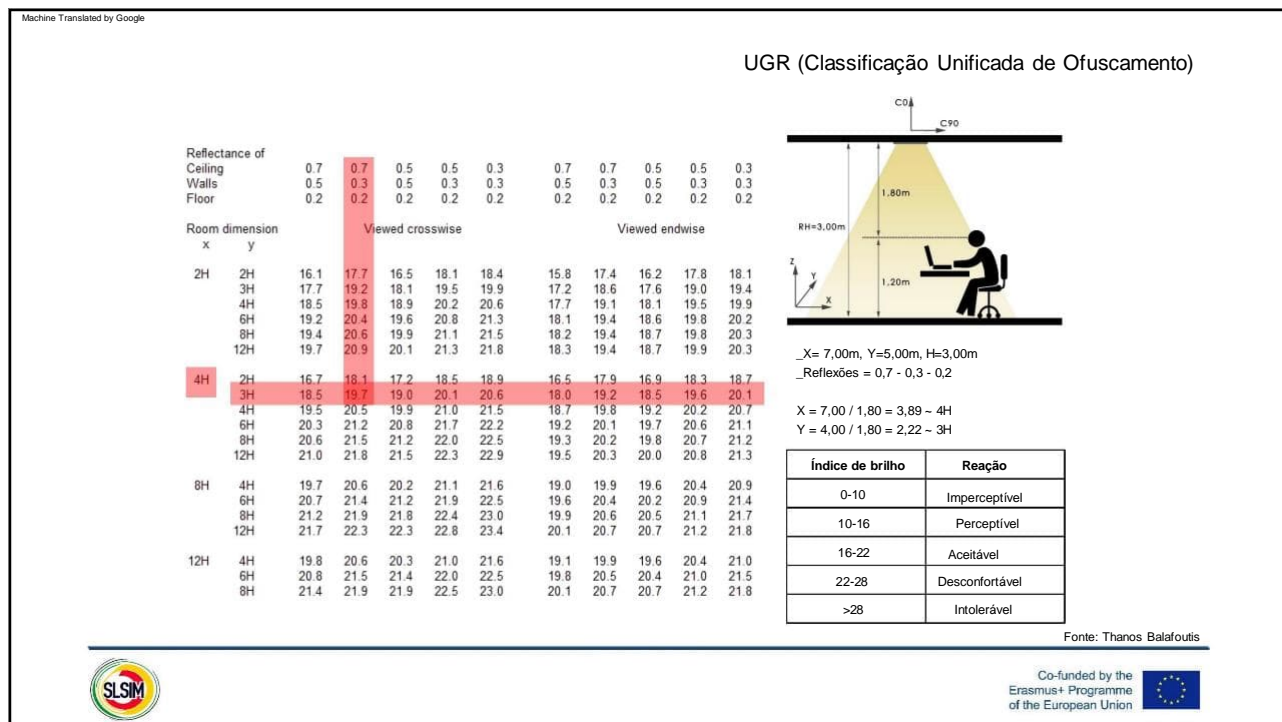
A mudança mais importante foi a introdução do LED fontes de luz. Nem todos os sistemas atuais de avaliação de ofuscamento têm foram inicialmente estudados para as condições de luminárias de LED.



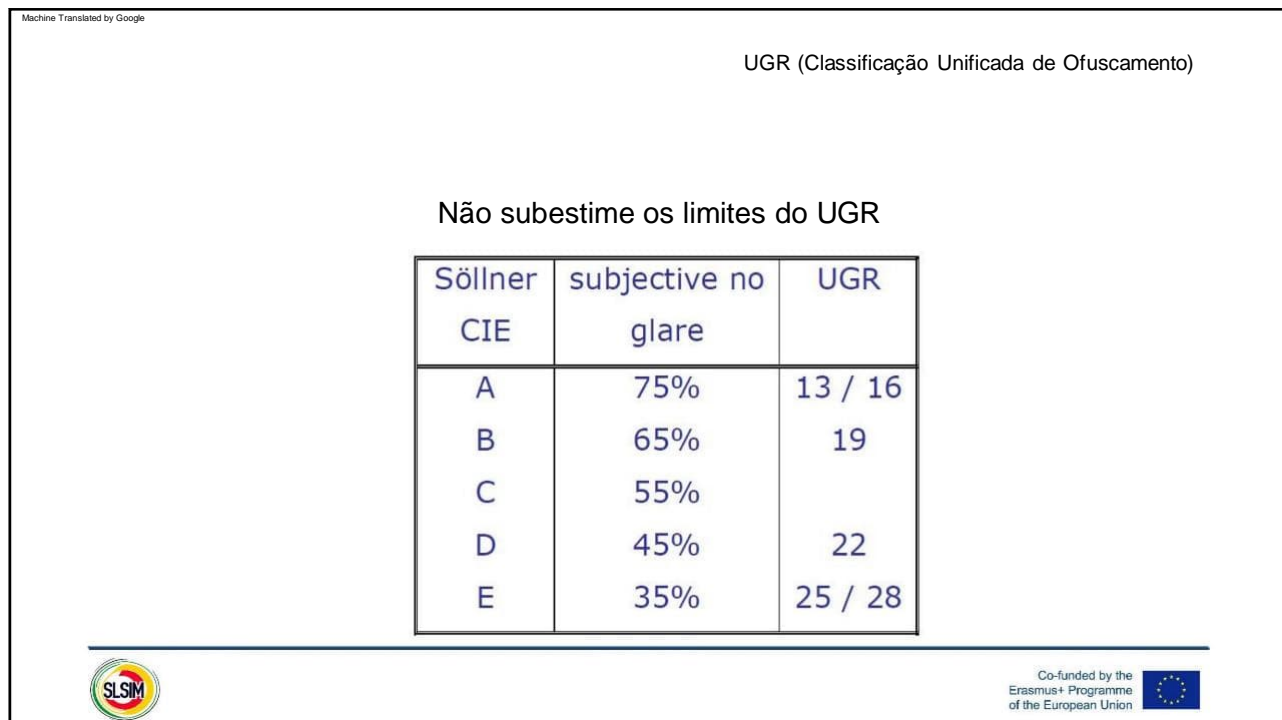
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



54



55




56

Machine Translated by Google

UGR (Classificação Unificada de Ofuscamento)

Exemplo de cálculo de UGR no RELUX



- Posição do observador
Campo de visão 2x30°

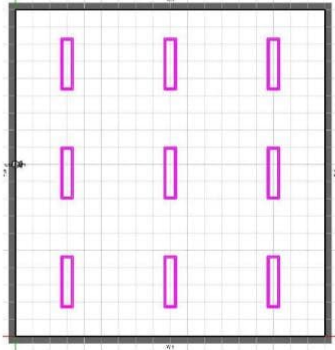
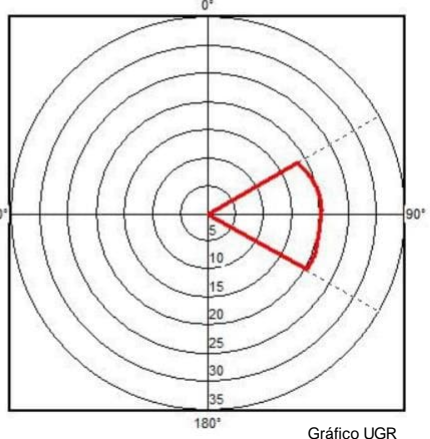





Gráfico UGR



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

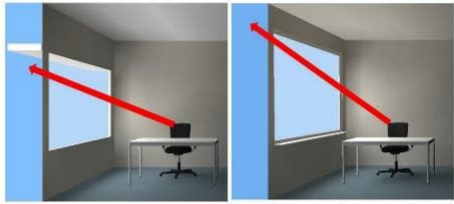



57


Machine Translated by Google

Iluminação natural e ofuscamento


- Luminância da fonte de luz
- Luminância de fundo
- Área de superfície da fonte ou fontes
- Posição em relação ao observador

Fotos: Thanos Balafoutis



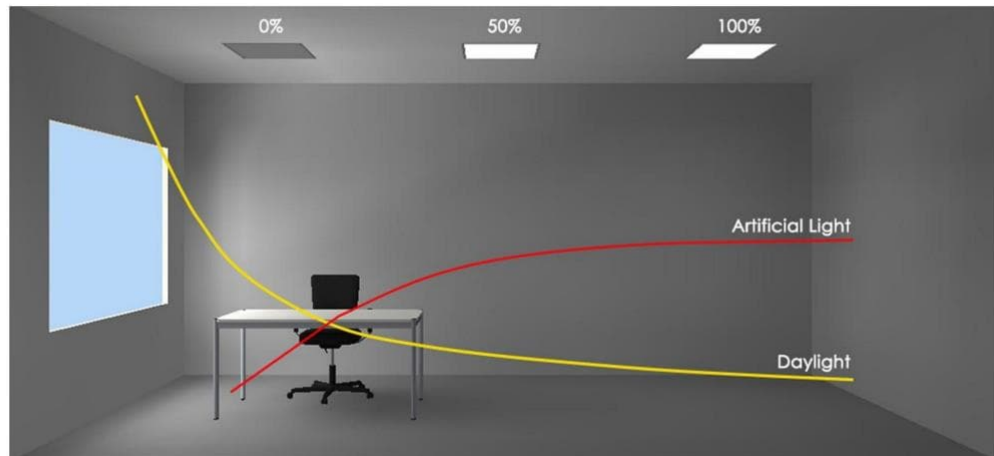
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



58

Machine Translated by Google

Controle de iluminação natural



Fotos: Thanos Balafoutis



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



59

Machine Translated by Google

Índice de reprodução de cor Ra e EN12464-1 2011



A qualidade da cor é importante



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



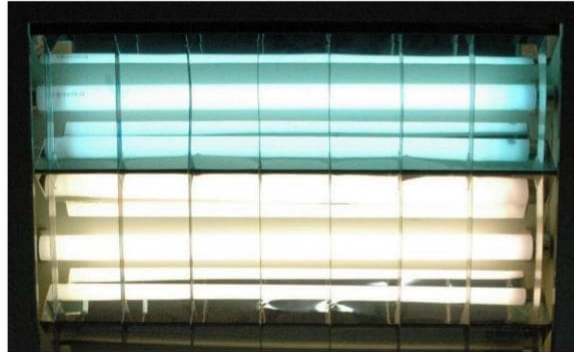
60

Machine Translated by Google

Temperatura de cor correlacionada

Frio 6500K

Quente 3000K



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

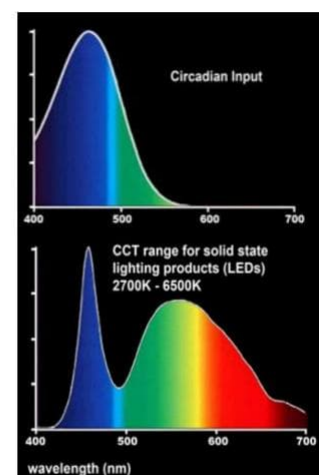


61

Machine Translated by Google

Iluminação e Saúde Humana

- Terá um efeito positivo ou negativo na saúde humana
- Visão adequada, Ritmo Circadiano Equilibrado, Produtividade e Manhã – Alerta, Sono Profundo (delta) Restaurador
- Enxaquecas, degeneração macular, distúrbios do sono, SAD, jet lag e disfunção do trabalho por turnos
- Direção, intensidade, tempo e comprimento de onda da luz que entra no olho é muito importante
- Pode ser excluído o LED em instalações especiais (hospitais de terapia intensiva, casa de repouso, hotel etc.)?



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



62

Machine Translated by Google

Iluminação e Saúde Humana

- Os dispositivos móveis foram adaptados



2796 mil



6078K

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

63

Machine Translated by Google

Iluminação e Saúde Humana

- Podemos usar lâmpadas de 12000K?



Preferred selection

Product ID	Packaging Configuration	Net weight	Lamp cap/Base	Colour Designation	Colour Temperature (K)	Colour Rendering Index (Ra)
TL-D 18W Snow White	25	71	G3	Extreme Cool Daylight	12000	78
TL-D 36W Snow White	25	1375	G3	Extreme Cool Daylight	12000	78
TL-D 58W Snow White	25	186	G3	Extreme Cool Daylight	12000	78

Os usuários relataram que a temperatura de cor mais agradável é próxima a 4100K e nenhuma diferença entre lâmpadas T5 e

LEDs (uso em escritório, 500 lux)

Viitanen J., J. Lehtovaara, E. Tetri, L. Halonen. Preferências do usuário em iluminação de escritórios: um estudo de caso comparando iluminação LED e T5, Leukos, 9, 4, (2013) 261-290

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

64

Machine Translated by Google

Cálculos de iluminação

Antes da instalação de qualquer sistema de iluminação, deve ser feito um cálculo de iluminação realizado através da utilização de software de simulação de iluminação, por exemplo Relux, Dialux etc.



Os dados geométricos do espaço interior e os dados fotométricos do luminárias são importadas para o software.



O software é capaz de calcular todas as métricas e quantidades relevantes para a iluminação do espaço interior, ou seja, iluminância, uniformidade, consumo de energia, brilho unificado classificação etc.



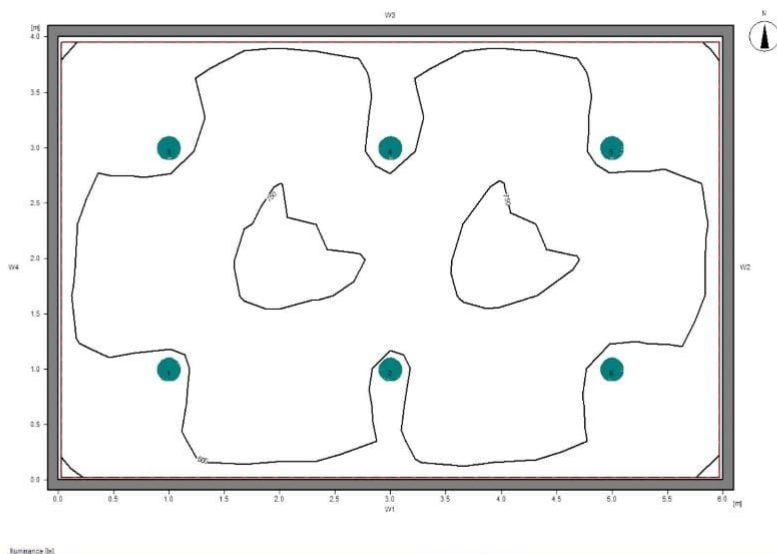
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



65

Machine Translated by Google

Cálculos de iluminação – Resultados de software



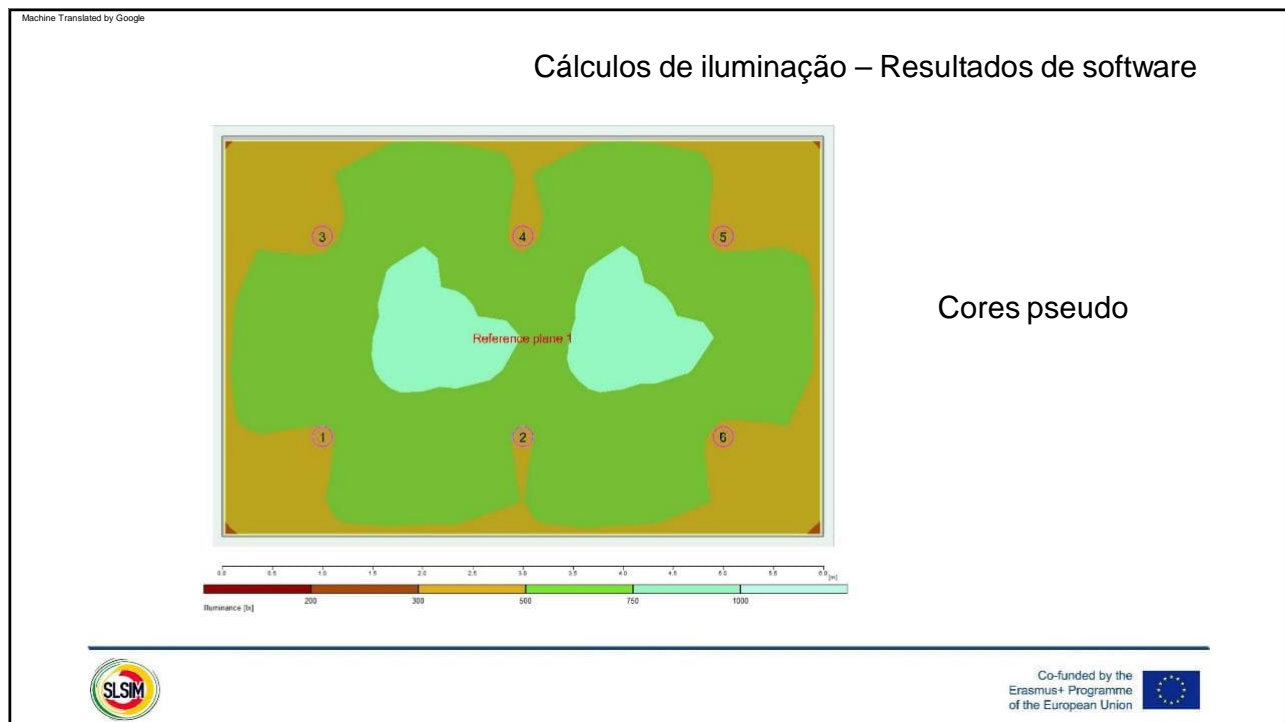
Isolux



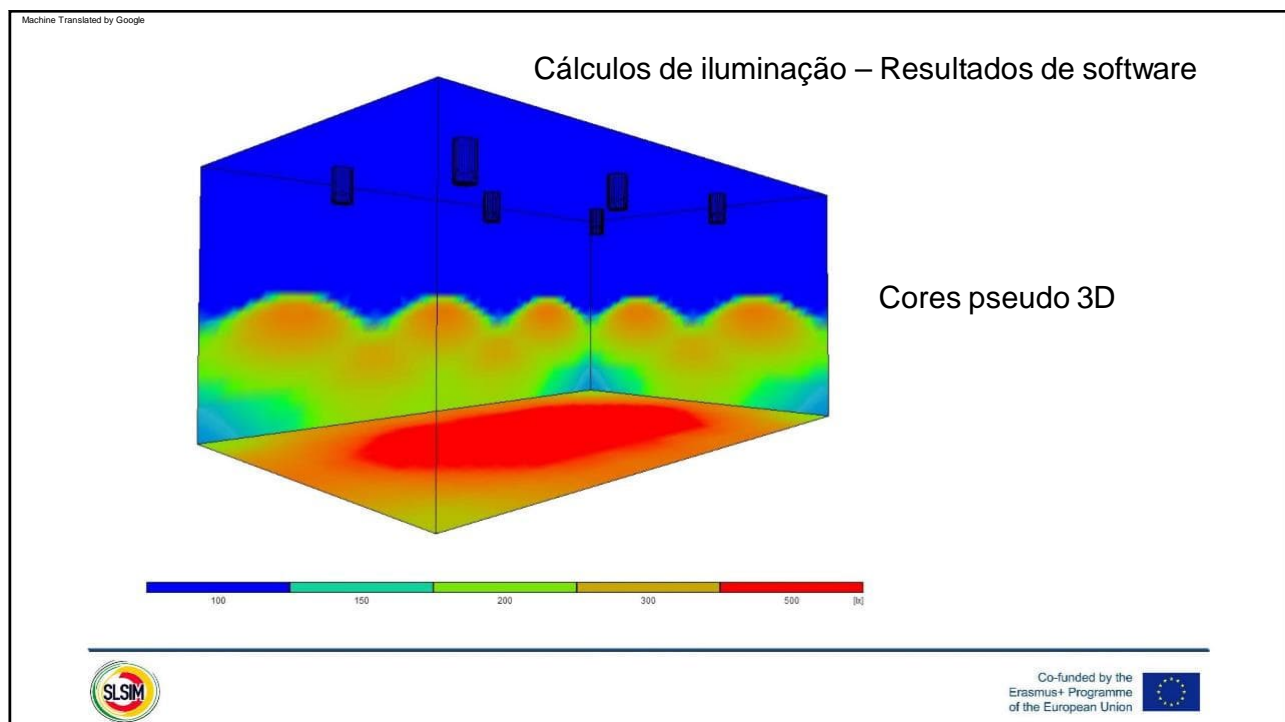
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



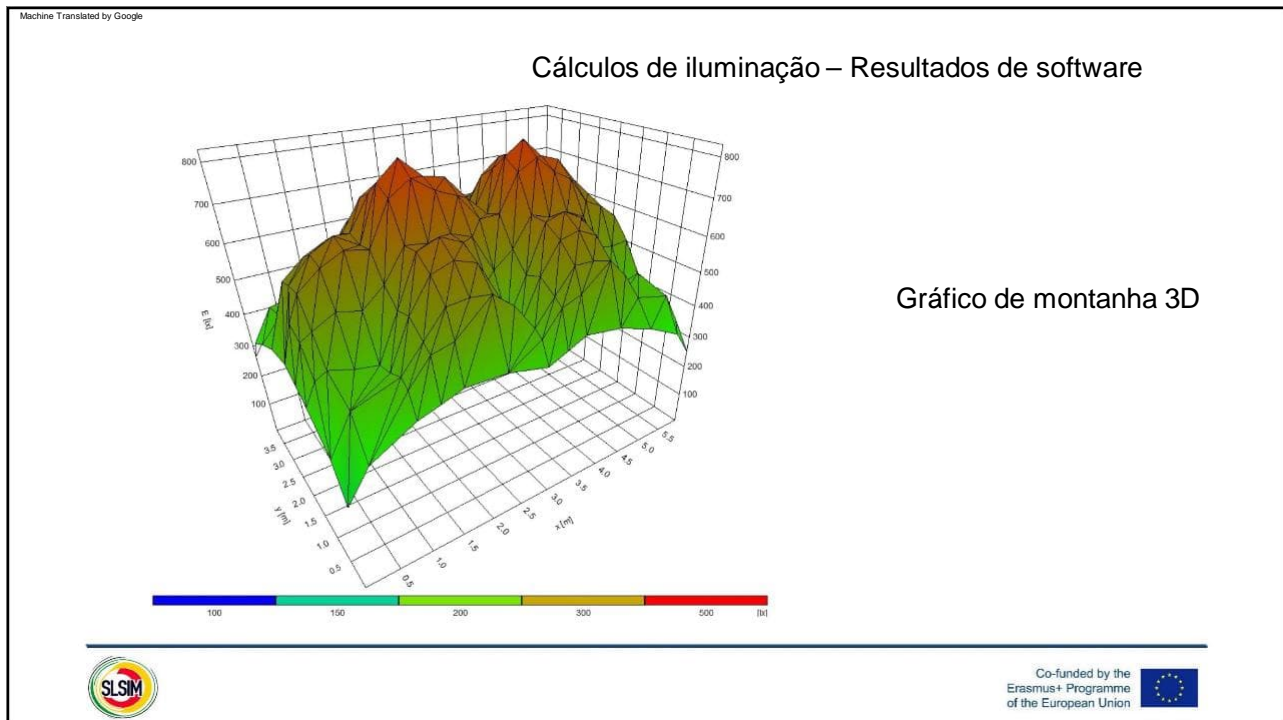
66



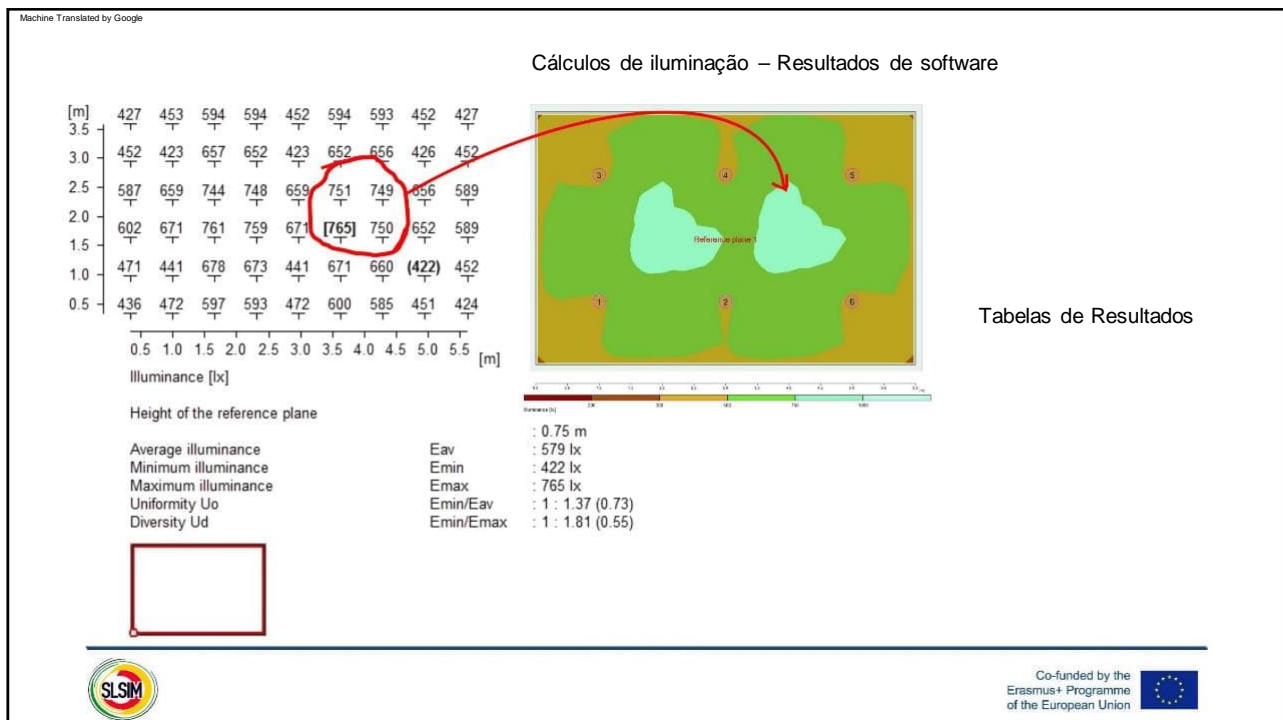
67



68



69



70

Machine Translated by Google

Questões;



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google



Co-funded by
the European Union


Planejamento e Design de Iluminação

1

Machine Translated by Google

Conteúdo

- 1. Introdução ao Design de Iluminação 2.
- Princípios do Design de Iluminação 3.
- Métodos de Design de Iluminação
- 4. Comunicação e Documentação
- 5. Aplicações do Design de Iluminação 6.
- Tendências Emergentes



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



2

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

O objetivo desta apresentação é explorar princípios, métodos e práticas de comunicação de design de iluminação.

O curso é dividido em 6 módulos que abrangem os principais princípios do design de iluminação, métodos usados na preparação de um design de iluminação, maneiras de comunicar e documentar projetos de design de iluminação, as aplicações do design de iluminação por meio de estudos de caso e, finalmente, as tendências emergentes.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



3

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

O que é design de iluminação?

Design de Iluminação: A arte e a ciência de moldar ambientes com luz.

Principais objetivos: conforto, segurança, apelo visual, baixo consumo de energia consumo.

Importância em contextos arquitetônicos: melhora a espacialidade percepção, influencia o comportamento e o humor.

Diferenciação da iluminação básica: Foco na iluminação qualitativa e aspectos quantitativos.

Design: Um trabalho criativo e técnico, em sua maioria original. Cada caso os cenários podem ser diferentes pois dependem do espaço.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



4

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação



A iluminação básica foca na
iluminação de espaços
independentemente do seu design



O design de iluminação concentra-se
nos aspectos qualitativos e quantitativos,
direcionando a iluminação onde necessário
e criando uma atmosfera



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



5

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

Papel do design de iluminação na arquitetura e
Planejamento Urbano

Integração com o projeto geral: Coordenação antecipada com
arquitetos e planejadores

Impacto no desempenho do edifício: uso de energia, satisfação dos
ocupantes, marca

Escala urbana: segurança pública, identidade da cidade, experiência do pedestre

Considerações culturais/contextuais: Respeite os códigos históricos ou locais

Sinergia com o planejamento paisagístico/ambiental



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



6

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

O processo de design de iluminação

Conceito e visão: traduzir as necessidades do cliente e a intenção da arquitetura em conceitos de iluminação

Projeto preliminar: esboços grosseiros, identificação das principais camadas de iluminação

Projeto detalhado: cálculos, seleção de acessórios, documentação

Implementação: Coordenação de instalação, supervisão do local

Pós-ocupação: Comissionamento, ajuste fino e ciclo de feedback



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

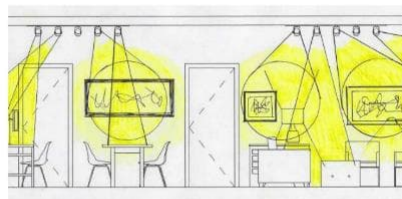


7

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

O processo de design de iluminação



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



8

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

Partes interessadas no design de iluminação

Arquitetos e designers de interiores: fornecem contexto espacial e estética

Engenheiros (elétricos, mecânicos): abordam fornecimento de energia, controles, integração

Designers/consultores de iluminação: Experiência especializada em aplicação de luz

Clientes/proprietários: Definir requisitos funcionais/orçamentários

Contratantes/fabricantes: garantem a viabilidade e a instalação do produto

Usuários finais: Forneça feedback sobre conforto e usabilidade



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



9

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

Abordagem centrada no ser humano para o planejamento de iluminação

Foco no bem-estar dos ocupantes: conforto visual, segurança, satisfação

Importância da personalização: as preferências individuais variam (brilho, temperatura da cor)

Incentivar a produtividade e o engajamento: papel no humor e no estado de alerta

Equilibrando o design com a saúde dos ocupantes: estratégias que apoiam o conforto e a funcionalidade

Projetos orientados ao usuário: escritórios com iluminação ajustável



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



10

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

Impacto da Iluminação na Experiência Espacial

Definindo características arquitetônicas:

Use a luz para destacar ou ocultar elementos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



11

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

Impacto da iluminação na experiência espacial **Criação de atmosfera:** destaques dramáticos vs. ambiente sutil



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



12

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

Impacto da Iluminação na Experiência Espacial

Percepção de tamanho/escala: brilho, contraste e distribuição afetam a sensação dos espaços



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



13

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

Impacto da Iluminação na Experiência Espacial

Influência na orientação: Orientação do movimento através de corredores e pontos focais



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



14

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

Impacto da Iluminação na Experiência Espacial

Reforçando a identidade da marca: Linguagem de iluminação consistente para ambientes comerciais ou cívicos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



15

Machine Translated by Google

1. Introdução ao Design de Iluminação

Sustentabilidade e Eficiência Energética Considerações

Estratégias de design: Luminárias eficientes, controles inteligentes, integração de luz natural

Pensamento do ciclo de vida: Durabilidade do produto, manutenção, descarte **Equilibrando custo vs. sustentabilidade:** ROI de longo prazo por meio de economia de energia



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



16

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Definição de requisitos de iluminação (função vs. Estética)

Necessidades funcionais: segurança, visibilidade, conformidade com o código

Objetivos estéticos: melhorar a forma, a textura, a cor e o humor

Alinhamento com o conceito de design: Harmonização com a visão arquitetônica

Equilíbrio entre função e estilo: desempenho sem sacrificar a beleza



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



17

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Camadas de luz – ambiente, tarefa e destaque

Iluminação ambiente: Iluminação geral

Iluminação de tarefas: luz focada para atividades específicas

Iluminação de destaque: destacando obras de arte e características arquitetônicas

Combinando camadas: profundidade, interesse e versatilidade



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



18

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Camadas de luz – ambiente, tarefa e destaque

Iluminação ambiente: Iluminação geral



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



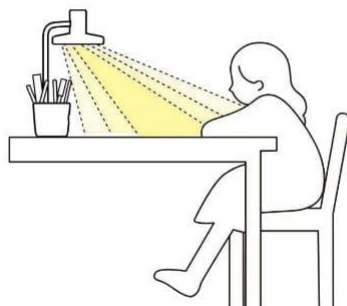
19

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Camadas de luz – ambiente, tarefa e destaque

Iluminação de tarefas: luz focada para atividades específicas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



20

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Camadas de luz – ambiente, tarefa e destaque

Iluminação de destaque: destacando obras de arte e características arquitetônicas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



21

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Camadas de luz – ambiente, tarefa e destaque

Combinando camadas: profundidade, interesse e versatilidade



AMBIENT

TASK

ACCENT



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



22

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

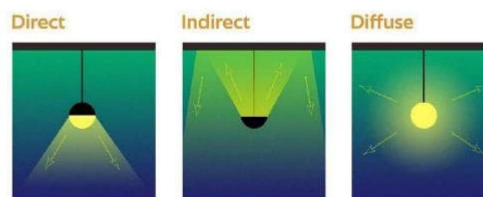
Distribuição e Equilíbrio da Iluminação

Tipos de distribuição: Direta, indireta, difusa, mista

Importância da iluminação equilibrada: evite pontos escuros ou áreas brilhantes

Conforto visual: minimizando o brilho e os reflexos

Avaliação da distribuição: cálculo, modelagem, teste



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



23

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Contraste e Hierarquia Visual

Objetivo do contraste: enfatizar elementos importantes, criar interesse

Alcançando contraste: diferenças em brilho, cor, direção

Hierarquia visual: guie o olhar pelo espaço

Armadilhas: contraste excessivo causa desconforto



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



24

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Uniformidade vs. Iluminação localizada **Abordagem**

uniforme: Distribuição uniforme para grandes áreas abertas **Localizada/**

baseada em tarefas: Foco em tarefas ou recursos específicos **Prós e**

contras: Energia, satisfação do usuário, expressão de design **Combinação**

de abordagens: Esquemas híbridos para iluminação multifuncional
espaços



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



25

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

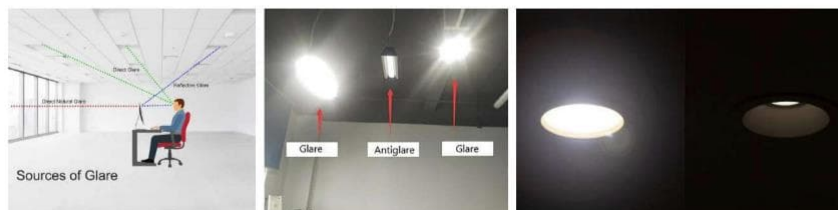
Estratégias de controle de ofuscamento

Tipos de ofuscamento: direto, refletido, desconforto, incapacidade

Técnicas de design: blindagem, difusores, venezianas, posicionamento

Escolhas de materiais: superfícies foscas vs.

brilhantes **Padrões:** Classificação unificada de ofuscamento (UGR)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



26

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Integração da luz natural no projeto de iluminação

Benefícios da iluminação natural: redução de energia e bem-estar dos ocupantes

Ferramentas e métodos: Orientação de janelas, sombreamento, modelagem de luz natural

Equilibrando a luz do dia e a luz elétrica: controles para mudanças dinâmicas

Desafios: controle de brilho, ganho de calor, luz natural variável



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



27

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Temperatura da cor e seu impacto na percepção (design)

Tons quentes vs. frios: configurações de humor alinhadas com a

função **Aplicações de design:** calor residencial vs. frio clínico **Contexto**

cultural: o conforto percebido varia em todo o mundo

Identidade da marca: hospitalidade vs. paletas corporativas

Iluminação branca dinâmica: adaptável para diferentes momentos ou eventos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



28

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

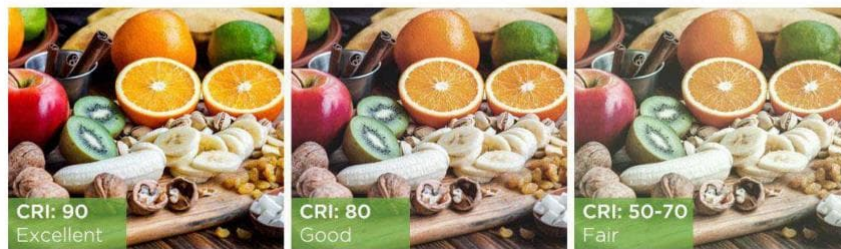
Renderização de cores e sua importância (Design)

Finalidade: Aparência precisa de materiais/objetos **CRI, R9:**

Interpretação de especificações de

produtos **Aplicações:** Expositores de varejo, galerias de arte, tarefas

sensíveis à cor **Compensações:** Eficiência vs. qualidade da cor



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



29

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Interações de Luz e Material

Propriedades de refletância: fosco, brilhante, texturas

Absorção e dispersão: como as superfícies alteram o brilho

Sinergia no design: Selecionando acabamentos para complementar o conceito de iluminação

Ilusões visuais: Percepção do espaço com superfícies reflexivas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



30

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Iluminação e Percepção do Espaço

Efeitos psicológicos: aconchegante vs.

expansivo **Iluminância vertical vs. horizontal:** enfatizando paredes vs.

pisos **Ilusões de altura do teto:** iluminação ascendente vs.

iluminação descendente **Orientação:** usando luz para marcar transições e caminhos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

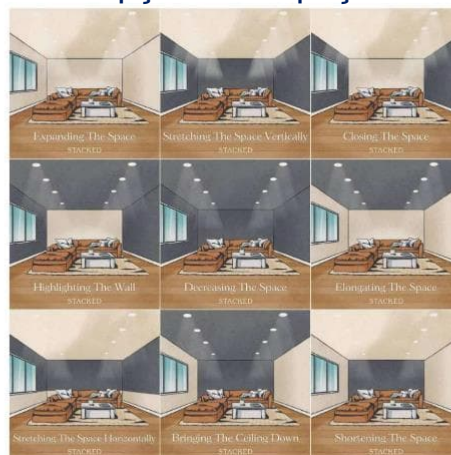


31

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Iluminação e Percepção do Espaço



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



32

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

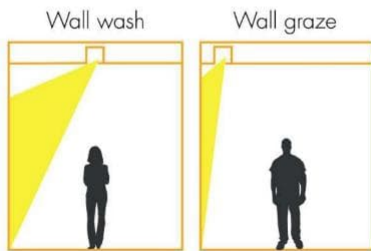
Criação de Sombra e Profundidade

Por que as sombras são importantes: aprimore a percepção 3D

Iluminação direcional: Spots, iluminação rasante, iluminação de parede

Evitar iluminação plana: interação equilibrada de luz/sombra

Destacando texturas: Destaque em superfícies texturizadas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



33

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Humor e Atmosfera - Efeitos Psicológicos de Luz

Respostas emocionais: Calmo, energético, dramático

Interpretações culturais: diferenças regionais

Uso de cor e intensidade: pontos focais, mudanças de ambiente

Conforto humano: evite estresse ou fadiga ocular



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



34

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Iluminação para Acessibilidade e Inclusão

Design universal: contraste adequado, redução de brilho

Para deficientes visuais: sinais táteis, brilho consistente

Diretrizes semelhantes à ADA: requisitos de navegação segura

Empatia no design: Compreendendo as diversas necessidades dos usuários



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



35

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

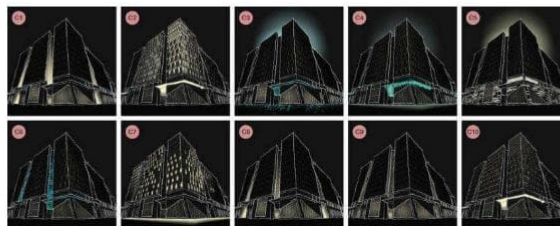
Conceitos de Iluminação Dinâmica e Adaptativa

Mudanças de cena: transições de hora do dia, mudanças orientadas por eventos

Controles adaptativos: sensores, interfaces de usuário, IoT

Benefícios: Experiência aprimorada, economia de energia

Considerações de projeto: usabilidade dos controles, aceitação dos ocupantes



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



36

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Considerações circadianas no planejamento da iluminação

Conceito básico: Alinhar a intensidade/espectro da luz com os ritmos humanos

Estratégias de design: Varie a temperatura/intensidade da cor ao longo do dia

Integração arquitetônica: grandes janelas, iluminação elétrica dinâmica



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



37

Machine Translated by Google

2. Princípios do Design de Iluminação

Integração arquitetônica da iluminação **Luminárias**

ocultas vs. expostas: Estética vs. manutenção **Design coeso:**
Combinando a forma da luminária com a linguagem

arquitetônica **Considerações estruturais:** Rebaixada,

sanca, suspensa **Coordenação com interiores:**

Complementando paletas de cores e estilo



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



38

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Desenvolvimento de Conceitos em Design de Iluminação

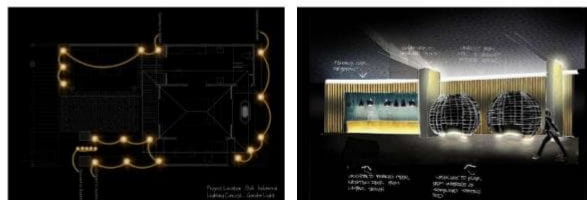
Briefing do cliente: esclarecer metas e orçamento

Inspiração: Arquitetura, natureza, arte, branding

Mood boards/esboços: visualize as ideias iniciais

Narrativas de design: contando histórias por meio da iluminação

Processo iterativo: coletar feedback, refinar



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



39

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Determinando critérios e objetivos de design

Metas quantitativas: Iluminância, consumo de energia, conformidade com o código

Metas qualitativas: Atmosfera, estilo, marca

Experiência do usuário: Conforto, produtividade, ressonância emocional **Prioridades:** Restrições orçamentárias vs.

aspirações de design **Documentação:** Declaração clara da intenção do design



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



40

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Camadas de luz em diferentes aplicações

Interior vs. exterior: diferentes fatores ambientais

Comercial vs. residencial: ênfase na tarefa vs. no

ambiente **Público vs. privado:** segurança vs. conforto

peçoal **Contextos culturais/históricos:** destaque respeitoso do patr



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



41

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Projeto de Iluminação para Diferentes Escalas (Interior, Exterior, Urbano)

Microescala: Pontos focais detalhados em espaços pequenos

Escala do edifício: Fachada, lobby, sistemas integrados

Escala urbana: ruas, praças, caminhos pedonais

Diferenças de abordagem: complexidade, fluxo do usuário, códigos

Coordenação: Garantindo uma identidade de iluminação coesa



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



42

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Usando software de cálculo de iluminação

Ferramentas populares: plugins DIALux, AGI32, Relux, Revit

Fluxo de trabalho: importar desenhos de arquitetura, posicionar luminárias, simular

Vantagens: Previsões precisas de iluminância, brilho e uniformidade

Limitações: Fatores do mundo real (decoração, comportamento dos ocupantes) nem sempre são capturados

Dicas: Valide com mockups ou testes no local



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



43

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Técnicas de Simulação e Renderização

Modelagem 3D: Visualização de luminárias, sombras e interação de cores

Bibliotecas de materiais: dados de refletância e textura

Renderização realista: ajuda os clientes a ver a aparência final

VR/AR: Ferramentas emergentes de apresentação imersiva

Resultados: Imagens fotorrealistas, vídeos, orientações interativas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



44

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Estratégias de Zoneamento e Controle

Conceito de zonas: Agrupamento de áreas por função ou uso

Escurecimento/comutação: aumento da flexibilidade e economia de energia

Programação e sensores: sensores de ocupação, coleta de luz natural

Integração com BMS: Sistemas de Gestão de Edifícios

Benefícios: Adaptabilidade a múltiplas cenas, conforto do usuário



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



45

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Considerações sobre iluminação para tarefas específicas

Tarefas críticas: laboratórios, fabricação, procedimentos médicos

Iluminação de precisão: Minimize sombras e garanta CRI correto

Espaços de trabalho: telas com pouco brilho e luzes de mesa ajustáveis

Conforto do usuário: Iluminação ambiente equilibrada

Exemplo de caso: sala cirúrgica vs. estação de trabalho de joalheria



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



46

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Cenário e Iluminação Ajustável

Cenas predefinidas: Modos de jantar, apresentação e recepção

Branco/cor ajustável: ajuste a temperatura da cor, intensidade

Interfaces de controle: painéis sensíveis ao toque, aplicativos, controle de voz

Aplicações: Hotelaria, eventos, salas multifuncionais

Desafios: Complexidade do design, treinamento do usuário



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



47

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Técnicas de Iluminação Adaptativa e Responsiva

Responsividade em tempo real: detecção de movimento, preferência do ocupante

Orientado por dados: integração com contagem de ocupantes e análise de uso

Contextos urbanos: Iluminação pública adaptando-se ao tráfego de pedestres/veículos

Energia e segurança: menos luz desperdiçada, melhor visibilidade

Perspectivas futuras: controles preditivos baseados em IA



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



48

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Integração de Iluminação Inteligente e IoT

Definição: Luminárias em rede, sensores, troca de dados

Benefícios: Monitoramento remoto, manutenção preditiva, análise

Desafios: Segurança de dados, interoperabilidade, aceitação do usuário

Exemplos de casos: escritórios inteligentes, iluminação urbana conectada

Potencial futuro: Personalização, serviços digitais integrados



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



49

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Estratégias de Sustentabilidade no Planejamento de Iluminação

Eficiência de recursos: LEDs, controles, integração de luz natural

Considerações sobre o ciclo de vida: acessórios duráveis, manutenção

Contexto ambiental: Minimizar a poluição, respeitar a vida selvagem

Certificações verdes: créditos LEED, BREEAM

Impacto na comunidade: economia de custos de energia, bem-estar



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



50

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Estudo de caso – Estratégia de iluminação de escritório

Objetivos: Conforto visual, produtividade, identidade da marca **Camadas:**

Ambiente para áreas abertas, tarefa para mesas, destaque para recepção

Abordagem

de controle: Zoneamento por departamento, sensores de ocupação, escurecimento

temporizado **Orçamento vs. desempenho:** Luminárias de qualidade equilibradas com custos **Resultados:** Maior satisfação dos funcionários, redução de energia usar



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



51

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Estudo de caso – Estratégia de iluminação de varejo

Objetivos: Mostrar produtos e criar um ambiente convidativo

Iluminação de destaque: pontos direcionados em mercadorias

Iluminação vertical: paredes claras para uma sensação de amplitude

Flexibilidade: Iluminação de trilhos para mudanças sazonais

Resultados: Aumento de vendas, melhor percepção da marca



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



52

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Estudo de caso – Estratégia de iluminação para hospitalidade

Objetivos: Ambiente acolhedor e acolhedor, experiência de marca

Camadas: Ambiente para saguões, destaque para decoração, tarefa na

recepção **Cenário:** Modo matutino vs. noturno vs. evento

Integração: Estética dos acessórios combinando com os

interiores **Resultado:** Avaliações positivas dos hóspedes, atmosfera memorável



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



53

Machine Translated by Google

3. Métodos de Design de Iluminação

Estudo de caso – Iluminação externa e paisagística

Objetivos: Segurança, valorização estética, identidade noturna

Posicionamento dos acessórios: caminhos, plantas focais, recursos hídricos

Energia: Sistemas de baixa tensão

Respeito pela vida selvagem: minimizar invasões, ofuscamento e poluição luminosa

Resultado: Mistura harmoniosa de natureza e arquitetura



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



54

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Comunicando a intenção do design de iluminação

Clareza: Alinhando as partes interessadas na visão do design

Recursos visuais: esboços, renderizações, painéis de inspiração, maquetes

Documentação técnica: Planos, cronogramas, folhas de especificações

Linguagem voltada para o cliente: traduza termos técnicos em benefícios

Armadilhas comuns: muito jargão ou detalhes insuficientes



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



55

Machine Translated by Google

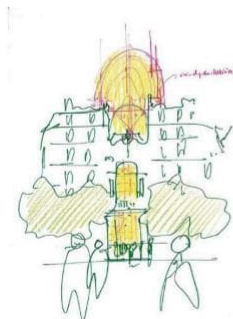
4. Comunicação e Documentação

Comunicando

Intenção do projeto de iluminação

Recursos visuais: esboços,
renderizações, painéis de
inspiração, maquetes

Um assunto complexo requer técnicas de representação mais simples para ser compreendido; caso contrário, pode confundir o destinatário.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



56

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Comunicando a intenção do design de iluminação

Documentação técnica: Planos, cronogramas, folhas de especificações



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



57

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Comunicando a intenção do design de iluminação

ESTILO DE APRESENTAÇÃO!

Linguagem voltada para o cliente: traduza termos técnicos em benefícios

Armadilhas comuns: muito jargão ou detalhes insuficientes



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



58

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Coordenação entre Disciplinas

	Fase de Estudo Preliminar	Fase de Estudo Final	Estudo de Implementação Estágio	Estágio de construção
Estágio Características	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa e análise do projeto (uso, condições prevalentes, características específicas, potenciais restrições). • Documentação do usuário necessidades e desejos. • Estudo e organização do conceito central. 	<ul style="list-style-type: none"> • Especificação do inicial ideias. • Luminária propostas. • Análise de iluminação cenários. • Produção de lineares desenhos para definir o colocação de iluminação luminárias, acompanhadas por detalhes explicativos onde necessário. 	<ul style="list-style-type: none"> • Coordenação de projeto detalhes com outro projeto colaboradores. • Proposta final de iluminação • Especificação de equipamentos e detalhes de construção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantir o projeto execução de acordo com especificações. • Inspeção do Projeto entregue. • Atualização de entregas com base nas mudanças feitas durante a construção fase.
Ferramentas populares	1. Imagem de referência 2. Esboço 3. Texto/Verbal descrição 4. Digitalmente imagem processada	1. Desenho linear com símbolos de iluminação 2. Catálogo de luminárias recortes 3. Especificação documentos 4. Cálculos fotométricos 5. Esboço	1. Desenho linear com símbolos de iluminação 2. Documentos de especificação 3. Catálogo de luminárias recortes 4. Fotométrico cálculos	1. Desenho linear com símbolos de iluminação 2. Documentos de especificação 3. Catálogo de luminárias recortes



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



61

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Compreendendo e usando símbolos de iluminação

Símbolos comuns: Tipos de luminárias, comutação, escurecimento, sensores

Legenda/legenda: Definições claras em conjuntos de desenhos

Consistência: use símbolos padronizados para evitar confusão

Posicionamento em plantas: marque as posições das luminárias com precisão

Revisão: Verifique novamente o alinhamento com os desenhos arquitetônicos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



62

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Criação de planos e layouts de iluminação

Tipos de planta: plantas de teto refletido, diagramas de circuito de iluminação

Camadas: Diferentes sistemas de iluminação (ambiente, de destaque, de emergência)

Anotações: Códigos de fixação, alturas de montagem, zonas de controle

Verificação cruzada: layouts de móveis, HVAC, elementos estruturais

Aprovação final: aprovação antes da aquisição



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



63

Machine Translated by Google

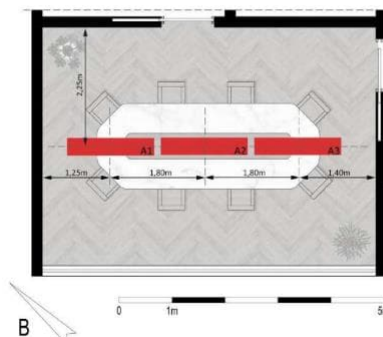
4. Comunicação e Documentação

Criação de planos e layouts de iluminação

Plano



Planta de teto reverso



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



64

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Compreendendo os cronogramas de luminárias

Definição: Lista organizada de todos os equipamentos usados

Conteúdo: ID do equipamento, descrição, tipo de lâmpada, potência, fornecedor, notas

Coordenação: Verificar disponibilidade e especificações com os fabricantes

Revisões: Atualizar se houver alterações nos produtos ou no design

Integração: Incluir em documentos de construção para maior clareza



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



65

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Compreendendo os cronogramas de luminárias

Código	Descrição/ Cor Temperatura /Feixe	Iluminação Fixação (Fabricação r e Modelo)	Quantidade	Cor	Fonte de luz	Consumo n	Localização	Notas
O1	Rebaixado ponto de teto, 3000K, feixe de 36°	Fabricante 3 -Modelo-Código		LED COBRAL9006	3000 mil	14W	Teto falso em WC1	Colocado centralmente acima do espelho
O2	Spot de teto, 4000K, feixe de 14°	Fabricante 10 -Modelo-Código		O mesmo que teto	LED GU10 4000K	7,5 W	Corredor D2	Colocado centralmente em o corredor
T1	Tira de LED 3000K, 2m comprimento	Fabricante 2 -Modelo-Código		-	LED 3000K 38W		Entrada E1	Verticalmente colocado em um recesso de parede em alumínio perfil em ambos os lados de a porta
D1	Piso linear luz, 2700K, assimétrico feixe	Fabricante 4 -Modelo-Código		Preto	LED 2700K 54W		Corredor D2	RGBW, assimétrico feixe



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



66

4. Comunicação e Documentação

Folhas de especificações e documentação do produto

Objetivo: Informações detalhadas sobre desempenho, materiais, instalação

Dados principais: Curvas fotométricas, potência, ângulo do feixe, CRI, CCT

Relevância para o projeto: Confirmação de que o equipamento atende aos requisitos do projeto

Verificação cruzada: verifique as alegações com relatórios de testes reais

Garantindo a consistência: evite incompatibilidades entre especificações e intenção

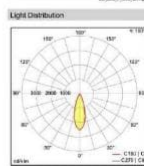


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



4. Comunicação e Documentação

Folhas de especificações e documentação do produto

[illegible]

- Light Source: LED
- Luminous Intensity: 8000, 1212 m
- Luminous efficacy: 55 lm/W
- Colour Rendering Index: min. 90
- Beam: 1° x 70 (000047) 1.50-400 300-700mA 20-42V FO
- Size
- Correlated colour temperature: 2700 Kelvin
- Chromaticity tolerance (Delta U) max: 3
- Rated power (watt): 0.1W
- L70 50000h @ 25°C
- Luminous input power: 22 W
- Dimming: CDM dimmable to 10%
- Maintenance category: C - Closed Top Reflector

All values marked with an * are calculated. Lactation time and average lactation yield are related to gestation duration of $\pm 10\%$. Unless stated otherwise, the values refer to an ambient temperature of 20 °C.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Mock-ups e protótipos de iluminação **Por**

que mock-ups?:

Valide suposições em condições reais

Tipos: Área em escala real vs. demonstração de equipamento

Localização: No local ou no laboratório do fabricante

Benefícios: Identifique brilho, incompatibilidade de cores e problemas estéticos precocemente

Adesão do cliente: demonstração ao vivo reduz a incerteza



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



69

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Desenvolvendo Apresentações de Design de Iluminação

Estrutura: Conceito, abordagem, seleção de produto, renderizações finais

Equilíbrio: Texto vs. visuais para maior

clareza **Narrativa:** Explique como o design oferece suporte à experiência

do usuário **Principais diferenciadores:** Elementos inovadores ou

tecnologia **Adaptação:** Ajuste a linguagem para públicos técnicos vs. não técnicos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



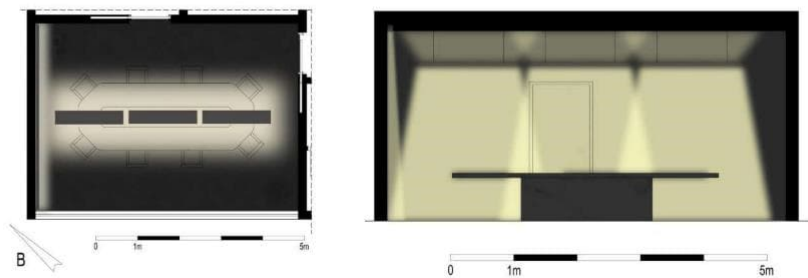
70

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Desenvolvendo Apresentações de Design de Iluminação

Apresentação conceitual de iluminação em planta (esquerda) e corte (direita)



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



71

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Técnicas de renderização para apresentações ao cliente

Realista vs. conceitual: decida o nível de detalhe necessário **Camadas**

de iluminação: mostre o ambiente, a tarefa e o destaque

separadamente **Antes e depois:** demonstre o valor das mudanças

propostas **Pontos focais:** destaque os principais recursos do design (paredes de desta

Dicas de software: Iluminação global, mapeamento de reflexão para realismo



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



72

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Usando software de design de iluminação para
Comunicação

Saídas visuais: renderizações, gráficos de cores falsas, gráficos de iluminância

Opções de exportação: apresentações, animações passo a passo, PDFs interativos

Fácil de usar: simplifique as informações técnicas em visuais fáceis de usar

Colaboração em equipe: compartilhe modelos com arquitetos e engenheiros MEP

Manutenção de registros: armazenar iterações de design para referência



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



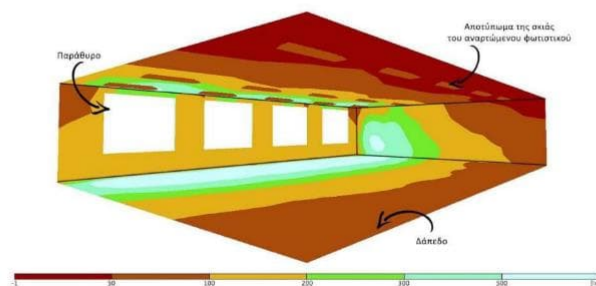
73

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Usando software de design de iluminação para
Comunicação

Saídas visuais: renderizações, **gráficos de cores falsas**, gráficos de iluminância



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



74

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Escrevendo narrativas de design de iluminação

Objetivo: Documentar a justificativa por trás das escolhas de design

Estrutura: Introdução, conceito, abordagem técnica, resultados

Tom: Clareza técnica + narrativa descritiva

Integração: Anexar a documentos oficiais, propostas, RFP respostas

Uso futuro: orienta empreiteiros e informa reformas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



75

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Considerações sobre orçamento e custos

Identificação de fatores de custo: tipo de acessório, controles, elementos personalizados

Engenharia de valor: equilibrando qualidade com restrições financeiras

Análise do custo do ciclo de vida: operação, manutenção, substituição

Negociação com fornecedores: Preços por atacado, acessórios alternativos

Comunicação de custos: discussões transparentes com clientes/
equipes



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



76

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Integração de Relatórios de Sustentabilidade na Iluminação Projeto

Estruturas: LEED, WELL, BREEAM, etc.

Documentação de conformidade: Dados fotométricos, densidades de potência

Avaliação do ciclo de vida: Impacto na fabricação,

descarte **Comunicação com o cliente:** Mostrar economia de custos e

benefícios para os ocupantes **Certificação:** Enviar a documentação final para revisão



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



77

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Integração de BIM e Design de Iluminação

Noções básicas de BIM: plataforma comum para projetos multidisciplinares

Plugins de iluminação: importar dados de luminárias, informações fotométricas

Vantagens: Detecção de conflitos, cronogramas precisos, sinergia

Limitações: Curva de aprendizado, compatibilidade de software

Melhores práticas: dados limpos, nomenclatura consistente, atualizações compartilhadas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



78

Machine Translated by Google

4. Comunicação e Documentação

Comissionamento e ajuste fino de iluminação Instalações

Etapas de comissionamento: mira do dispositivo, verificações de brilho, configurações de controle

Ajustes no local: Resolver reflexos, ofuscamento, feedback do ocupante

Documentação: Planos conforme construídos atualizados, configurações de controle final

Transferência: Treinar gerentes ou usuários de instalações sobre controles

Pós-ocupação: Reúna dados de desempenho para melhorias



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



79

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Estratégias de iluminação residencial **Funcional**

vs. decorativa: Equilibre conforto, ambiente, tarefas **Espaços comuns:** salas de estar, cozinhas, quartos, banheiros **Abordagem em camadas:** ambiente, destaque, tarefa para multiuso áreas

Personalização: controles de casa inteligente, configurações de cena

Dicas de design: temperaturas de cor mais quentes, escurecimento para relaxamento



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



80

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Melhores práticas de iluminação de escritório

Produtividade: Evite o brilho, garanta iluminação adequada para a tarefa

Plano aberto: equilibrando luz uniforme com controles localizados

Empoderamento do usuário: luminárias de mesa ajustáveis, iluminação pessoal

Espaços de colaboração: cenários flexíveis e dinâmicos

Tendências emergentes: espaços corporativos favoráveis ao ciclo circadiano



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



81

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Abordagens de iluminação comercial e de varejo

Objetivo: Aumentar a visibilidade do produto, orientar o fluxo de clientes e reforçar a marca

Técnicas: Destaque para mercadorias, vitrines

Mudanças dinâmicas: ajustes sazonais ou promocionais

Temperatura da cor: alinhe-se com a estética da marca ou com o tipo de produto



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



82

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Iluminação para hospitalidade e lazer

Experiência do hóspede: aconchego, conforto,

luxo **Integração com a decoração:** os acessórios complementam os

temas internos **Iluminação do restaurante:**

ambiente diurno vs. noturno **Spa e bem-estar:** tons

suaves, detalhes localizados **Gerenciamento de energia:** controles automatizados



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



83

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Considerações sobre iluminação para assistência médica

Bem-estar do paciente: minimizar o brilho e garantir um ambiente tranquilo

Iluminação de tarefas: alta clareza para a equipe médica

Corredores e áreas de espera: ambiente calmo e redutor de estresse

Controles: Iluminação ajustável nos quartos dos pacientes

Regulamentos: Instalações higiênicas e fáceis de limpar



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



84

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Iluminação de instalações educacionais

Objetivo: Apoiar a aprendizagem, reduzir a fadiga ocular e manter o estado de alerta

Salas de aula: uniformes, com pouco brilho e ajustáveis para multimídia

Salas de aula: Cenários flexíveis, ênfase no pódio/apresentação

Bibliotecas/áreas de estudo: condições confortáveis de leitura

Manutenção: Acessórios duráveis e de longa vida útil



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



85

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Princípios de iluminação de museus e galerias

Proteção da exposição: Baixa exposição UV/IR, controle preciso

Iluminação de destaque: destaque obras de arte sem brilho/reflexo

Renderização de cores: representação precisa de peças de arte

Flexibilidade: Sistemas de trilhos para exposições rotativas

Experiência do visitante: ambiente discreto, foco em exposições



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



86

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Iluminação Teatral e de Entretenimento

Objetivos principais: Drama, foco, emoção

Equipamentos de iluminação: holofotes, lavagens, trocadores de cor, cabeças móveis

Controle baseado em sugestão: sincronizado com as performances

Conforto do público: sem brilho direto, saída segura

Exemplos: salas de concerto, parques temáticos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



87

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Abordagens de iluminação esportiva e de estádios

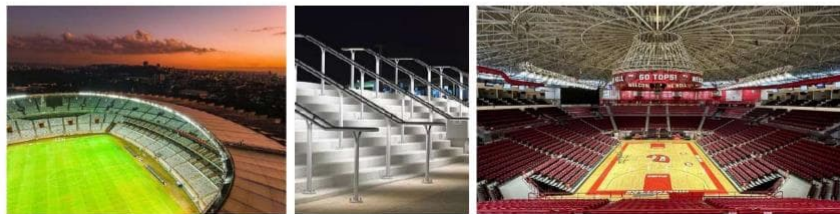
Requisitos funcionais: Visibilidade clara, uniforme e de alta intensidade

Padrões de transmissão: sem cintilação, temperatura de cor correta

Controle de brilho: para jogadores e espectadores

Energia: Soluções LED em larga escala, controles avançados

Iluminação de emergência: sistemas de backup para segurança de multidões



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



88

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Iluminação de Fachadas – Técnicas e Desafios

Destaque arquitetônico: colunas, texturas, características estruturais

Posicionamento do equipamento: oculto ou integrado

Cor dinâmica: sistemas de mudança de cor LED

Poluição luminosa: Mira responsável, ângulos de corte

Estudo de caso: edifícios icônicos como marcos noturnos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



89

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Espaço Público e Iluminação Urbana

Segurança e acessibilidade: caminhos, centros de trânsito

Coesão visual: Estilo de luminária consistente, temperatura de cor

Áreas de encontro social: incentivando a interação e o senso de lugar

Integração paisagística: árvores, água, esculturas

Sustentabilidade: minimização do uso de energia, iniciativas de céu escuro



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



90

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Estratégias de Iluminação de Ruas e Rodovias

Objetivo principal: Segurança no trânsito para veículos, ciclistas e pedestres

Padrões: Iluminância, uniformidade, classificação de brilho

Tecnologia de fixação: postes de iluminação pública de LED com óptica direcional

Sistemas adaptativos: Escurecimento durante tráfego baixo

Manutenção: Minimizando interrupções e custos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



91

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Iluminação de túneis e centros de transporte

Requisitos de segurança: Visibilidade adequada, controle de brilho

Zonas de transição: ajuste a iluminação para adaptação dos olhos à luz do dia

Conforto do passageiro: Sinalização clara, distribuição uniforme

Durabilidade: Resistência à vibração, poeira e umidade

Energia: LEDs de alta eficiência, sensores para áreas subutilizadas



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



92

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Princípios de iluminação paisagística

Destacando características naturais: árvores, arbustos, elementos

aquáticos **Tipos de luminárias:** luminárias embutidas, postes,

luzes de caminho **Sutileza vs. drama:** equilíbrio para preservar o

ambiente noturno **Sustentabilidade:** energia solar, baixa voltagem,

favorável à vida selvagem **Dica de design:** evite inundar áreas inteiras — concentre



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



93

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Estratégias de iluminação industrial e de armazém

Eficiência: luminárias de vão alto, ampla distribuição de feixes

Orientado para tarefas: minimizar erros, garantir CRI correto

Acessórios robustos: resistentes a impactos, à prova de poeira e com classificação IP

Controles: Abordagem baseada em zonas em grandes instalações



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



94

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Iluminação de locais religiosos e históricos

Respeite o patrimônio: intervenção mínima, preservando a autenticidade

Detalhes de destaque: afrescos, colunas, vitrais

Soluções de baixo impacto: minimizando o calor, o brilho e a visibilidade dos equipamentos

Aprovações: Trabalhar com autoridades de preservação

Integração de luminárias: fixação oculta, impacto estrutural mínimo

Ética da conservação: minimizando a exposição prejudicial à luz



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



95

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Instalações de Iluminação Dinâmica e Interativa

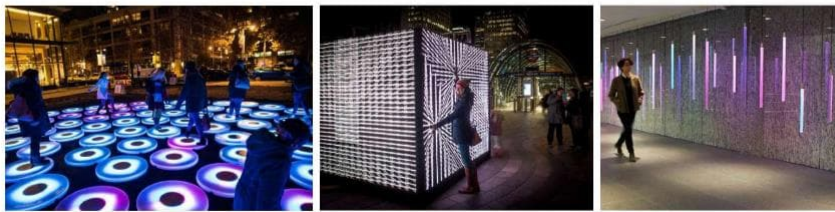
Objetivo: Engajamento público, experiências memoráveis

Elementos interativos: sensores de movimento, mudanças baseadas em dados

Expressão artística: Colaborações com artistas da luz

Complexidades técnicas: Sistemas de controle, confiabilidade da rede

Exemplos: Esculturas interativas de LED, fachadas de mídia



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



96

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Fachadas de mídia e displays de LED

Integração: Conteúdo digital em exteriores de edifícios

Desafios: Carga estrutural, dissipação de calor, proteção contra intempéries

Permissões: Poluição luminosa, restrições do código urbano

Estratégia de conteúdo: Branding, arte pública, publicidade



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



97

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Conceitos de iluminação para cidades inteligentes

Conectividade: Monitoramento centralizado, controles em tempo real

Sensores: fluxo de tráfego, dados ambientais, movimento de pedestres

Benefícios: redução de energia, maior segurança, planejamento baseado em dados

Partes interessadas: municípios, provedores de tecnologia, planejadores urbanos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



98

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Iluminação para Necessidades Especiais e Acessibilidade

Além da conformidade com o código: sinais aprimorados, contraste de cores

Tarefa específica: áreas para pessoas com baixa visão

Sinergia acústica: minimizando oscilações ou zumbidos

Ajustabilidade: níveis de intensidade, temperatura de cor para conforto sensorial



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



99

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Iluminação para Exposições e Feiras

Objetivos: Visibilidade do produto, comunicação da marca, engajamento do visitante

Luminárias portáteis: montagem e desmontagem rápidas

Flexibilidade: Adapte os layouts dos estandes e destaque as principais atrações

Fluxo de visitantes: Orientação por meio de contrastes de iluminação

Orçamento: Soluções de iluminação modulares e reutilizáveis



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



100

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Iluminação para eventos e festivais

Configurações temporárias: Eficiência em energia, montagem

Expressão criativa: cores, efeitos dinâmicos, shows sincronizados

Segurança pública: sinalização, sinalização de perigos, controle de multidões

Colaboração: Organizadores de eventos, especialistas em encenação, autoridades



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



101

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Instalações de Iluminação Personalizadas e Artísticas

Luminárias sob medida: designs exclusivos que refletem a marca ou a cultura

Colaboração artística: Designers, escultores, equipes multidisciplinares

Execução técnica: Fabricação, conformidade com o código,
manutenção

Apresentando identidade: Expressão do tema corporativo/cultural



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



102

Machine Translated by Google

5. Aplicações do Design de Iluminação

Integração de iluminação e sinalização

Fluxo de orientação: entradas, saídas, pontos de decisão

Iluminação de sinalização: Iluminação clara e consistente

Pistas sutis: linhas integradas ao piso/parede, caminhos codificados por cores

Experiência do usuário: redução de confusão em espaços complexos

Exemplos: linhas de LED em corredores, iluminação de escadas rolantes codificada por cores



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



103

Machine Translated by Google

6. Tendências emergentes

Inovações em Tecnologia de Iluminação

Micro-LEDs e OLEDs: novos formatos e flexibilidade

Iluminação baseada em laser: usos especializados de alta intensidade

Tecnologia de pontos quânticos: renderização de cores aprimorada, eficiência

Iluminação vestível: soluções personalizadas

Implicações do design: controle avançado, formas criativas de fixação



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



104

Machine Translated by Google

6. Tendências emergentes

Inteligência Artificial em Design de Iluminação

Controles preditivos: IA aprendendo o comportamento dos ocupantes

Sugestões de design automatizadas: layouts de acessórios baseados em software

Otimização orientada por dados: análise de uso em tempo real

Desafios: Preocupações com privacidade, aceitação do usuário

Impacto futuro: personalização profunda, economia de energia



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



105

Machine Translated by Google

6. Tendências emergentes

Estratégias de design de iluminação baseadas em dados

Sensores de IoT: ocupação, luz natural, dados de preferência do usuário

Análise de big data: identificação de padrões e otimização

Painéis em tempo real: gerentes de instalações ajustando o uso

Insights de longo prazo: programação de manutenção, planejamento do ciclo de vida

ROI: redução de custos de energia, maior conforto



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



106

Machine Translated by Google

6. Tendências emergentes

Abordagens de Iluminação Biofílica

Definição: Imitar a iluminação natural para se conectar com a natureza

Técnicas: Transições simuladas de amanhecer/anoitecer, integração com vegetação

Design baseado em evidências: estudos sobre benefícios para o bem-estar

Futuro: Expandindo o bem-estar dos ocupantes além dos aspectos circadianos



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



107

Machine Translated by Google

6. Tendências emergentes

O papel da iluminação em edifícios com emissões líquidas zero

Net-zero: Gerando tanta energia quanto a consumida

Contribuições para a iluminação: LEDs de baixo consumo, controles avançados **Otimização da luz natural:** Estratégias

arquitetônicas **Armazenamento de energia:** Integração com

energias renováveis no local **Desafios:** Conforto dos ocupantes vs. metas rígidas de



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



108

Machine Translated by Google

6. Tendências emergentes

Impressão 3D e soluções de iluminação personalizadas

Fabricação sob demanda: prototipagem rápida, menos desperdício

Inovações de materiais: resinas translúcidas, polímeros avançados

Personalização: formatos de acessórios exclusivos, motivos

de marca **Considerações de custo:** escalabilidade

vs. novidade **Perspectivas futuras:** liberdade artística, personalização



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



109

Machine Translated by Google

6. Tendências emergentes

A evolução da iluminação circadiana

Refinando conceitos: ajuste espectral mais preciso

Luminárias avançadas: LEDs multicanal que reproduzem a luz do dia

Design holístico: integrando horários dos ocupantes e orientação do edifício

Atualizações de pesquisa: Estudos em andamento moldando as melhores práticas

Visão de futuro: Sinergia entre wearables e sistemas de construção



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



110

Machine Translated by Google

6. Tendências emergentes

Futuro dos Regulamentos e Padrões de Iluminação



Códigos em evolução: limites de energia mais rigorosos, métricas de bem-estar dos ocupantes

Perspectiva global: Regiões adotando diretrizes progressivas

Qualidade da iluminação: mudança para um desempenho centrado no ocupante medidas

Complexidade de conformidade: vários padrões em projetos globais

Mudanças previstas: regulamentações de cintilação, especificações de qualidade de cor

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

111

Machine Translated by Google

6. Tendências emergentes

Futuro dos Regulamentos e Padrões de Iluminação

Códigos em evolução: limites de energia mais rigorosos, métricas de bem-estar dos ocupantes

Perspectiva global: Regiões adotando diretrizes progressivas

Qualidade da iluminação: mudança para um desempenho centrado no ocupante medidas

Complexidade de conformidade: vários padrões em projetos globais

Mudanças previstas: regulamentações de cintilação, especificações de qualidade de cor

 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union 

112