

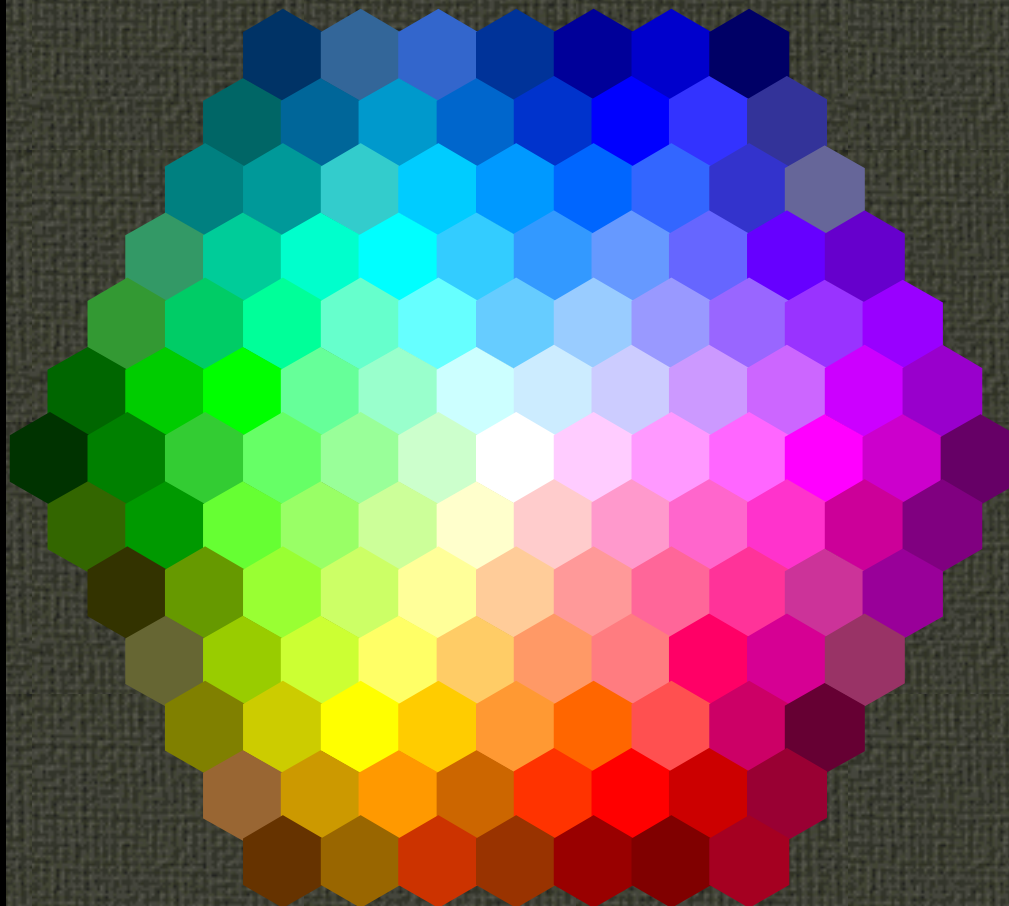


Universidade de São Paulo - USP
Instituto de Eletrotécnica e Energia - IEE
Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia

Divisão de Ensino e Pesquisa

Elvo Calixto Burini Junior

São Paulo, Capital, 06, maio, 2003

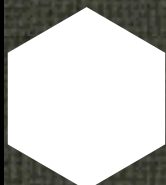


Fundamentos da Energia

ENE 5701- 3

**Módulo:
Tecnologia da Energia**

**Sub-módulo:
Conversão eletromagnética**





TECNOLOGIAS para ILUMINAÇÃO

ao

interesse LUMINOTÉCNICO

na área de ENERGIA RADIANTE

PIPGE - ENE 5703 - IEE USP

Elvo Calixto Burini Junior (elvo@iee.usp.br)

ENE 5701-3 06, maio, 2003

2



SUMÁRIO (primeira parte)

Sistemas para visão
humano

Pontos importantes

Luminância, iluminância

Interiores

Iluminantes

Fontes de Luz e espectros

Energia solar: Luz do dia; Artificiais, as LÂMPADAS, Incandescentes; tecnologias emergentes; a descarga em gases: Evolução nas lâmpadas fluorescentes tubulares, Mudança tecnológica: T12 para T5, comparação entre diferentes potências nominais e fluxo luminoso de lâmpadas ao longo da vida útil;



SUMÁRIO (primeira parte)

Equipamentos auxiliares:

REATORES para lâmpadas a descarga em gases:
Eletromagnéticos,
Eletrônicos;

LUMINÁRIA
CONTROLES

Sistema para iluminação

A base de projetos

Exteriores

Existe espaço reservado para responder à questões e/ou dúvidas
>>>>>>>>>(pede-se favor anotar durante a aula)<<<<<<<<<<



Roteiro desta interação (segunda parte: tese)

Síntese em blocos

Introdução: problemática e objetivo

Projeto para Iluminação Pública - IP

Metodologia

Experimento sobre visibilidade

Elementos de referência

Refletômetros: fatores de (refletância) luminância

Deteção de radiação óptica (fotometria)

Refletância: desenvolvimentos

Um sistema para a IP

Conclusões

Contribuição

Resumo



Esta pode não ter sido a primeira aula, mas trata-se do registro disponível mais antigo.



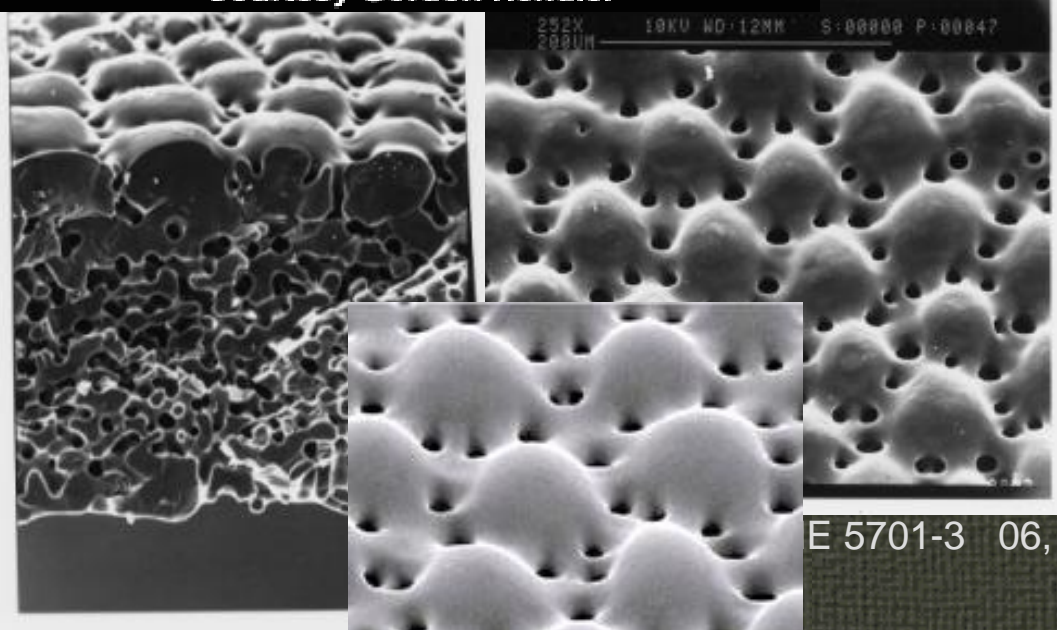
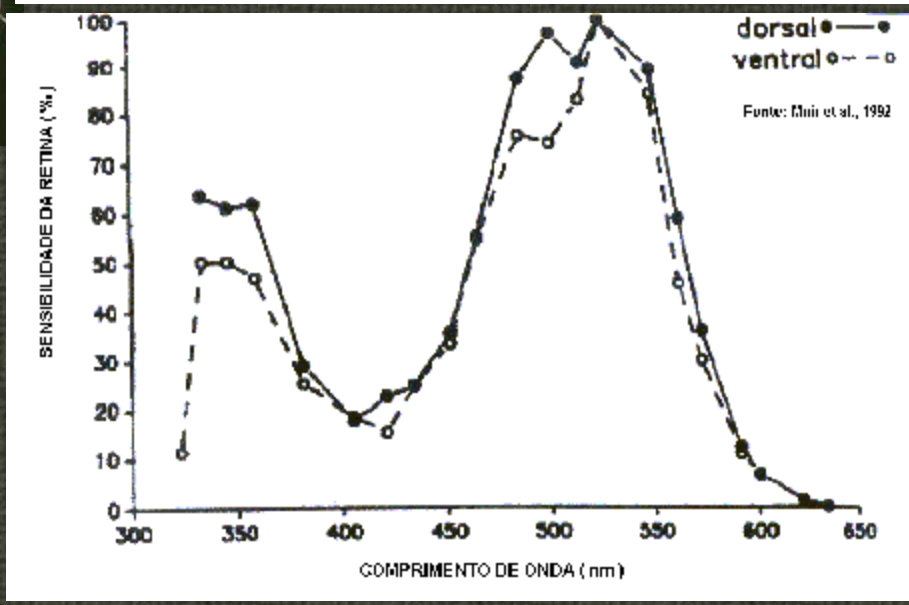
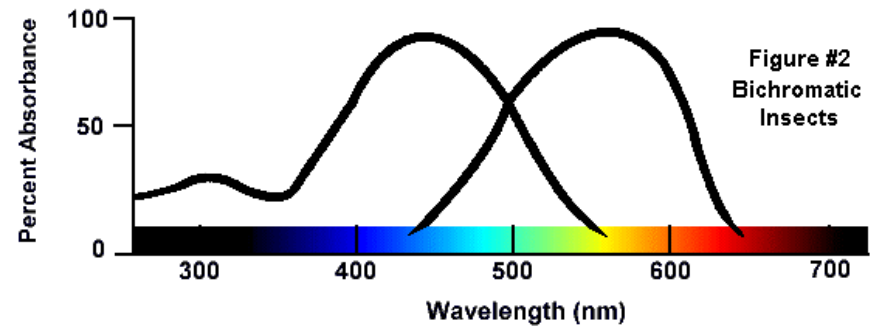
The first lighting school held in Brazil, South America.

USP

Aspectos da "visão"



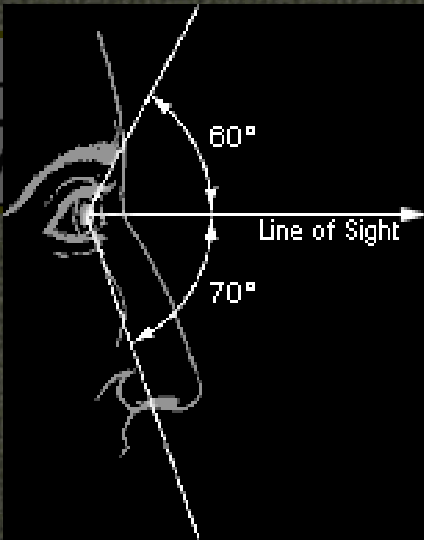
Color changes in Ophiocomyd:
Day (left) and Night (right)
Courtesy Gordon Hendler



E 5701-3 06, maio, 2003



Visão humana



Aspectos da visão

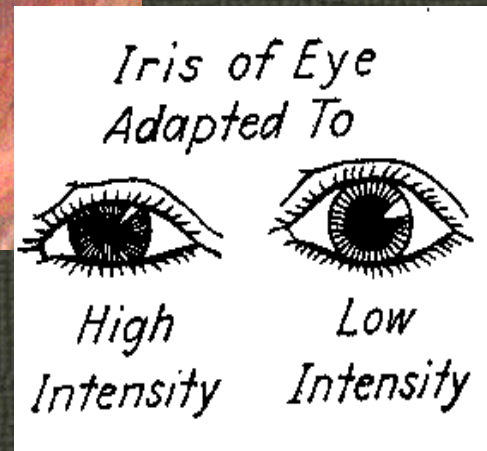
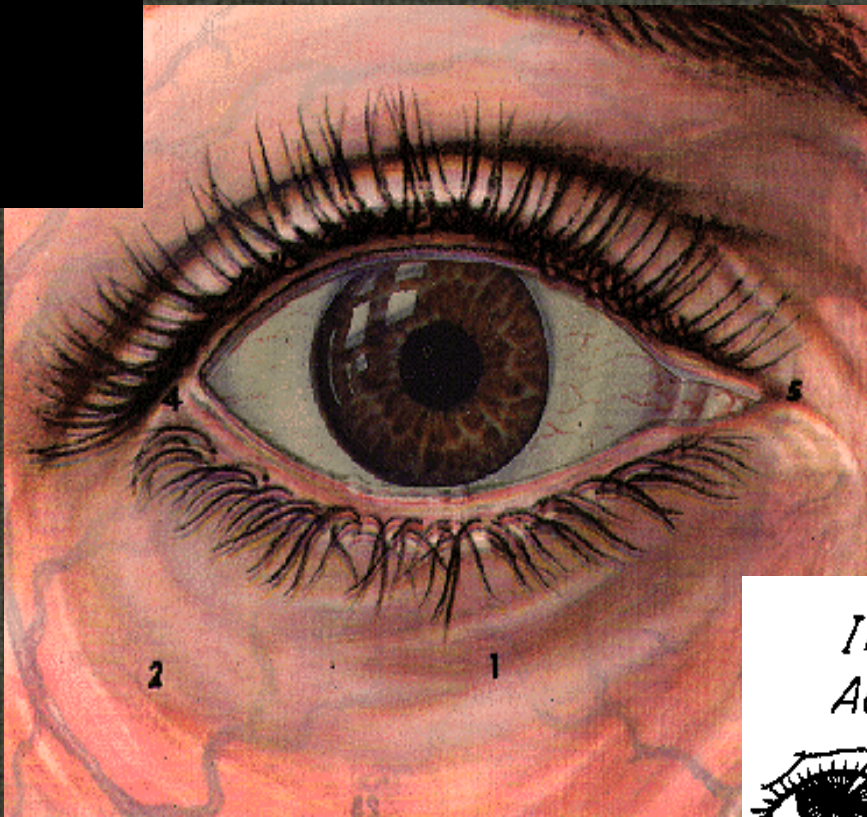
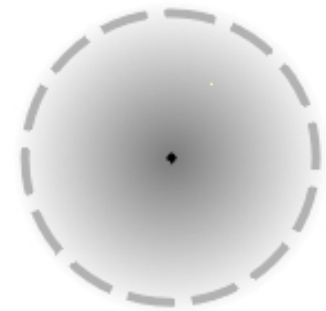
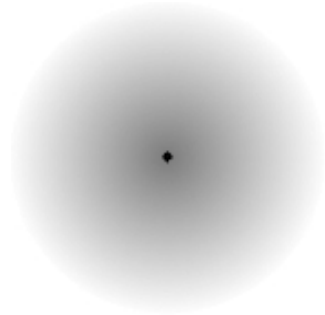


Figura – Campo visual; o olho, a íris e sua adaptação.



Efeito visual notável





Interior da caixa craniana

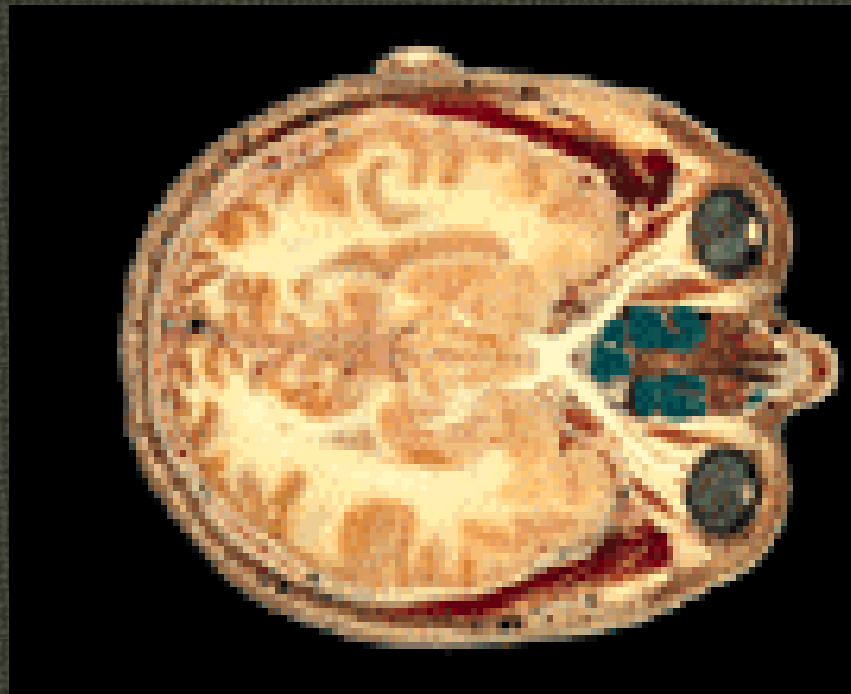
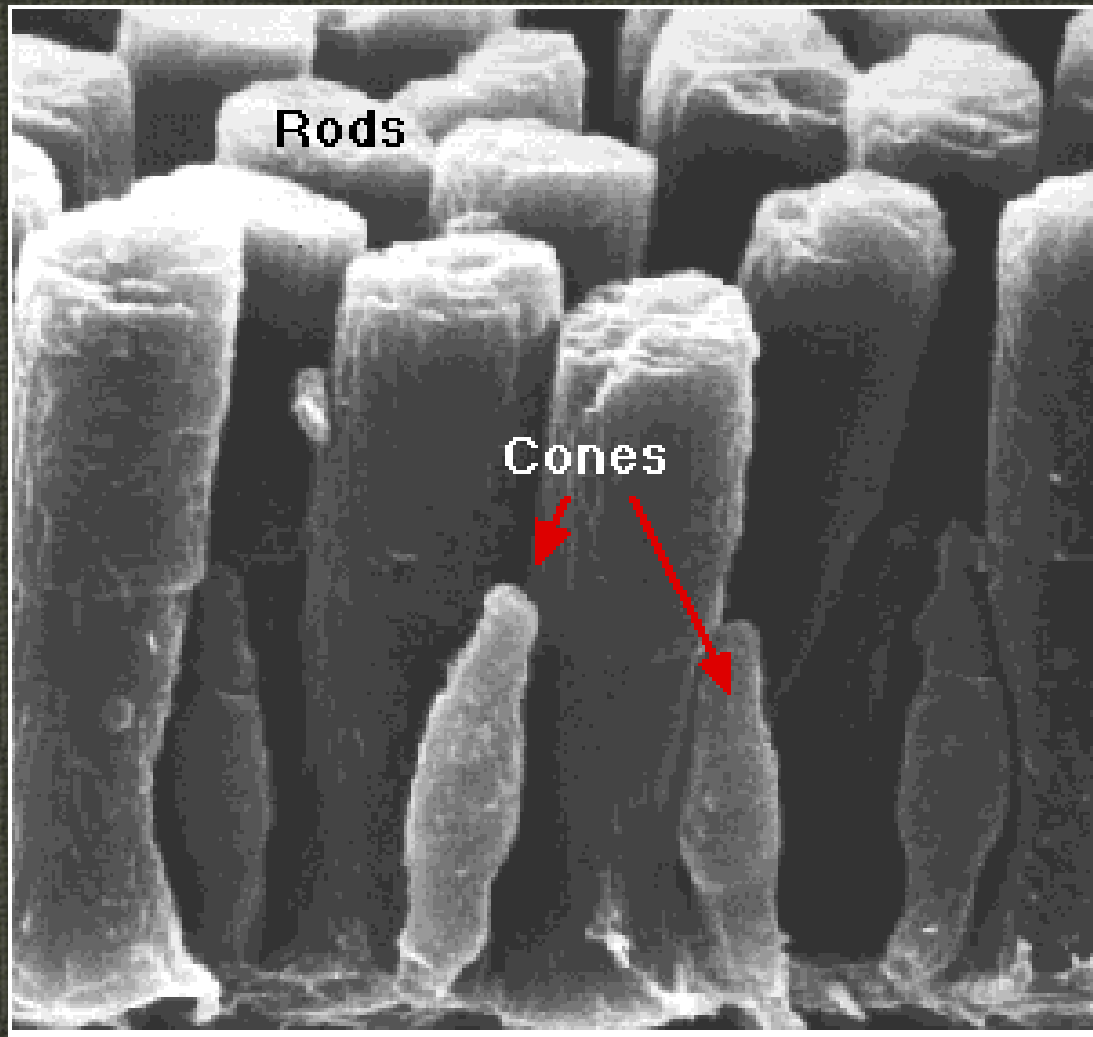


Figura – Imagem interna (tomográfica) da caixa craniana, onde (da direita para esquerda) temos a localização do nariz, olhos, nervos ópticos e hemisférios cerebral. Ref.: [29].

ENE 5701-3 06, maio, 2003



Visão humana





Sensibilidade espectral normalizada para classes de pigmentos do olho humano

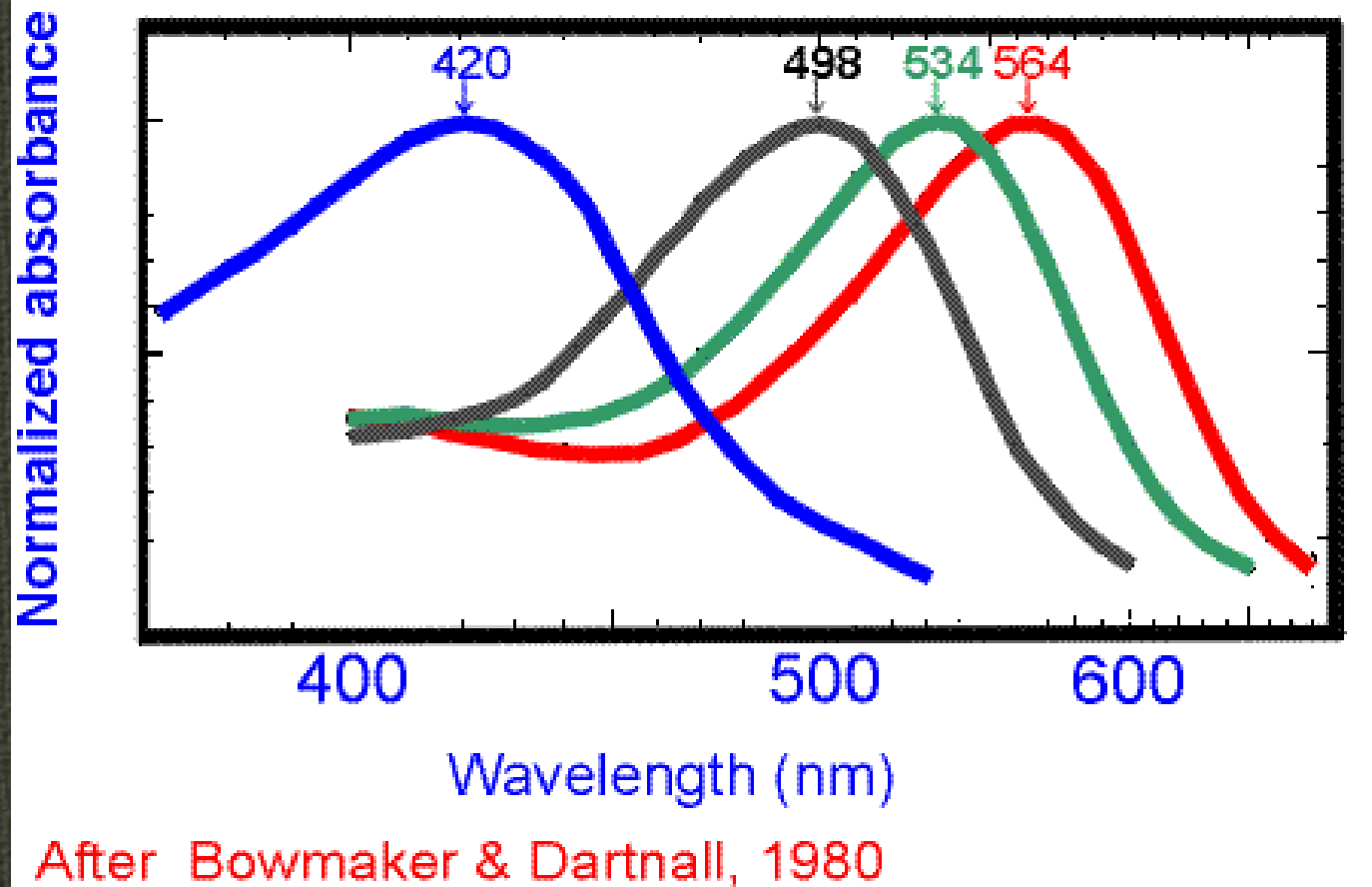


Figura - Curvas de absorção espectral para cones (RGB) e bastões (máximo em 498 nm) do olho humano.



Sensibilidade espectral para classes de pigmentos dos cones no olho humano

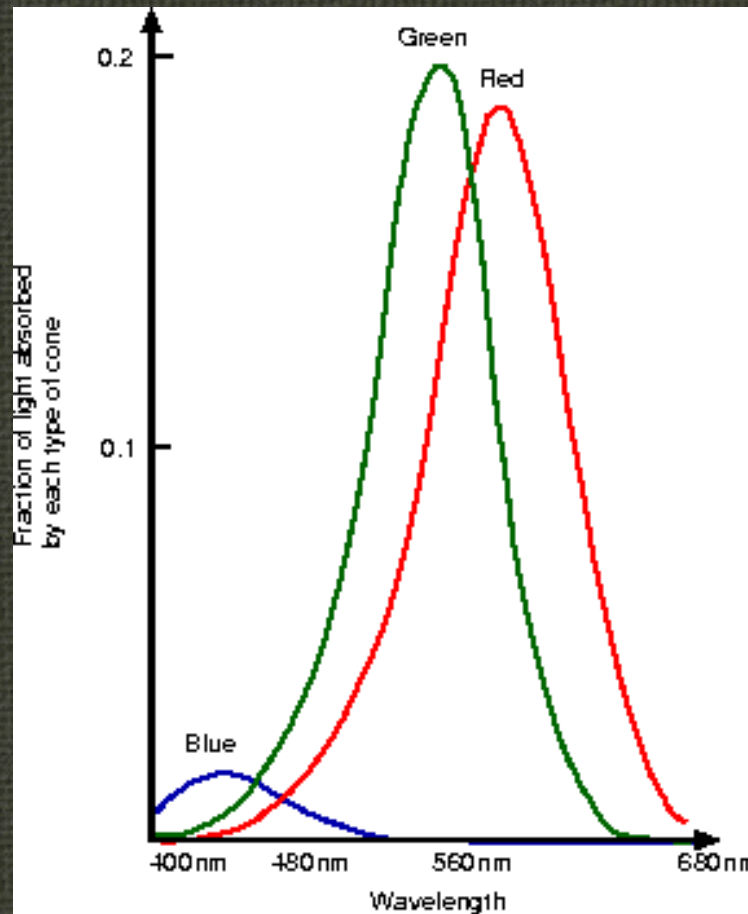


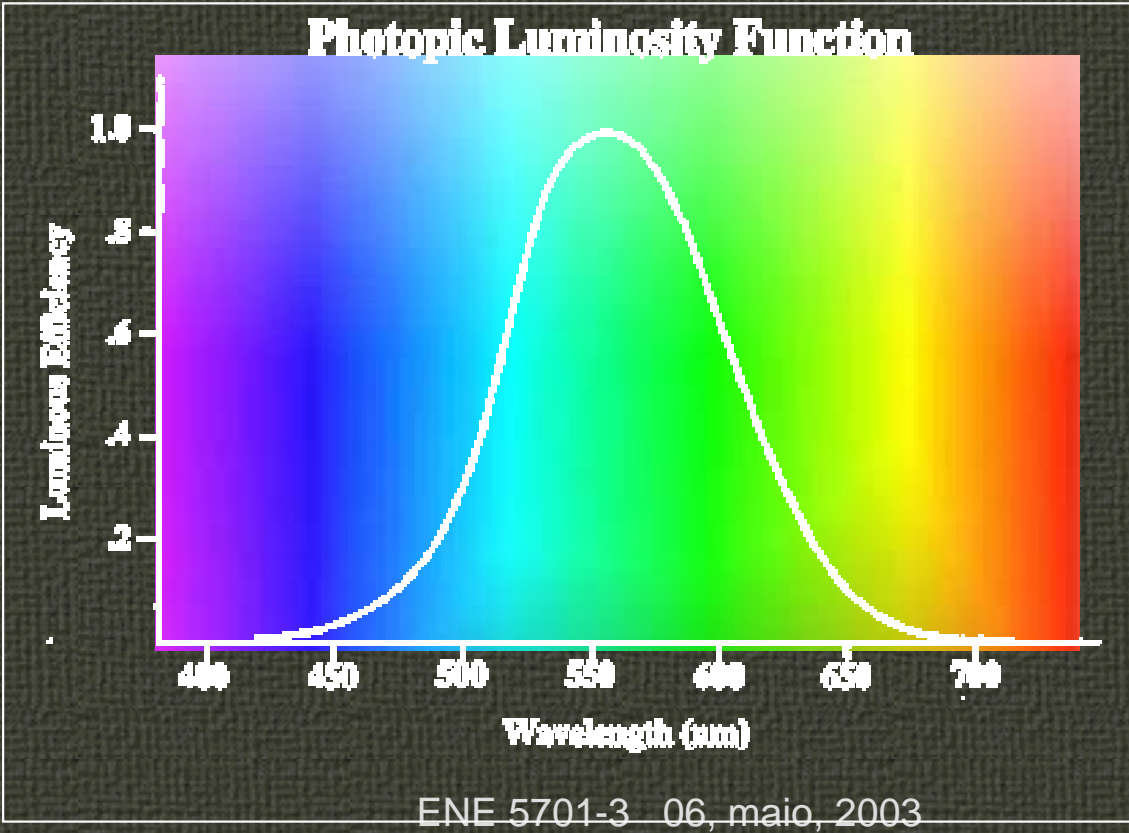
Figura - Curvas de absorção espectral para cones (RGB) do olho humano. Nota: Existe diferença para máximos, segundo autor.



Um instante para avaliação

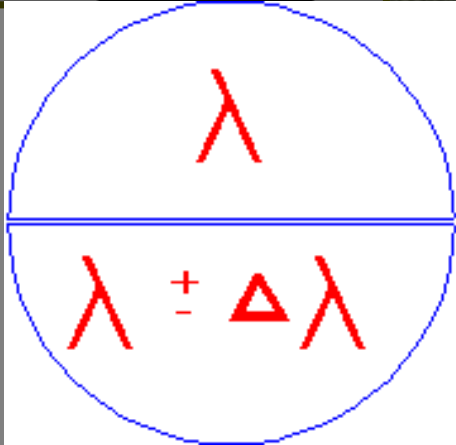
ENE 5701-3 06, maio, 2003

15

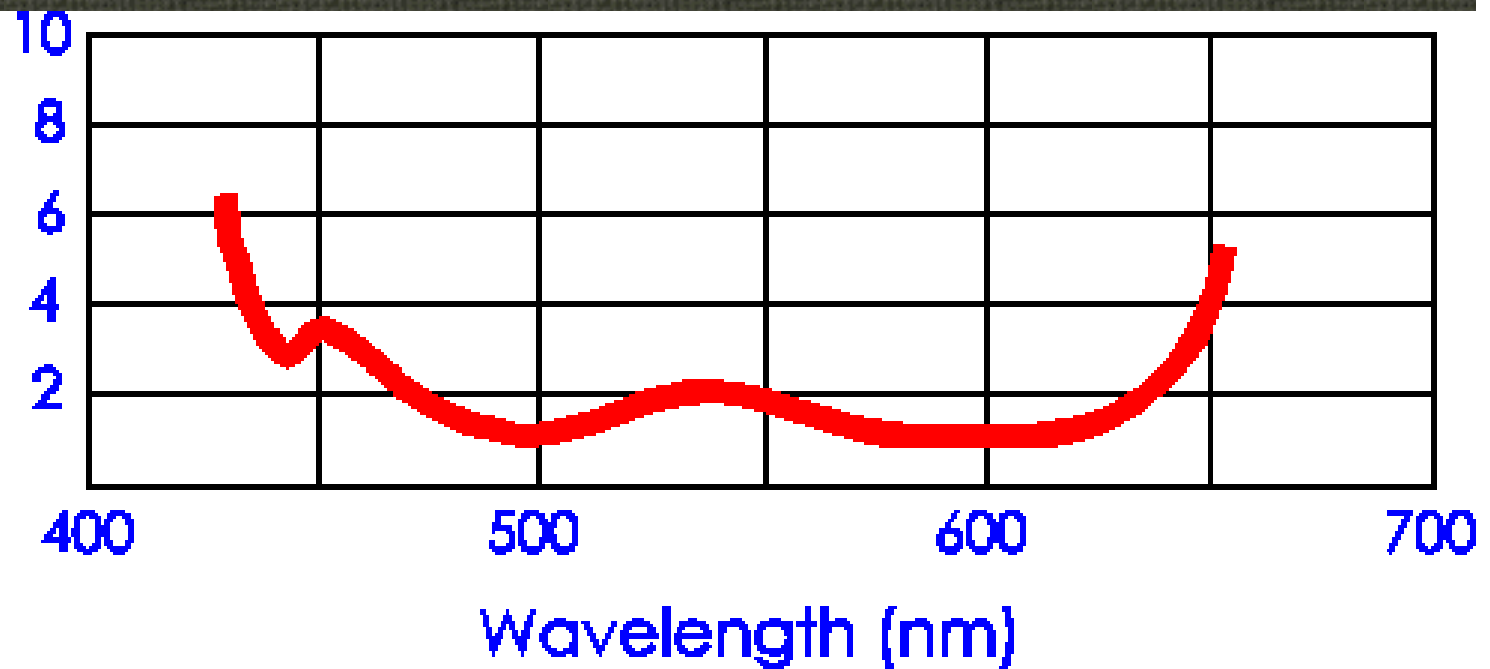




Variação média para discriminação entre comprimentos de onda contíguos.



$\overline{\Delta\lambda}$





Curvas de sensibilidade espectral para o “olho” humano

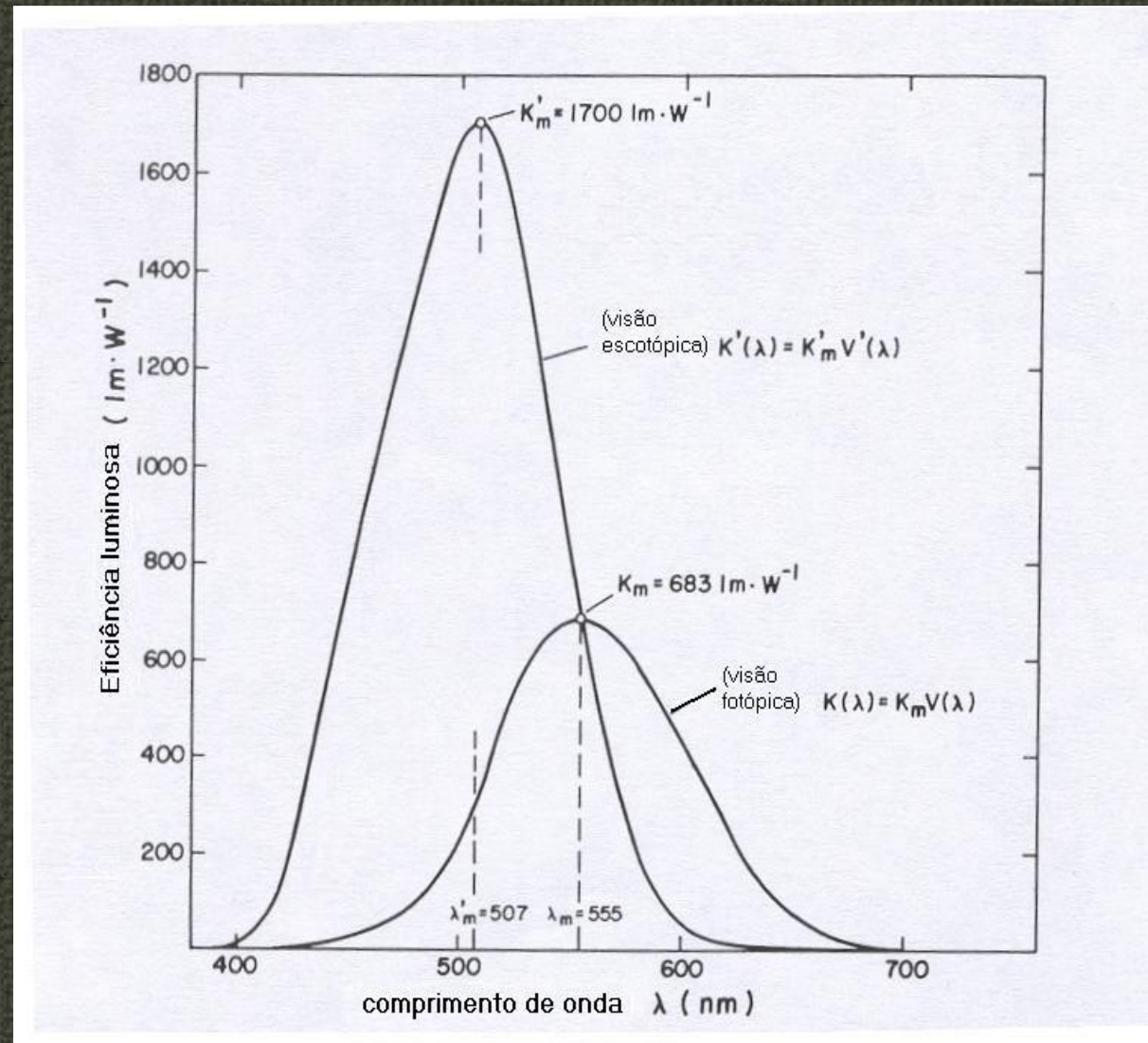


Figura – Curvas de sensibilidade espectral humana para as condições: fotópica e escotópica (ou noturna); mesópica não está definida.

Recursos para facilitar o movimento noturno

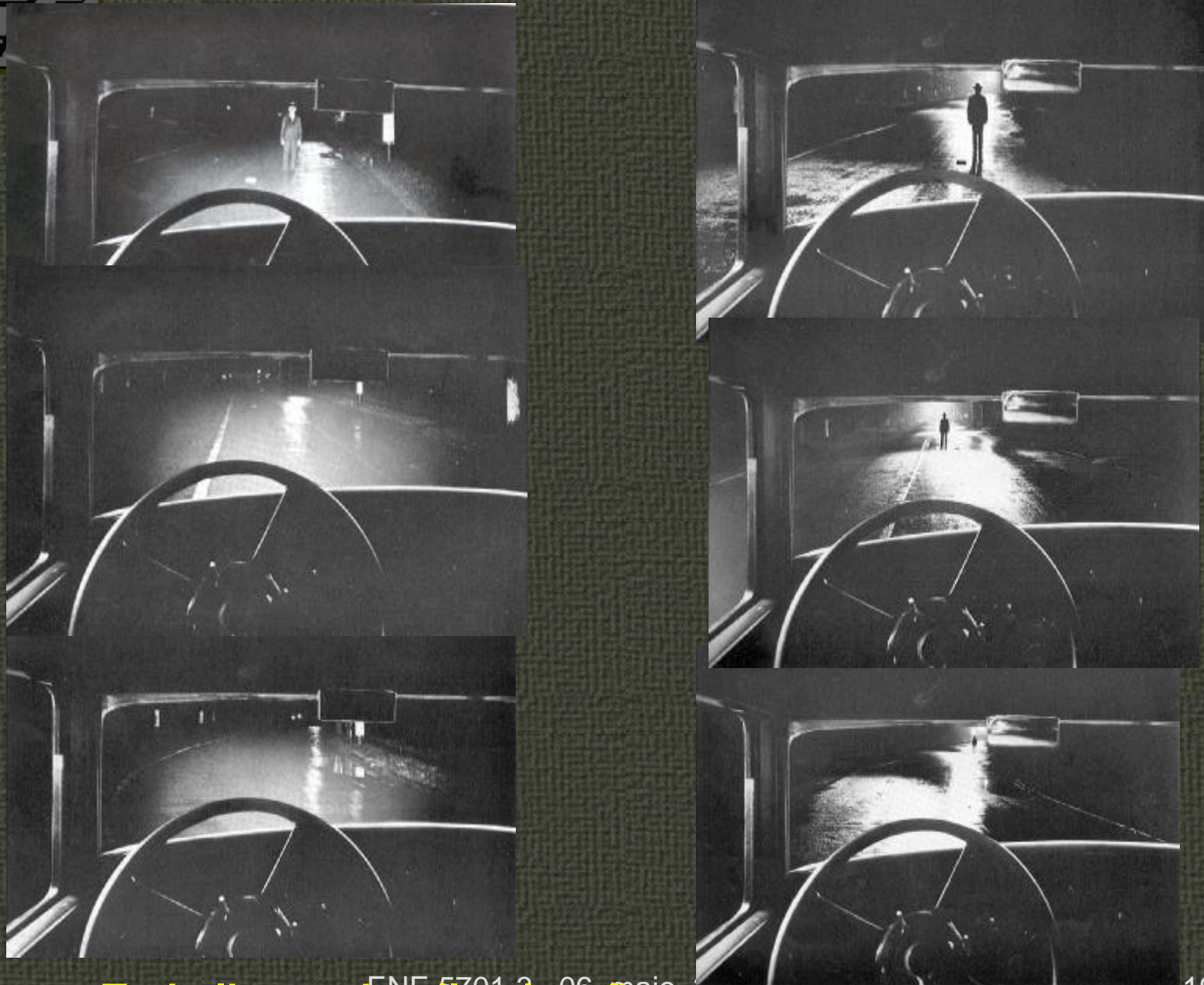


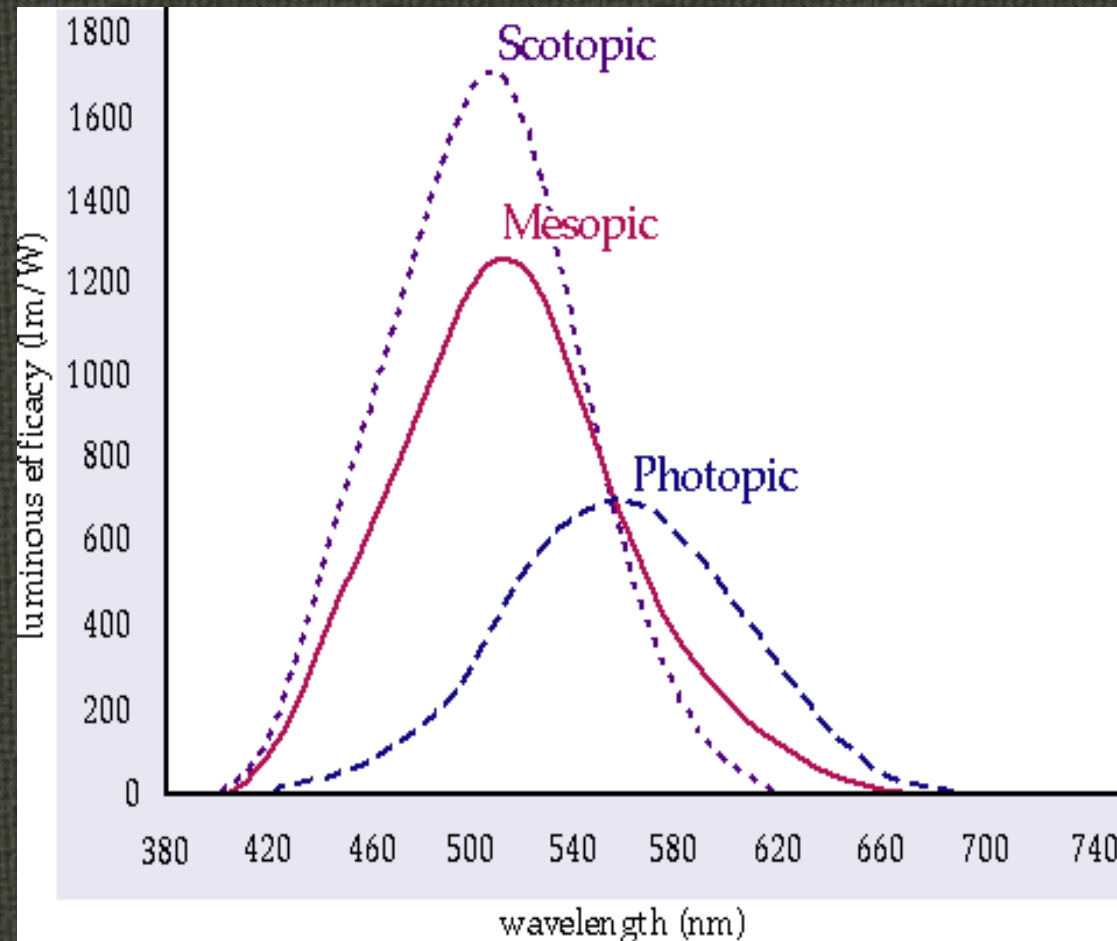
Figura – Trabalhos sobre iluminação artificial e visibilidade. Ref.: [14].

ENE 5701-3_06_maior_vuv

19



Sensibilidade espectral para o olho humano Mesópica: Proposta do LRC, Troy.



Curvas de sensibilidade espectral para a condição diurna (fotópica), noturna e proposta mesópica.

ENE 5701-3 06, maio, 2003



Figura – Situação tradicional da IP para comparação. Ref.: [22].²¹

ENE 5701-3, 06 mai, 2003



Modificação proposta à IP (conjugada com farol de auto)



Figura – Situação proposta à configuração tradicional da IP. Ref.: [22].

ENE 5701-3, 06 maio, 2003

22



Enfatizando pontos considerados importantes

Ângulo de incidência (da radiação) [3.24.8]

observação [3.24.7]

Fonte primária de luz [3.11.1]

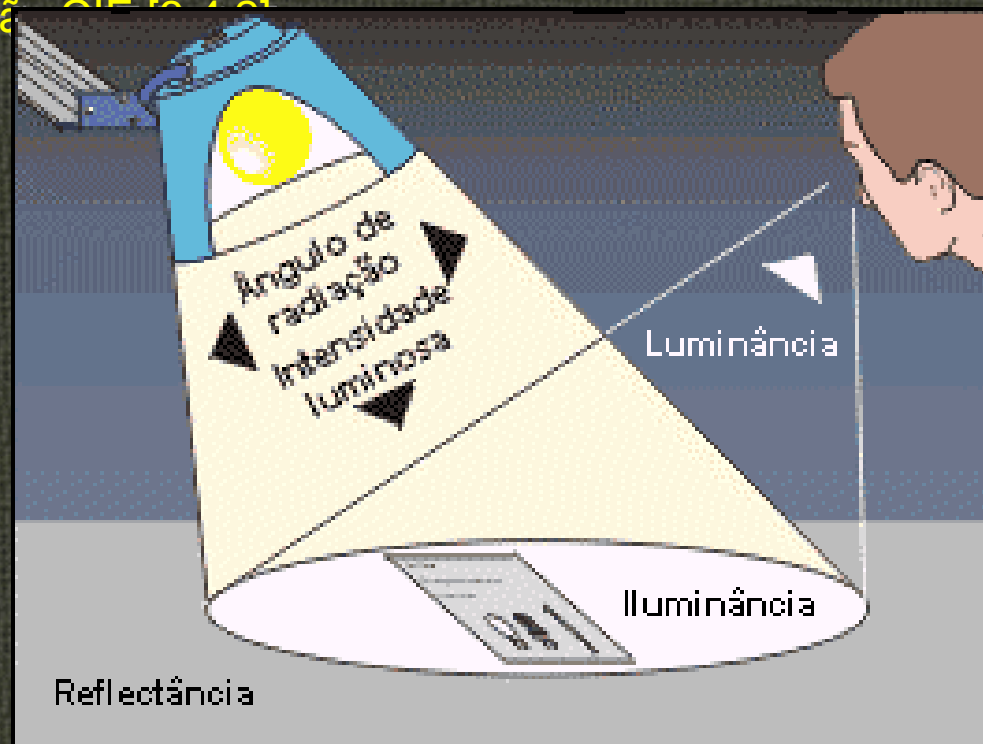
Fonte secundária de luz [3.11.2]

Iluminância [3.4.19]

Luminância [3.4.15]

Observador fotométrico padrão [3.5.12.1.2]

Refletância [3.6.7]



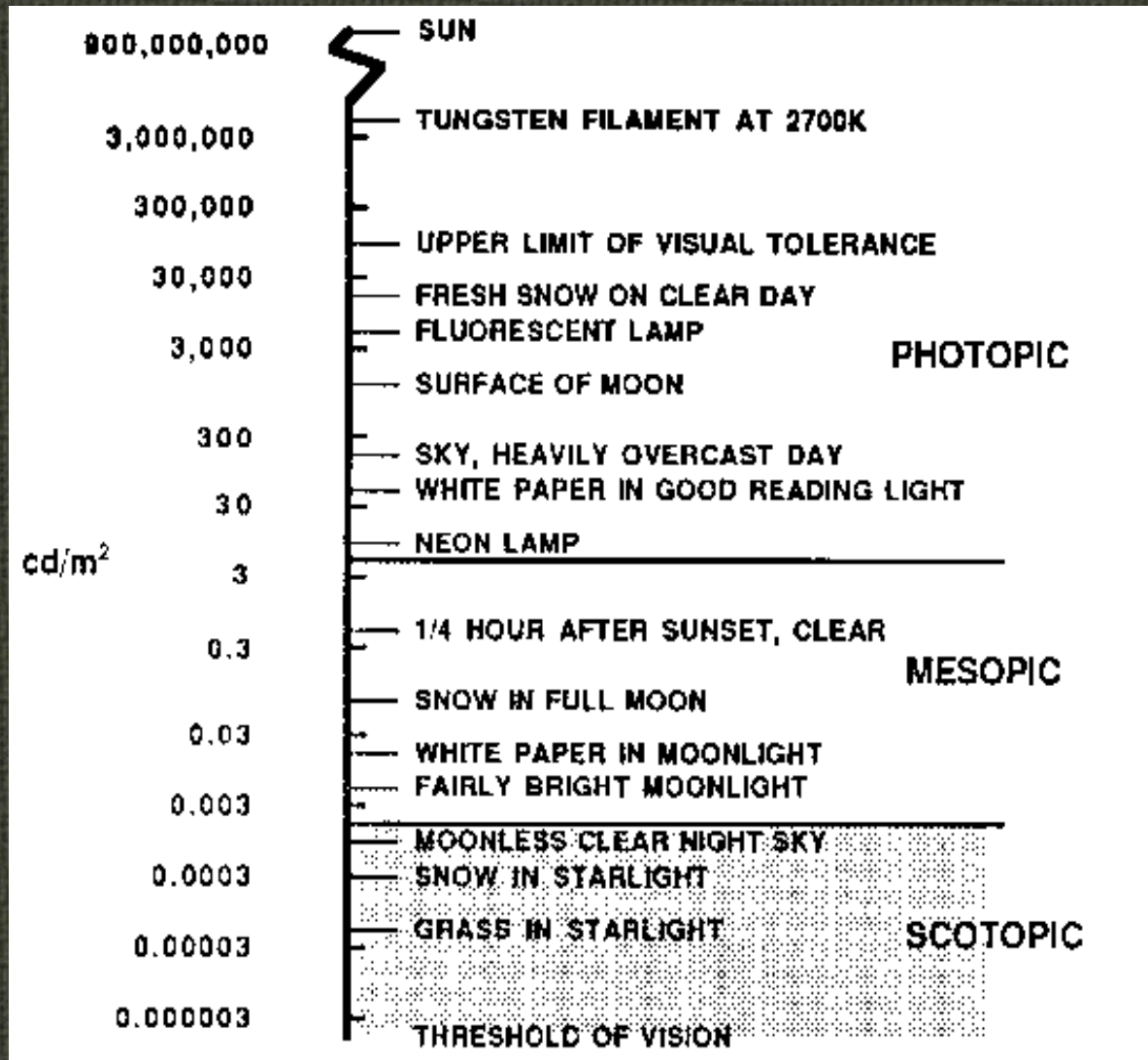
ENE 5701-3 06, maio, 2003

23

Figura - Ênfase na terminologia básica. Numeração dos termos segundo NBR 5461/1980.



Escala de luminância



Classificação da sensibilidade do olho humano em relação a uma escala de luminância (em cd/m^2) e algumas fontes típicas.

ENE 5701-3 06, maio, 2003

24



Requisitos ao entendimento da definição de uma escala de iluminância para atividades em interiores:

Considerando iluminância em plano horizontal e condições normais de iluminação.

1 cd/m² ° 20 lux



Uma escala de iluminância:

20
30
50
75
100
150
200
300
500
750
1000
1500
2000
3000
5000, ... lux

ENE 5701-3 06, maio, 2003

26



Plano da tarefa

Refletância das superfícies

Relação entre iluminâncias

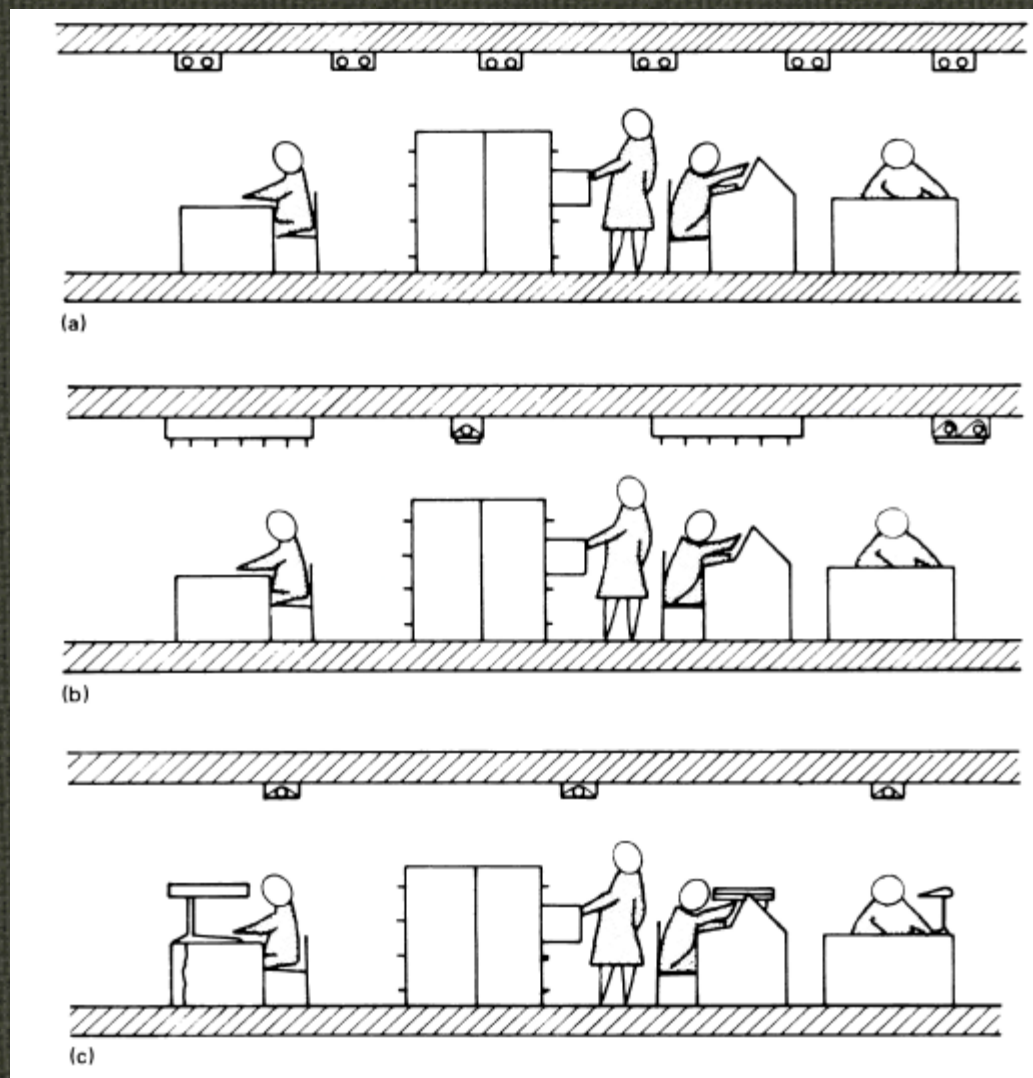


Figura – Diferentes arranjos da iluminação para um mesmo tipo de ocupação: (a) geral, (b) localizada, (c) local.

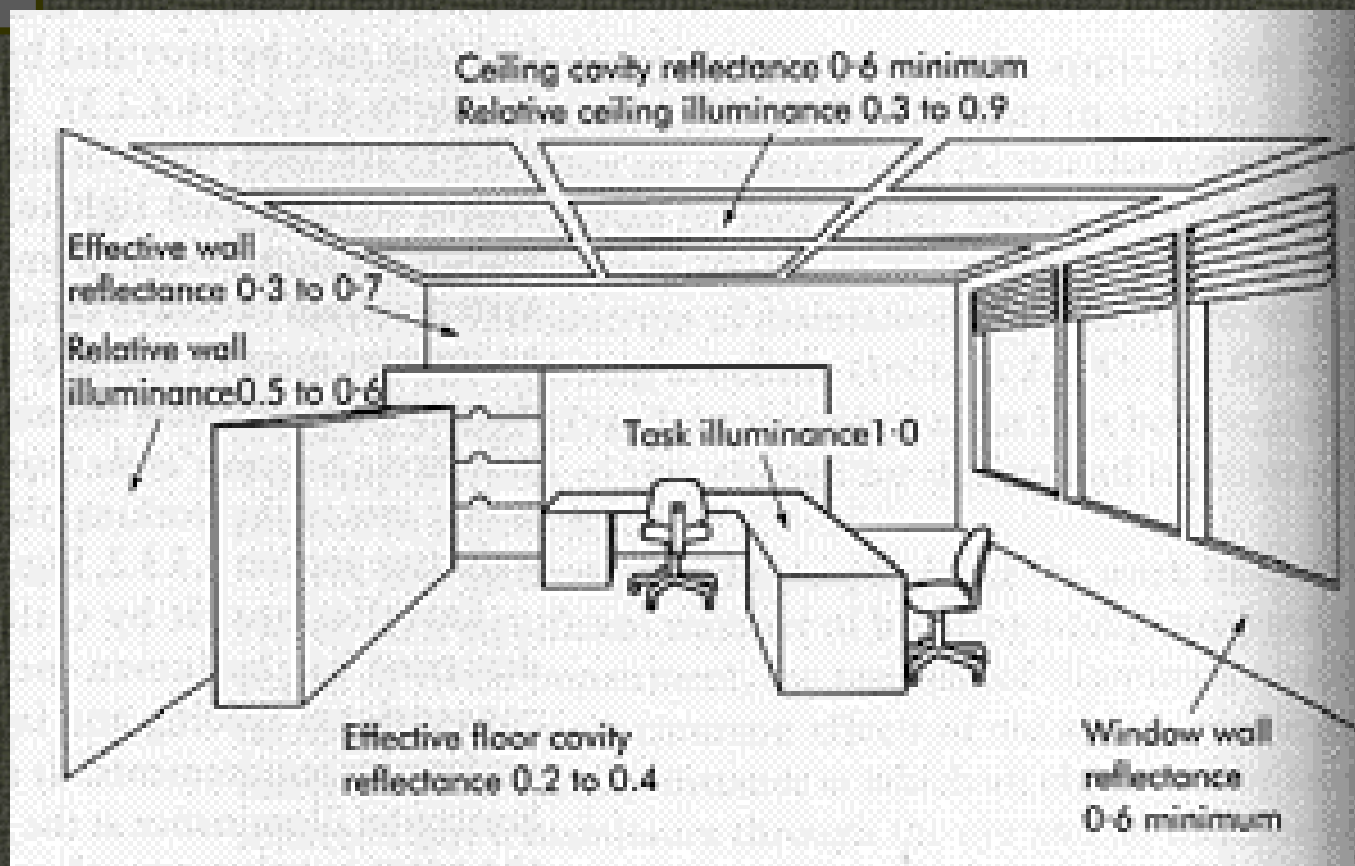


Figura - Ambiente típico de escritórios, exemplos de refletâncias de algumas de suas superfícies e (faixas) iluminâncias relativas.



**Requisitos para definição
da
iluminância no plano da tarefa:**

**Desempenho visual
e
Nível de satisfação do usuário.**

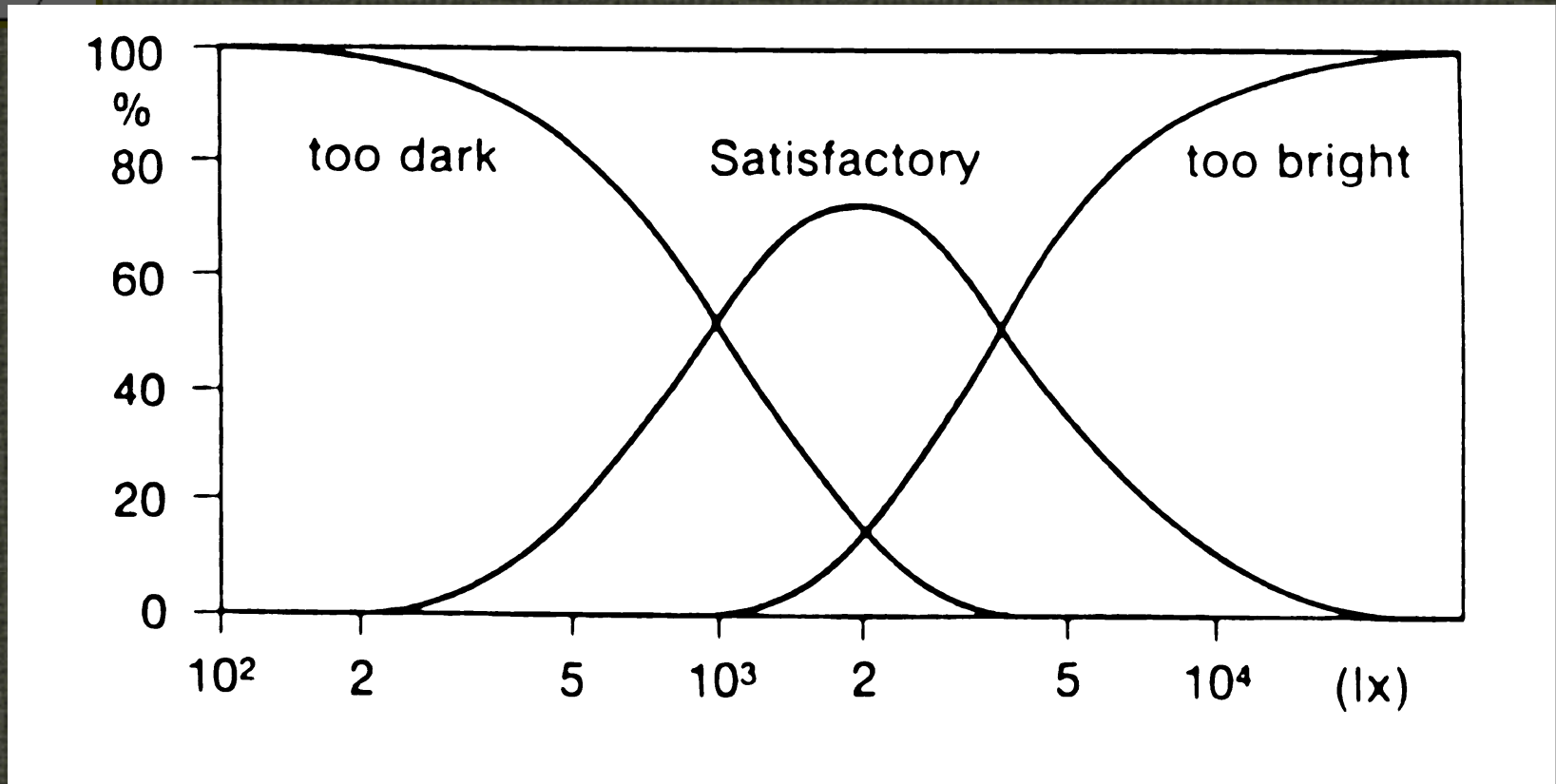


Figura – Combinações de respostas “muito escuro” (*too dark*), “satisfatório” e “muito claro” (*too bright*) representando o resultado de pesquisas sobre iluminâncias satisfatórias para locais de trabalho em interiores.



Figura – Prescrição normativa brasileira – seleção de iluminância.

Tabela 1 - Iluminâncias por classe de tarefas visuais

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditorios
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Nota: As classes, bem como os tipos de atividade não são rígidos quanto às iluminâncias limites recomendadas, ficando a critério do projetista avançar ou não nos valores das classes/tipos de atividade adjacentes, dependendo das características do local/tarefa.

5.2 Seleção de iluminância

Para determinação da iluminância conveniente é recomendável considerar os procedimentos de 5.2.1 a 5.2.4.

5.2.1 Da Tabela 1 constam os valores de iluminâncias por classe de tarefas visuais. O uso adequado de iluminância específica é determinado por três fatores, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Fatores determinantes da iluminância adequada

Características da tarefa e do observador	Peso		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

5.2.2 O procedimento é o seguinte:

- analisar cada característica para determinar o seu peso (-1, 0 ou +1);
- somar os três valores encontrados, algebricamente, considerando o sinal;

c) usar a iluminância inferior do grupo, quando o valor total for igual a -2 ou -3; a iluminância superior, quando a soma for +2 ou +3; e a iluminância média, nos outros casos.

5.2.3 A maioria das tarefas visuais apresenta pelo menos média precisão.

ENB



5.3.5 Bibliotecas

- sala de leitura	300 - 500 - 750
- recinto das estantes	200 - 300 - 500
- fichário	200 - 300 - 500

Figura – Exemplo de atividades ou tarefas e sua faixa (três valores) de iluminância. Fonte: NB 57/1991.



Estratégias para a posição dos pontos de luz

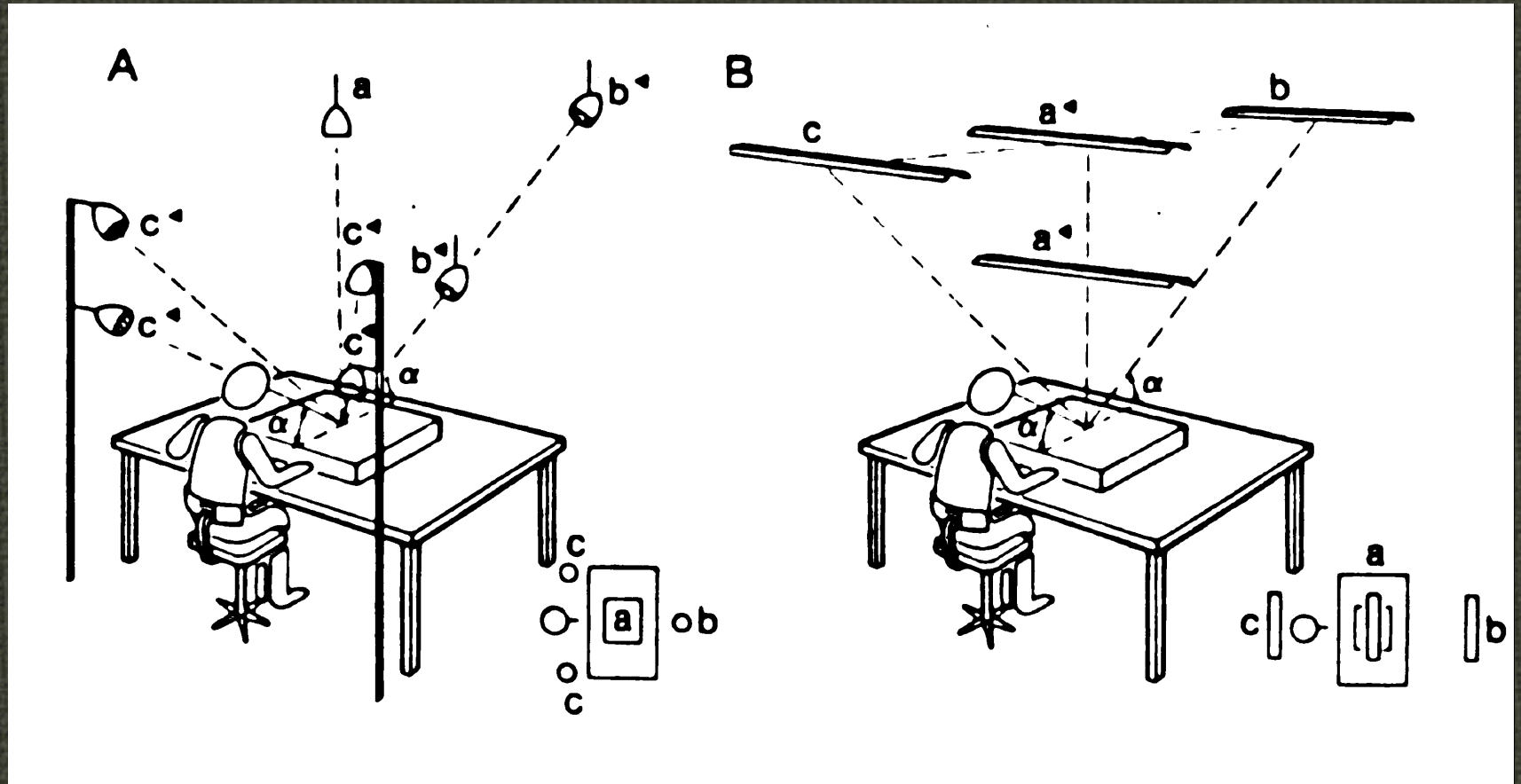


Figura – Exemplos de técnicas de iluminação para certas tarefas visuais especiais. Fonte: CIE [16].



Fontes de luz e espectros

Nosso objetivo nesta parte da apresentação é trazer uma visão geral dos iluminantes segundo certo agrupamento.

Discussões sobre teorias da natureza dual da luz não serão feitas.

Desde que luz é uma radiação eletromagnética deve-se esperar que a emissão de luz, por qualquer fonte, é resultado do movimento (aceleração) de cargas elétricas. É atribuído aos elétrons, cargas negativas localizadas na periferia dos átomos, a emissão de luz visível e ultravioleta.

As fontes de luz podem ser divididas em:
naturais e artificiais (produzidas pelo homem);
segundo o espectro (comprimento de onda, dimensional) de emissão:
contínuo, linhas e bandas; e
segundo o processo de origem: fontes térmicas, nas quais a radiação é resultado da temperatura e
as fontes que dependem da descarga elétrica através de gases.

O fato do brilho de muitas estrelas possuir espectro igual aos que podemos observar em laboratório é evidencia direta de que a luz no universo provem dos mesmos elementos químicos encontrados na Terra.



Fontes de luz e espectros

Com temperatura de superfície em torno de $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$, o Sol é exemplo importante de fonte térmica,



ENE 5701-3 06, maio, 2003

37

Figura – O Sol como exemplo de fonte térmica.



Fontes de luz e espectros

Dentre as fontes de luz que ocorrem na natureza, independentemente da vontade humana, a principal delas (para fins de iluminação “à baixo custo”) é aqui denominada: Luz do Dia - LD, pode vir de um céu (ou fração hemisférica deste, nublado ou anil) com intensidades espacialmente distribuídas (modo difuso) ou concentrada/intensa, diretamente do disco solar.

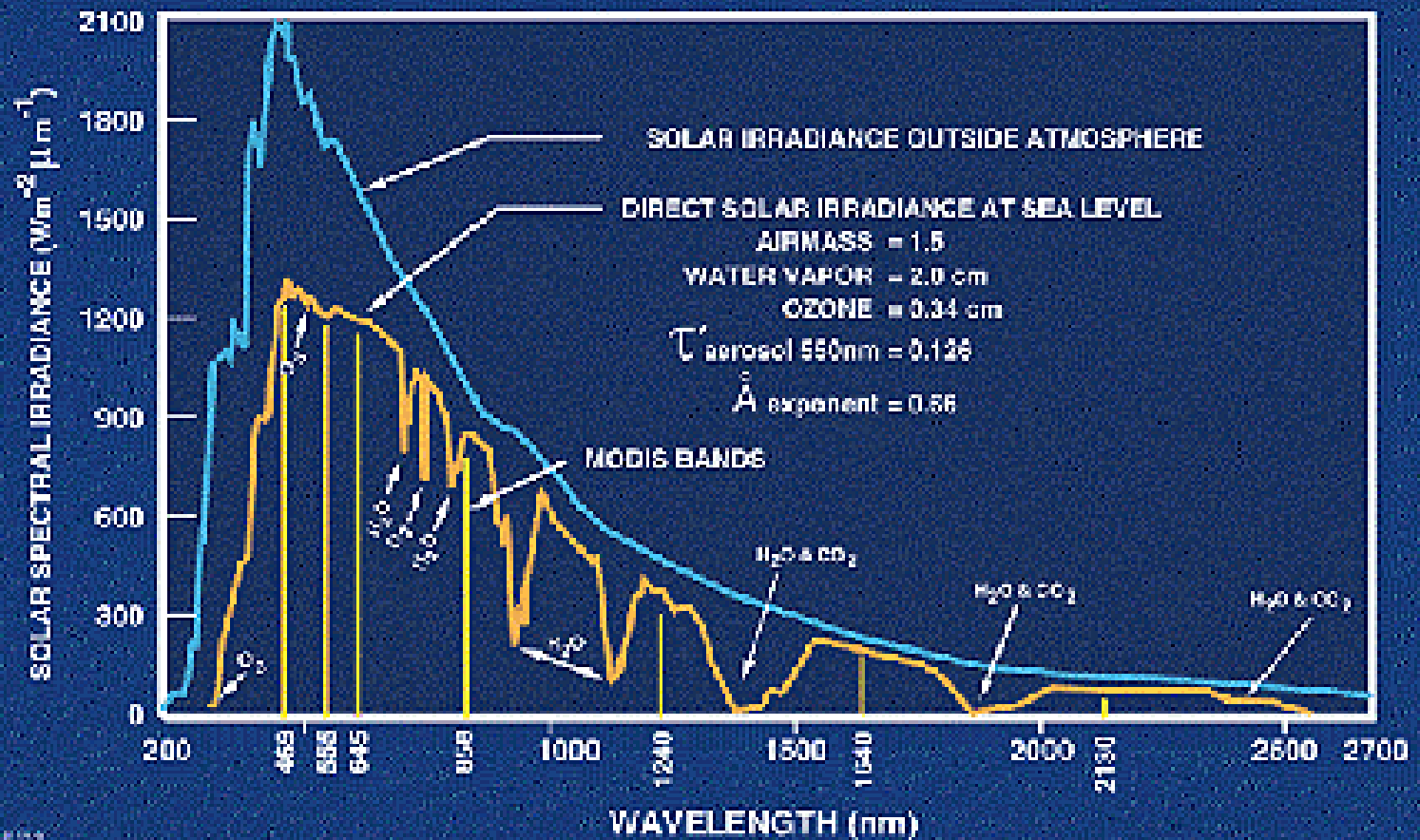


Figura – A Luz do Dia como fonte de luz para uso em interiores.

ENE 5701-3 06, maio, 2003

38

LAND-SOLAR RADIATION



C351.010 5/33

Figura - Distribuição espectral solar no espaço e ao nível do mar.

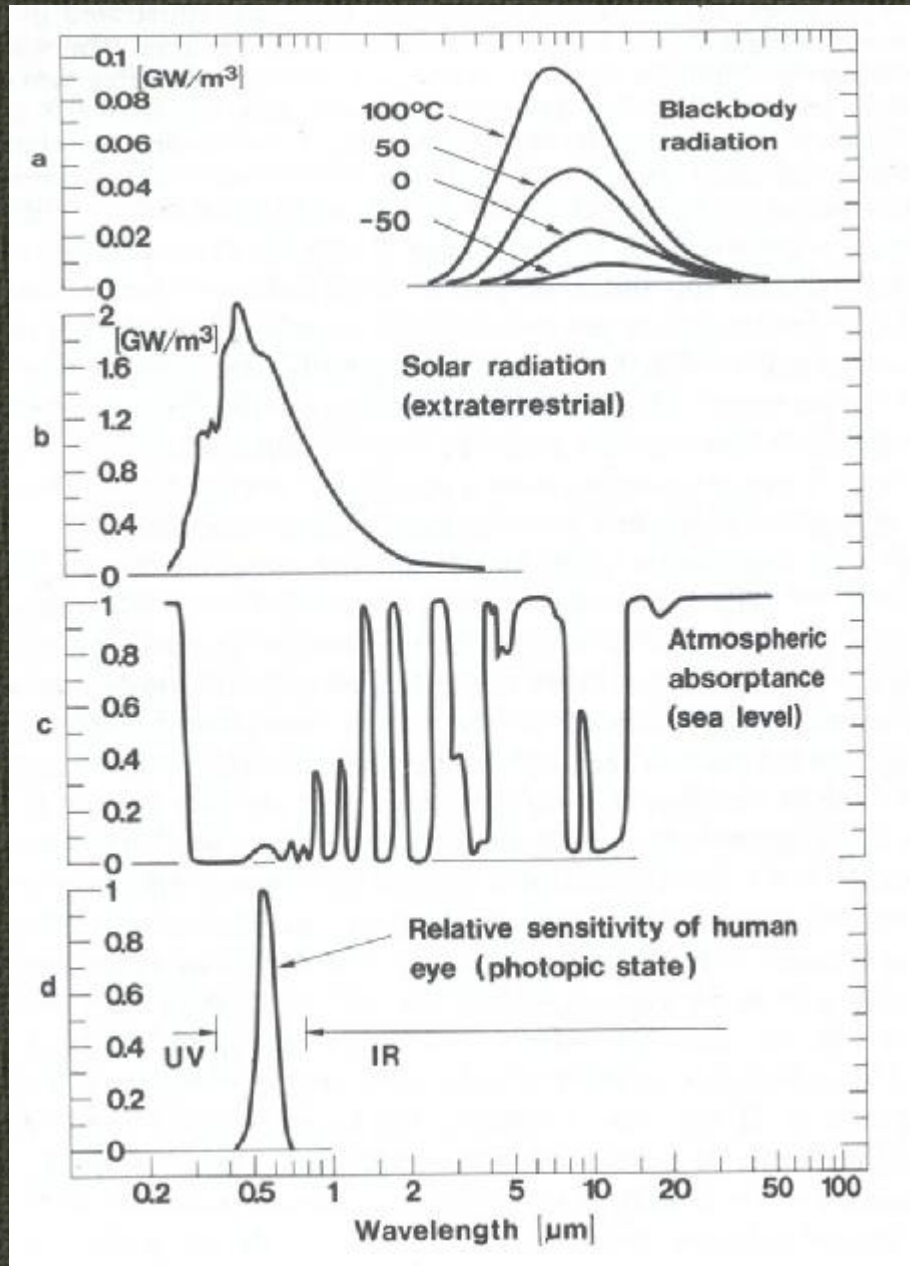


Figura - Distribuições espectrais: corpo negro (a), solar no espaço (b), absorptância atmosférica (c) e sensibilidade fotópica humana (d).
 Fonte: Electricity, 1989.

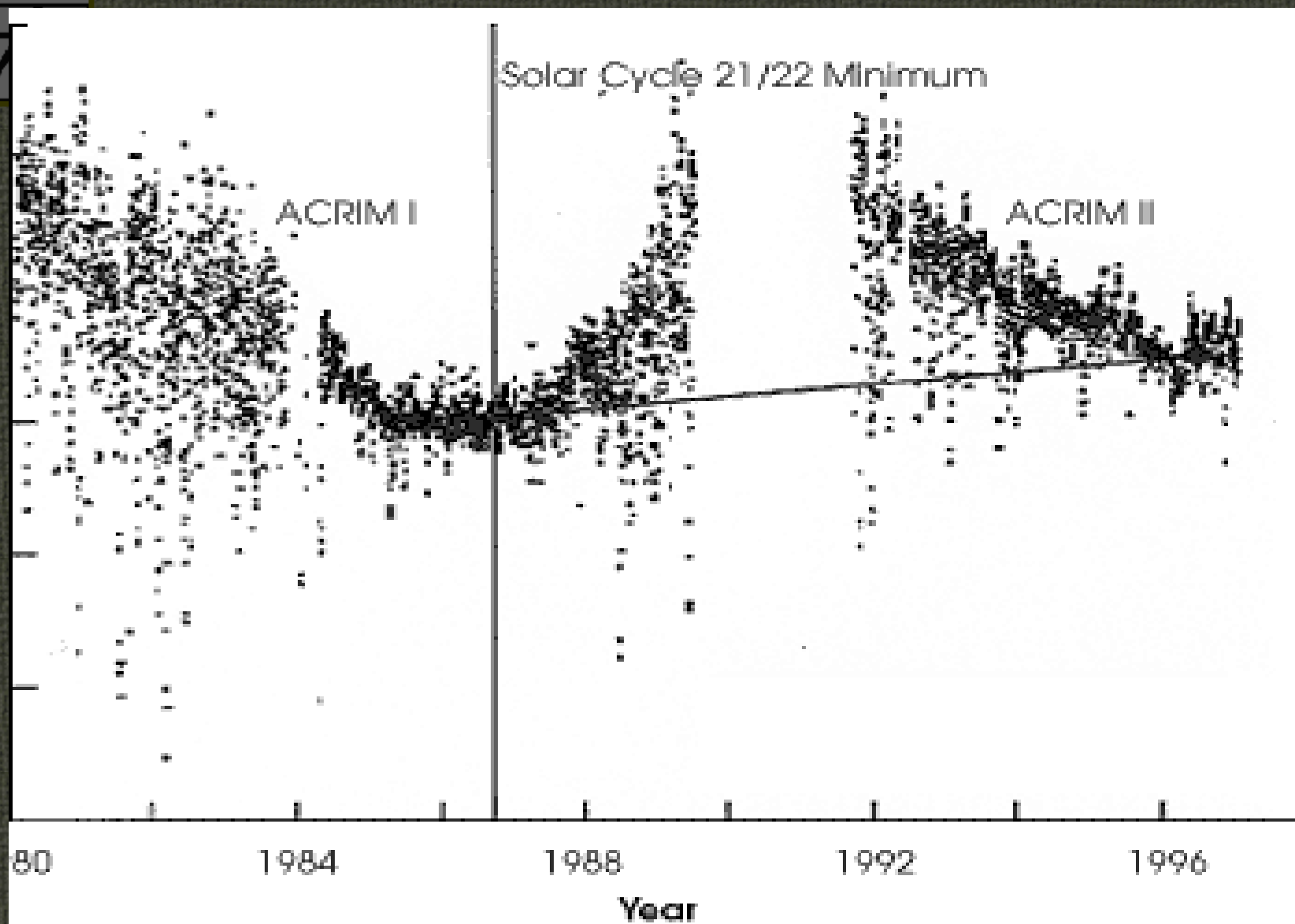


Figura - Variação temporal da irradiância solar.



A energia radiante de origem solar pode penetrar interiores (como o ar) de forma direta (com ou sem atenuação) e refletida, através de fenestral existente, por superfície adjacente.

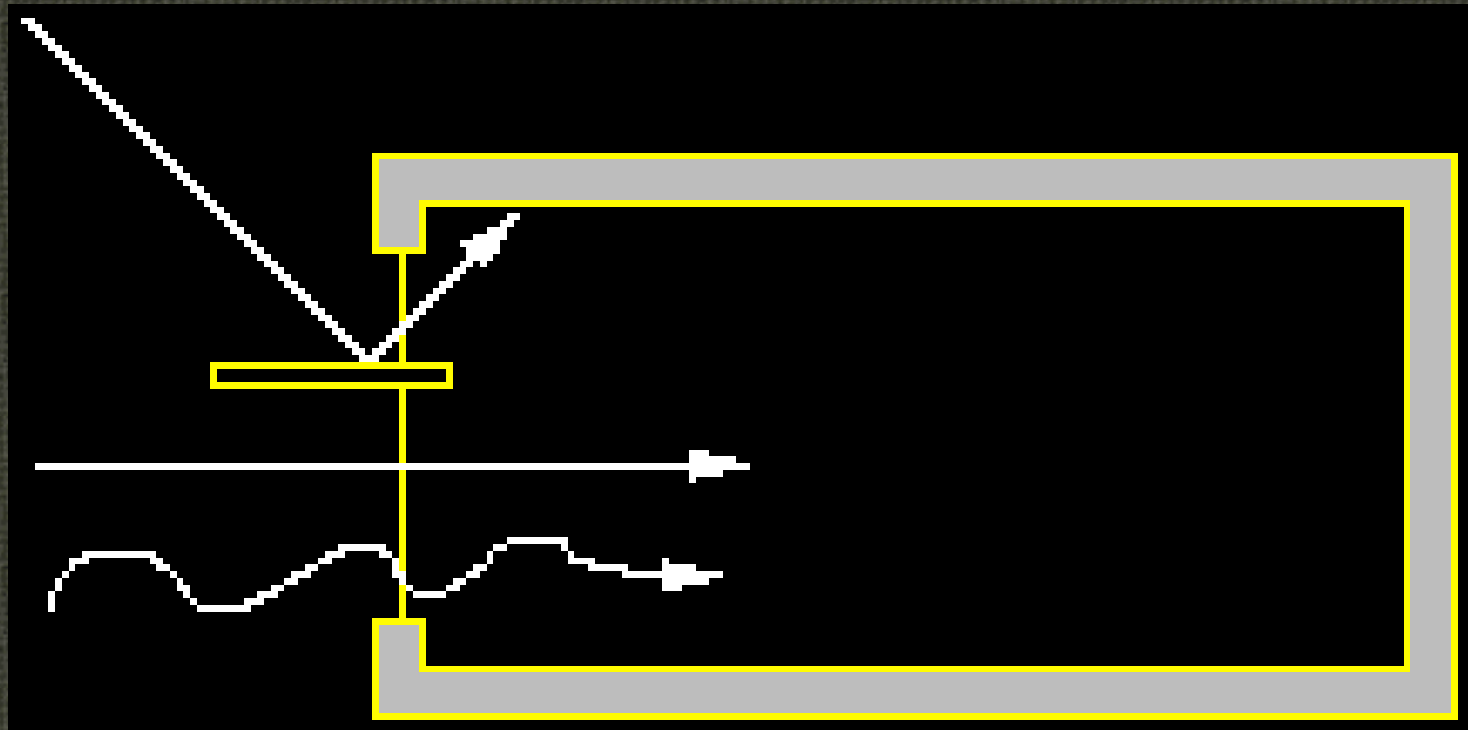


Figura - Arranjos da entrada de radiação óptica (Luz do Dia e I.V.) através de fenestrais de interiores; (superior) artifício para mudança (controle) da componente direta, aumentando a iluminação indireta, (inferior) obstáculo e vista de distribuição.

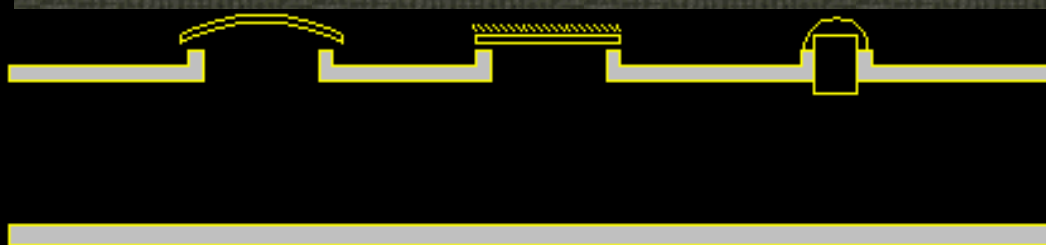
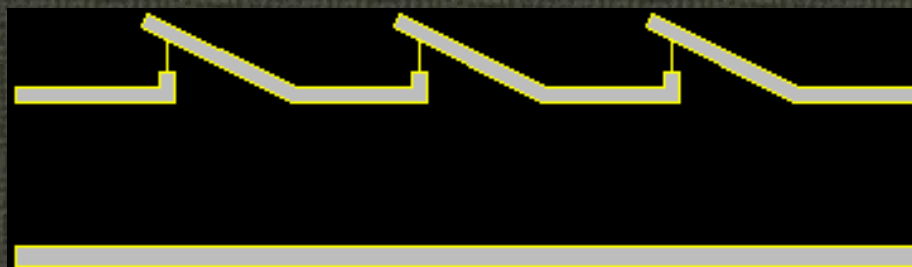
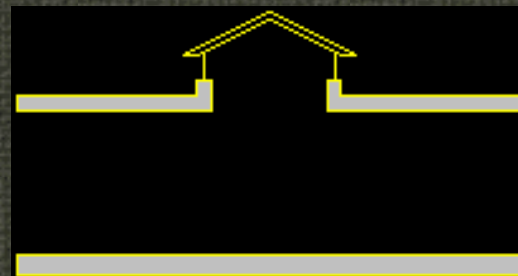


Figura – Diferentes tipos de fenestrais utilizados para interiores (vista lateral, em corte).

ENE 5701-3 06, maio, 2003

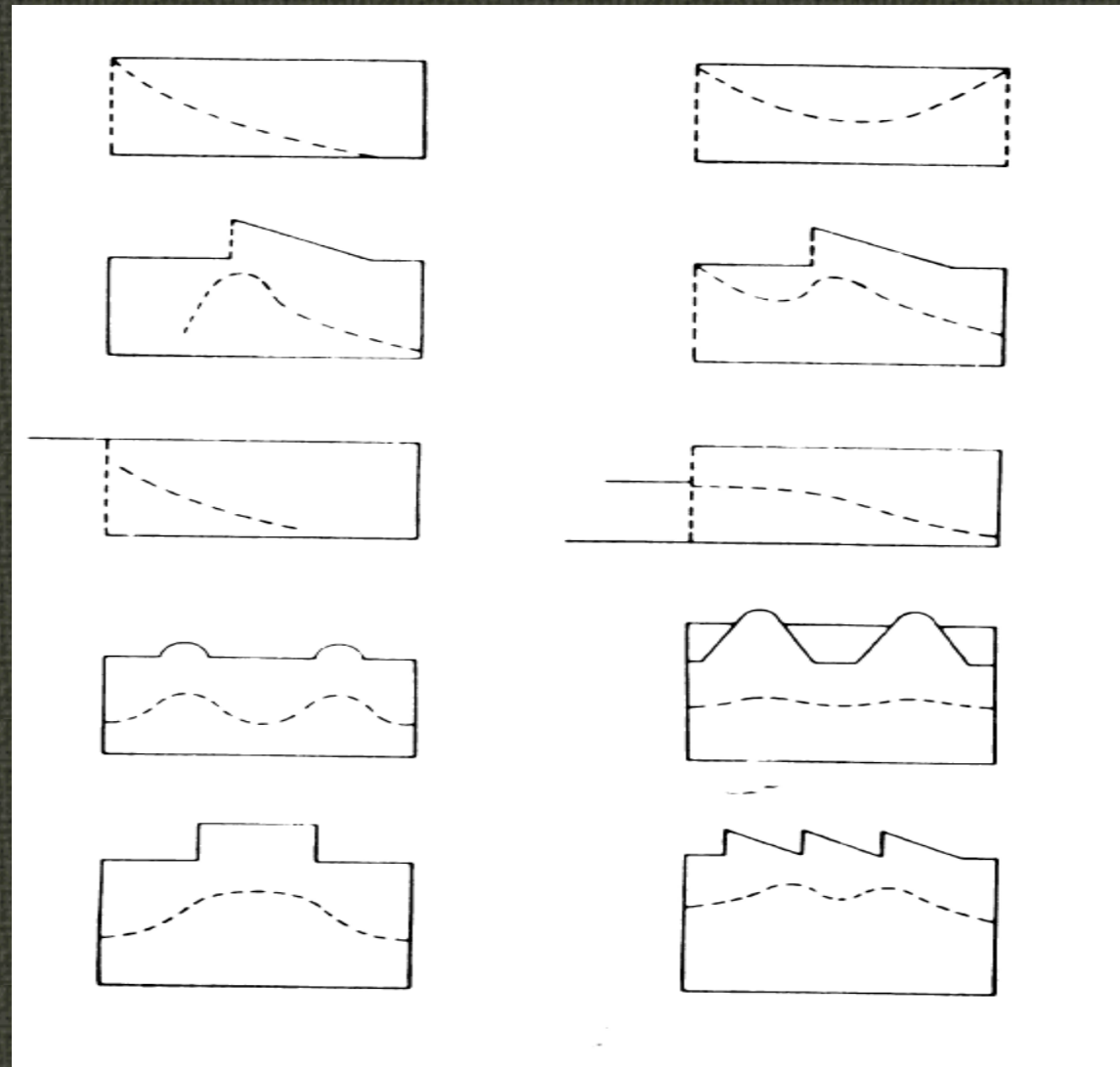


Figura - Perfil da distribuição de iluminância, no interior, em função do tipo de fenestral estabelecido (vista em corte). Fonte: Murdoch, 1994.



A energia radiante de origem solar pode penetrar interiores (como o ar) de forma direta (com ou sem atenuação) e refletida, através de fenestral existente, por superfícies adjacentes.

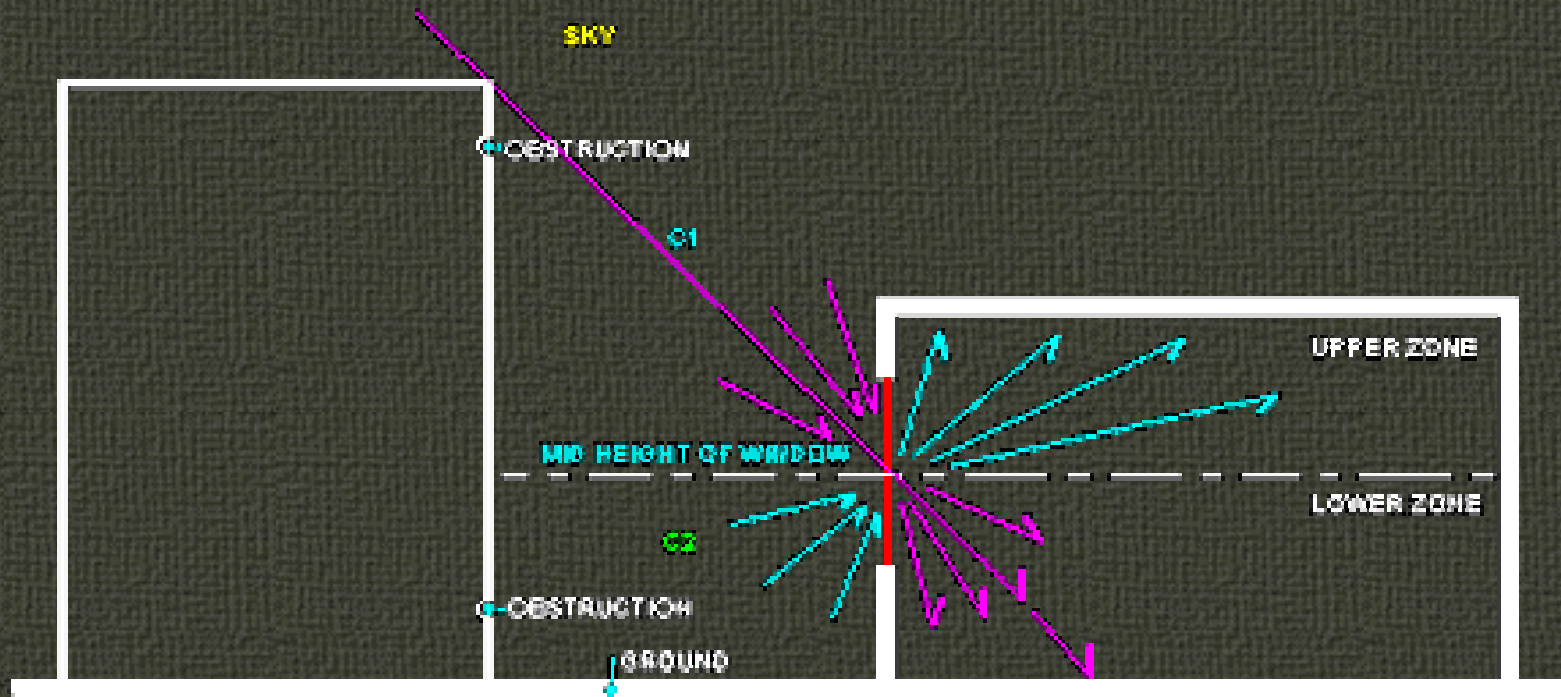


Figura - Esquema da entrada e difusão da Luz do Dia, através de fenestral, está detalhado e dividido em dois hemisférios. 45



Fator da Luz do Dia (D)

Razão entre a iluminância em um ponto de um plano, produzida pelo fluxo luminoso recebido diretamente ou indiretamente, neste ponto, de céu com uma distribuição de luminância pela iluminância, em plano horizontal, produzida por hemisfério desobstruído deste mesmo céu.

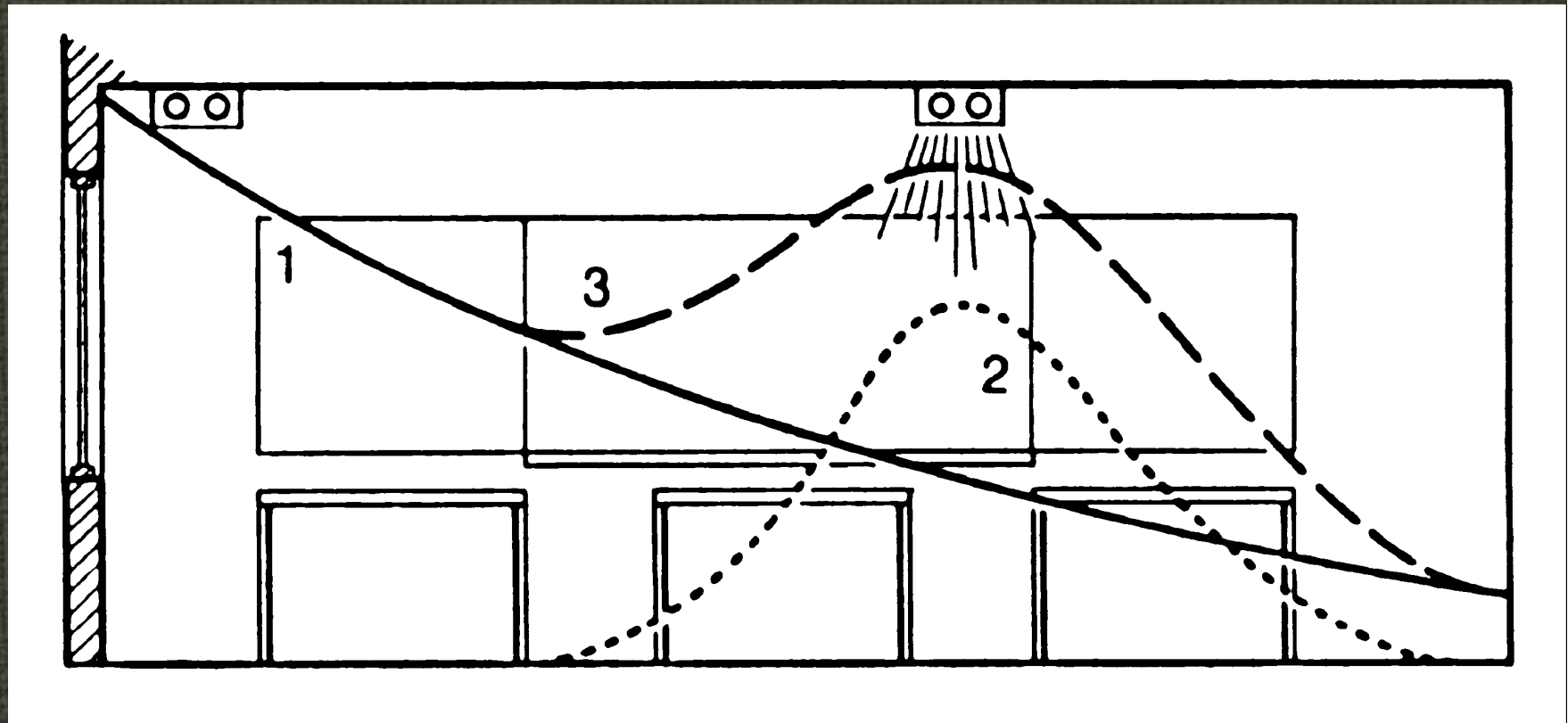


Figura – A linha 1 indica a variação da iluminância da Luz do Dia no interior de uma sala. A falta de uniformidade pode ser compensada com a ligação de fila de luminárias (linha 2) e cujo resultado conjunto está representado pela linha 3. 47



Fontes de Luz Artificial, as LÂMPADAS: Incandescentes



ENE 5701-3 06, maio, 2003

48

Figura – Tipos de lâmpadas incandescentes. Fonte: www.osram.com.



Fonte de luz e seu espectro

incandescente 40 W.

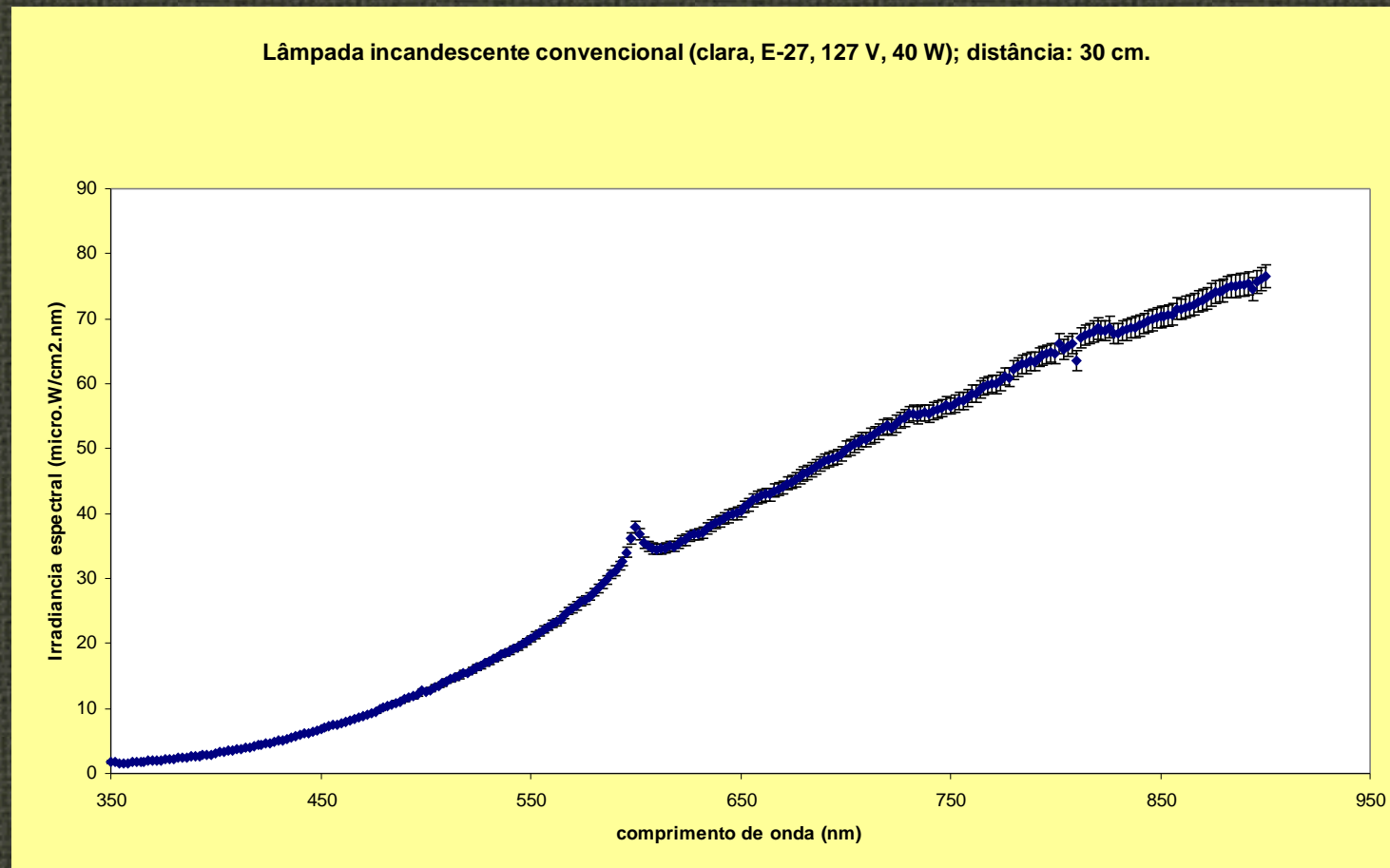
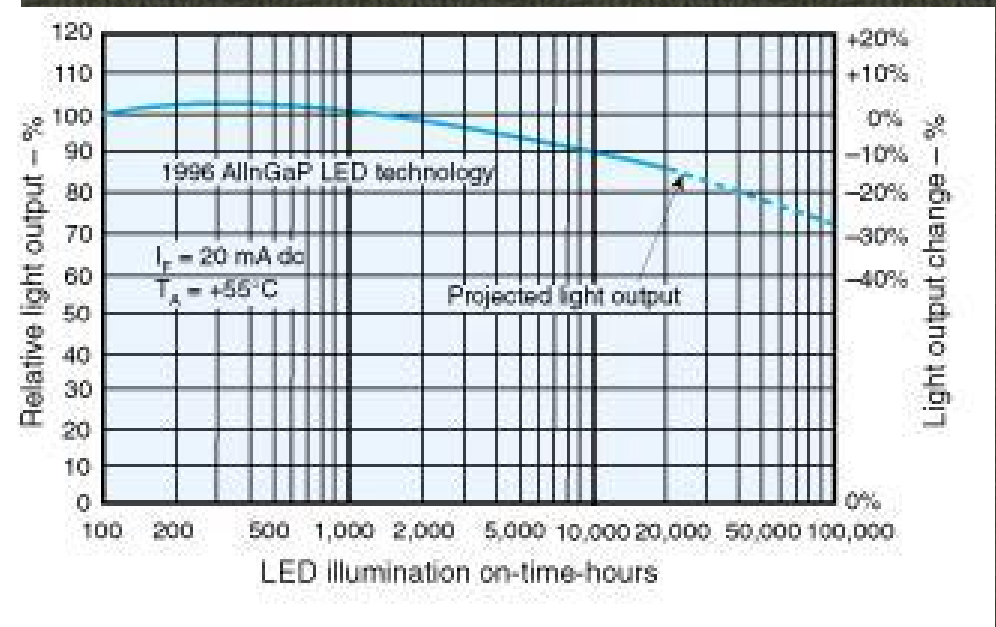
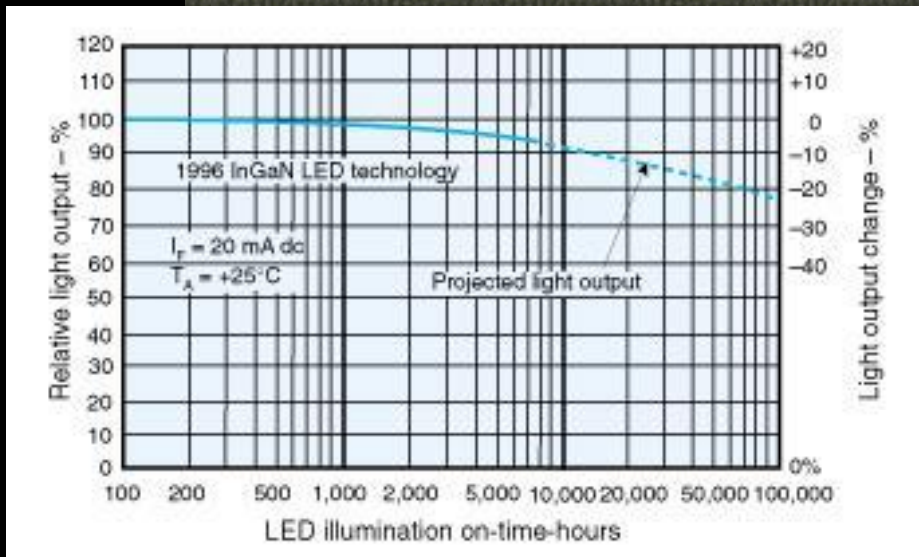


Figura – Distribuição da irradiância espectral de fonte térmica.
Fonte: relatório # 894 656 (medição: set./2002).



Fontes Artificiais, tecnologia emergente: LED



ENE 5701-3 06, maio, 2003

50

Figura – Luz emitida ao longo da vida útil. Fonte: IESNA, 2000.

Fontes Artificiais, as lâmpadas a descarga em gases: fluorescentes tubulares

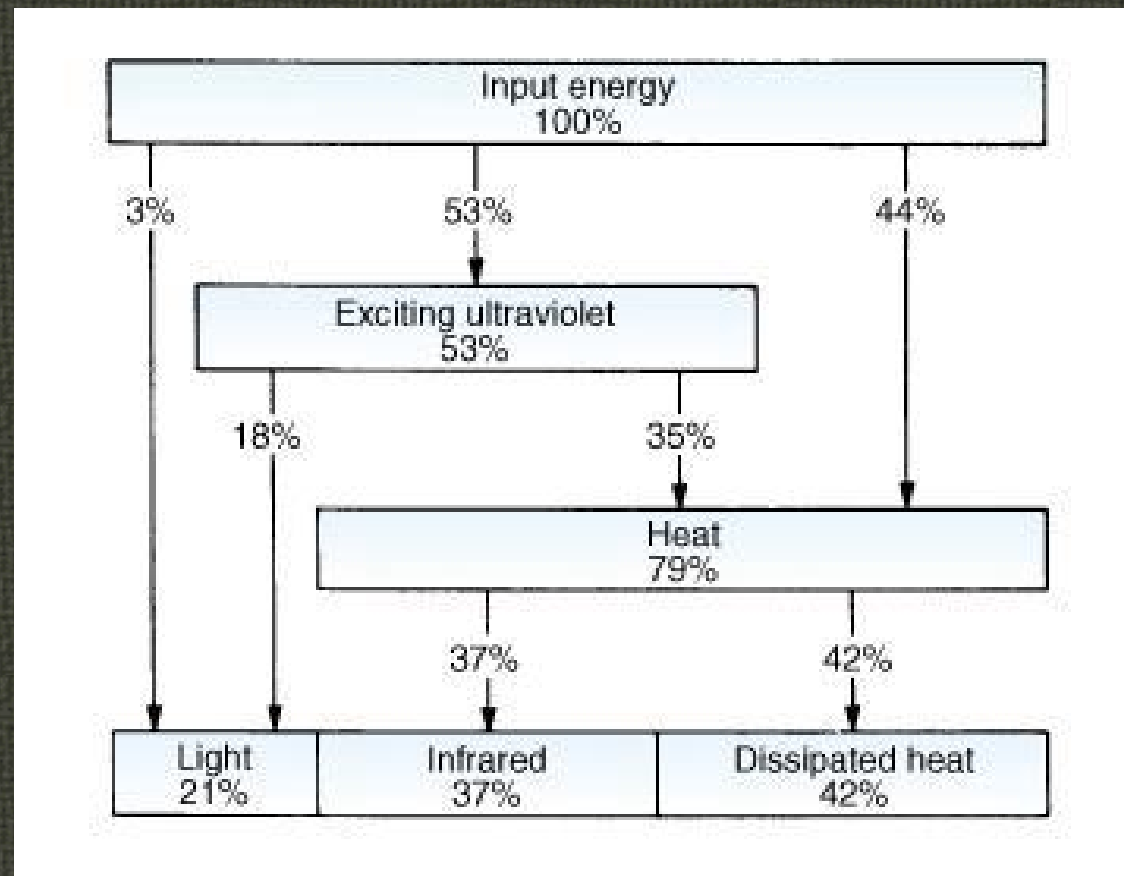


Figura – Balanço de energia em lâmpadas fluorescentes.

Fonte: IESNA, 2000.

ENE 3701-3-06, Maio, 2003



6) Fonte de Luz Artificial, as lâmpadas a descarga em gases: fluorescentes tubulares

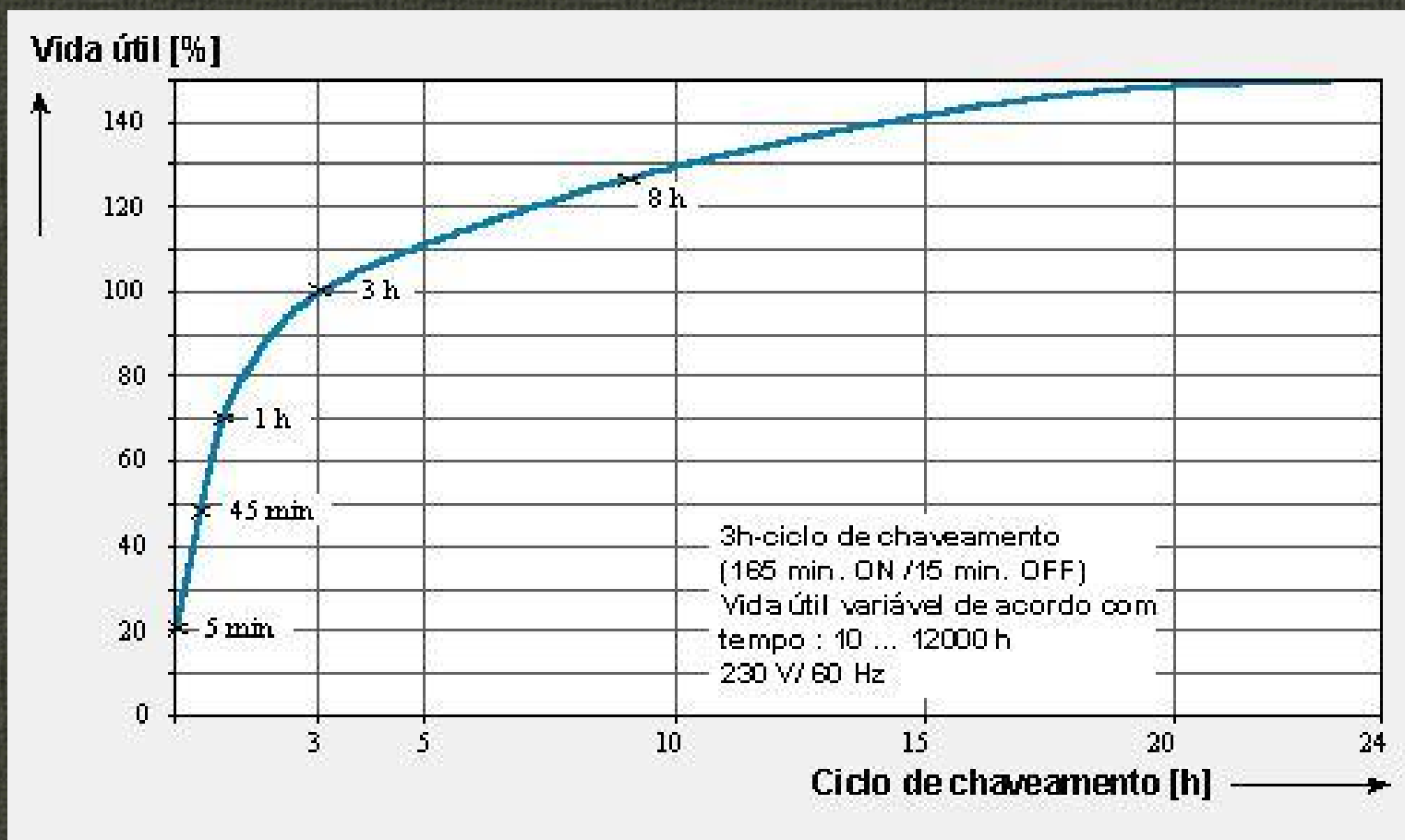


Figura – Redução da vida útil em função do chaveamento.

Fonte: www.osram.com.



Fontes Artificiais, as lâmpadas a descarga em gases: fluorescentes tubulares



Figura – A redução no diâmetro do bulbo (T12 e T10). Esta mudança permite melhoria em sistemas ópticos de luminárias. Fonte: Foto do autor.



Fontes Artificiais, as lâmpadas a descarga em gases: fluorescentes tubulares

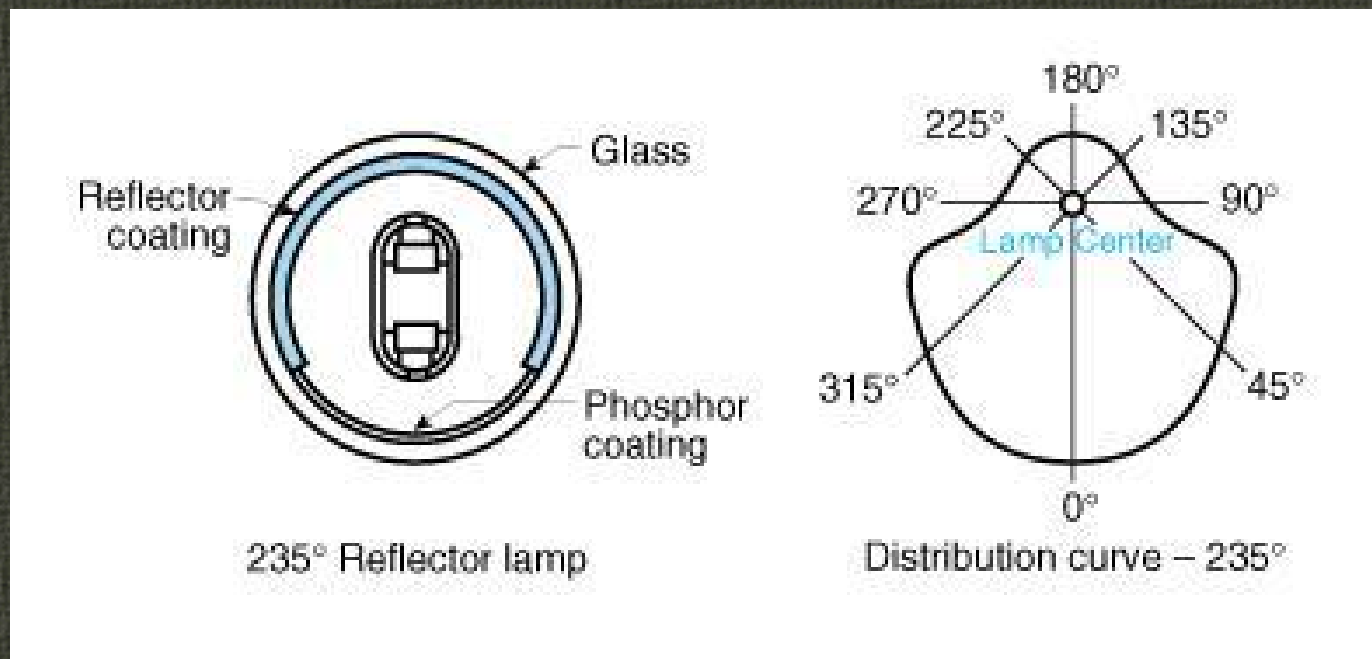


Figura – Lâmpada fluorescente provida de refletor e conseqüente distribuição luminosa. Fonte: IESNA, 2000.



Fonte Artificial, lâmpadas fluorescentes tubulares

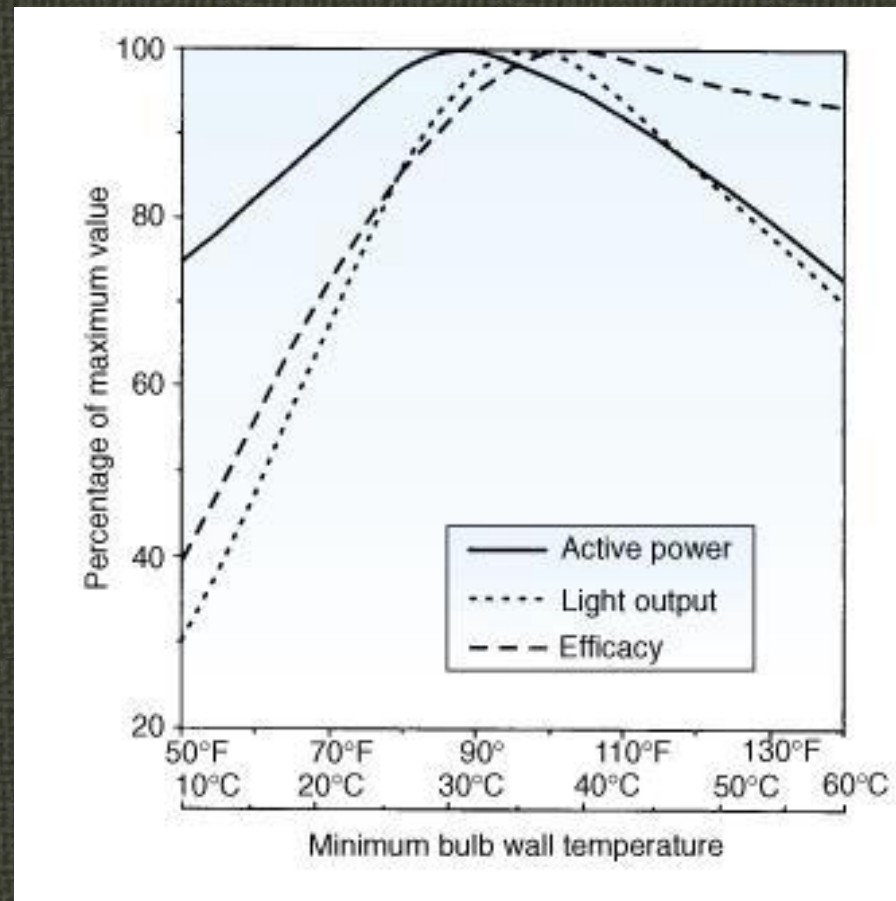


Figura – Dependência da temperatura sobre o funcionamento da lâmpada fluorescente. Fonte: IESNA, 2000.



Fonte Artificial, lâmpadas fluorescentes tubulares

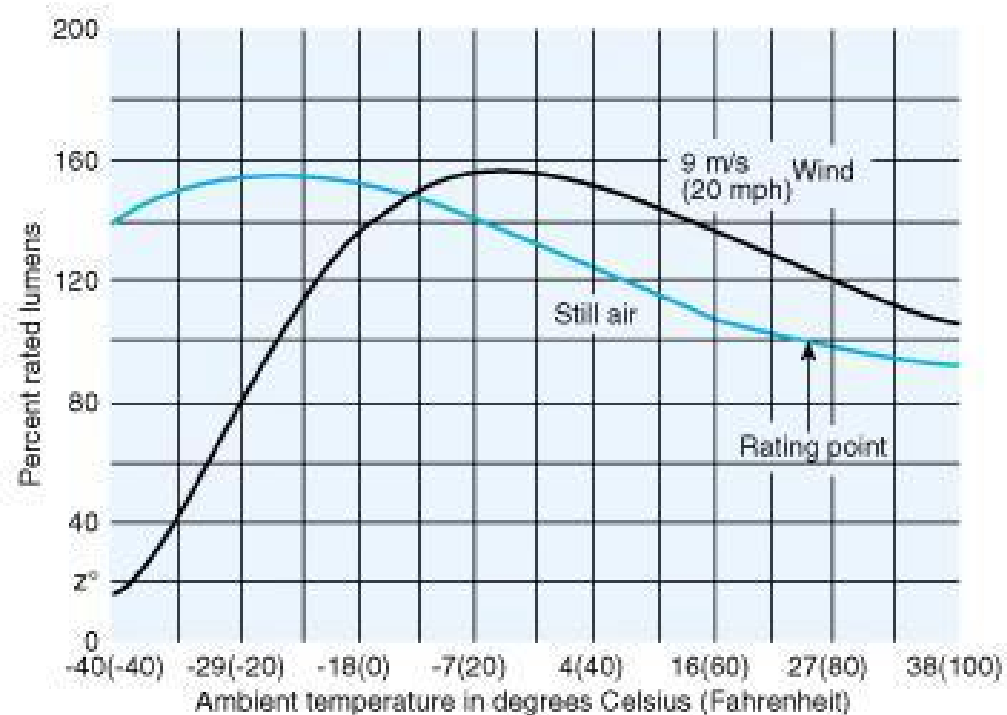
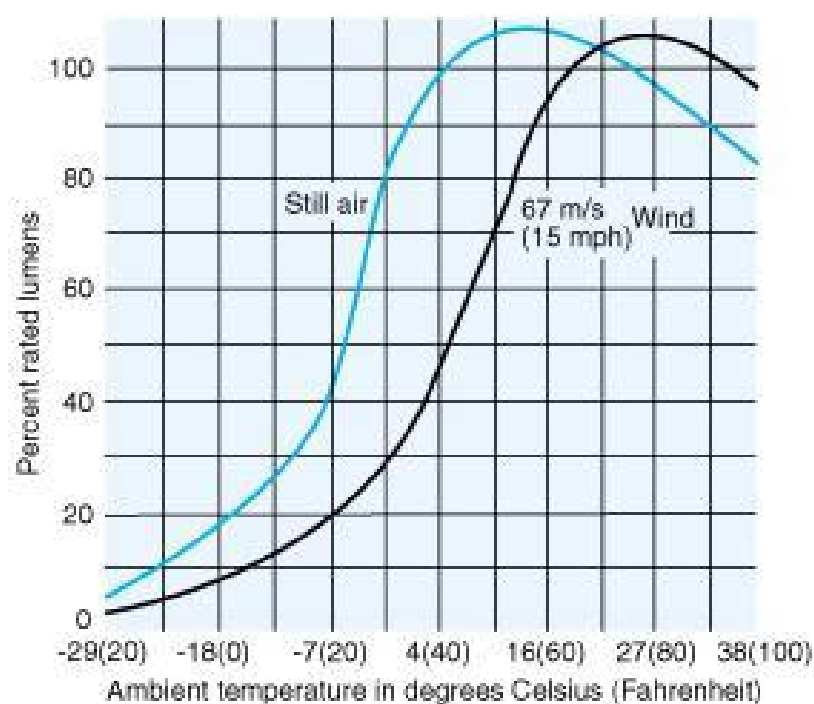


Figura – Variação relativa do fluxo luminoso com função da temperatura e velocidade do ar. À esquerda, F96T12/HO e à direita, F72T12/HO.

Fonte: IESNA, 2000.



Fonte Artificial, evolução nas lâmpadas fluorescentes tubulares, mudança tecnológica: T12 para T5

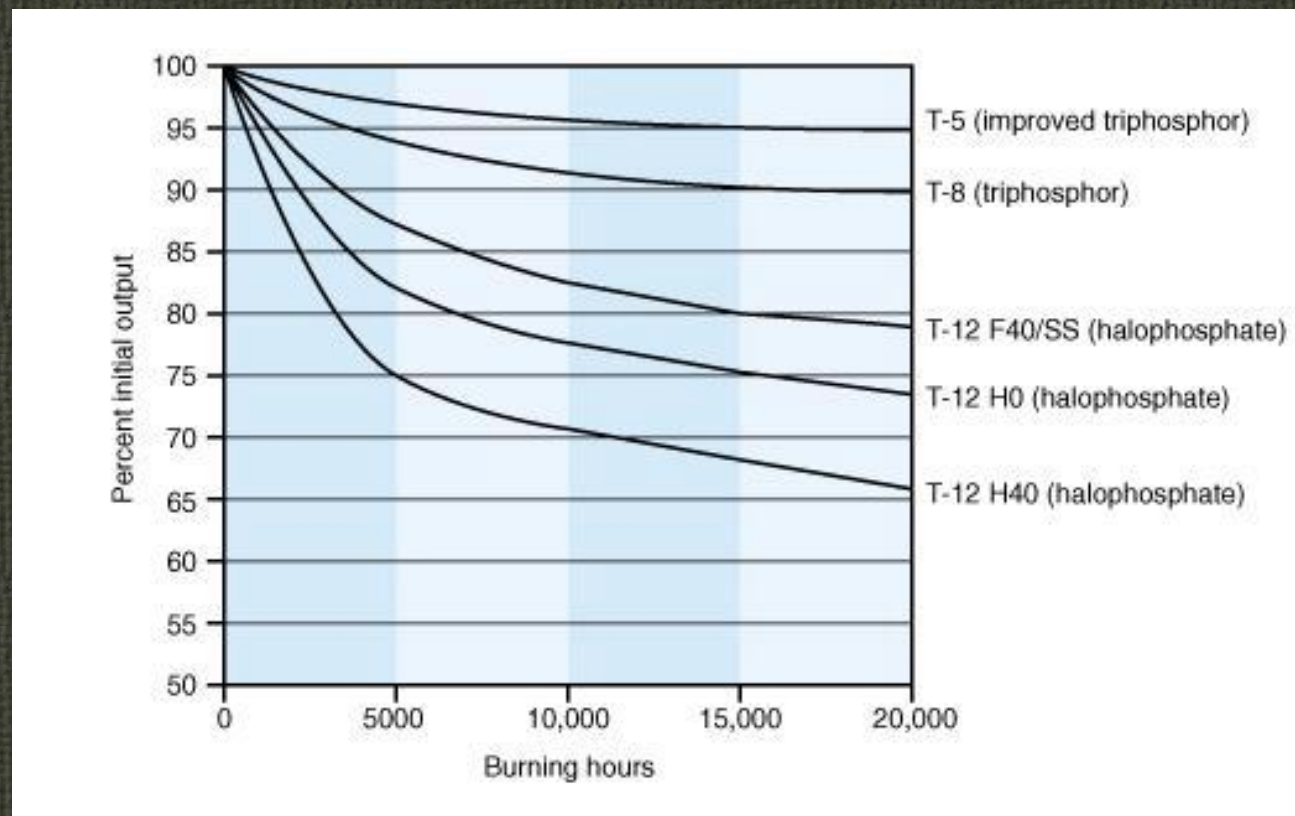


Figura – Depreciação do fluxo luminoso ao longo do tempo de funcionamento e como parâmetro o diâmetro da lâmpada fluorescente. Fonte: IESNA, 2000.



Fonte Artificial:
Evolução nas lâmpadas fluorescentes tubulares
Mudança tecnológica: T12 para T5

Lâmpadas fluorescentes tubulares
“Redução do diâmetro e redução de potências”

T12 - **T10** - **T8** - **T5**
38 mm 33 mm 26 mm 16 mm



20 W → 16 W ou 18 W → 14 W



40 W → 32 W ou 36 W → 28 W / 54 W



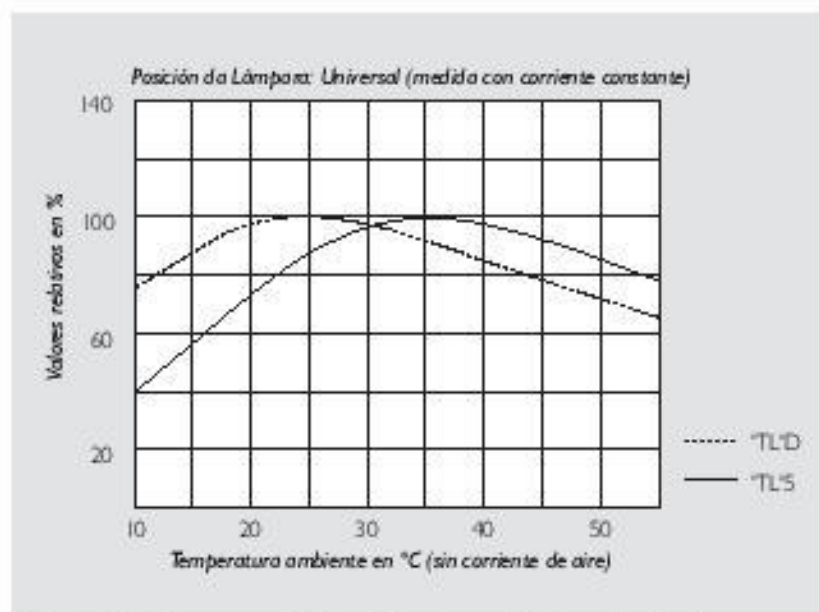
65 W → 58 W → 80 W



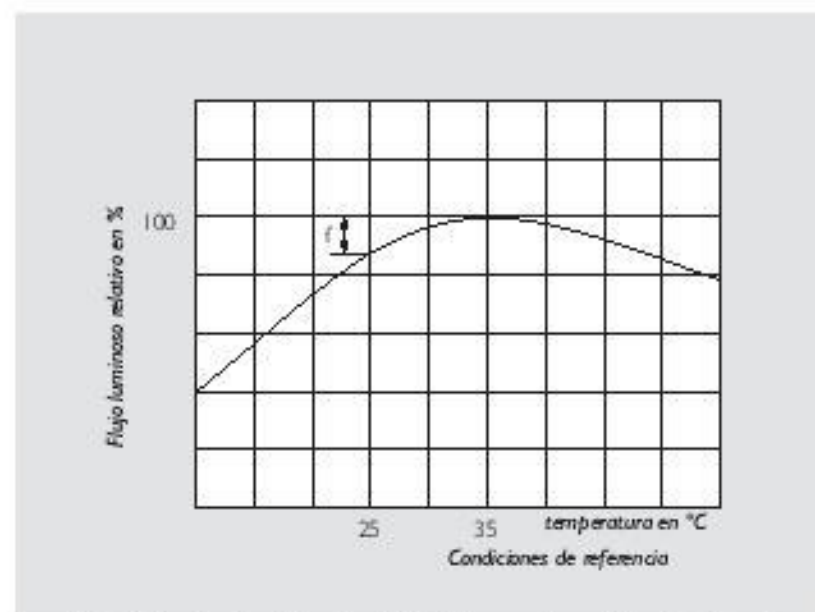
Fonte de Luz Artificial, as lâmpadas fluorescentes tubulares T5

Lâmparas fluorescentes

'TL' 5 Lâmparas de Alta Eficiência (HE)



La lámpara TL'5 es para una condición de temperatura que puede ser esperada en las luminarias de 35°C. La lámpara TL'5 es optimizada para una temperatura de 25°C.



La razón de declive (f) es la relación entre el flujo luminoso en las condiciones de referencia (35°C) y 25°C, ambos con un balasto de referencia.

Comportamiento independiente de la temperatura: $f = 1$
Philips TL'5 HE: $f = 0.91$

Figura – Variação relativa do fluxo luminoso em função da temperatura. Fonte: www.philips.com.ar.



Fonte de Luz Artificial, as lâmpadas fluorescentes tubulares T5

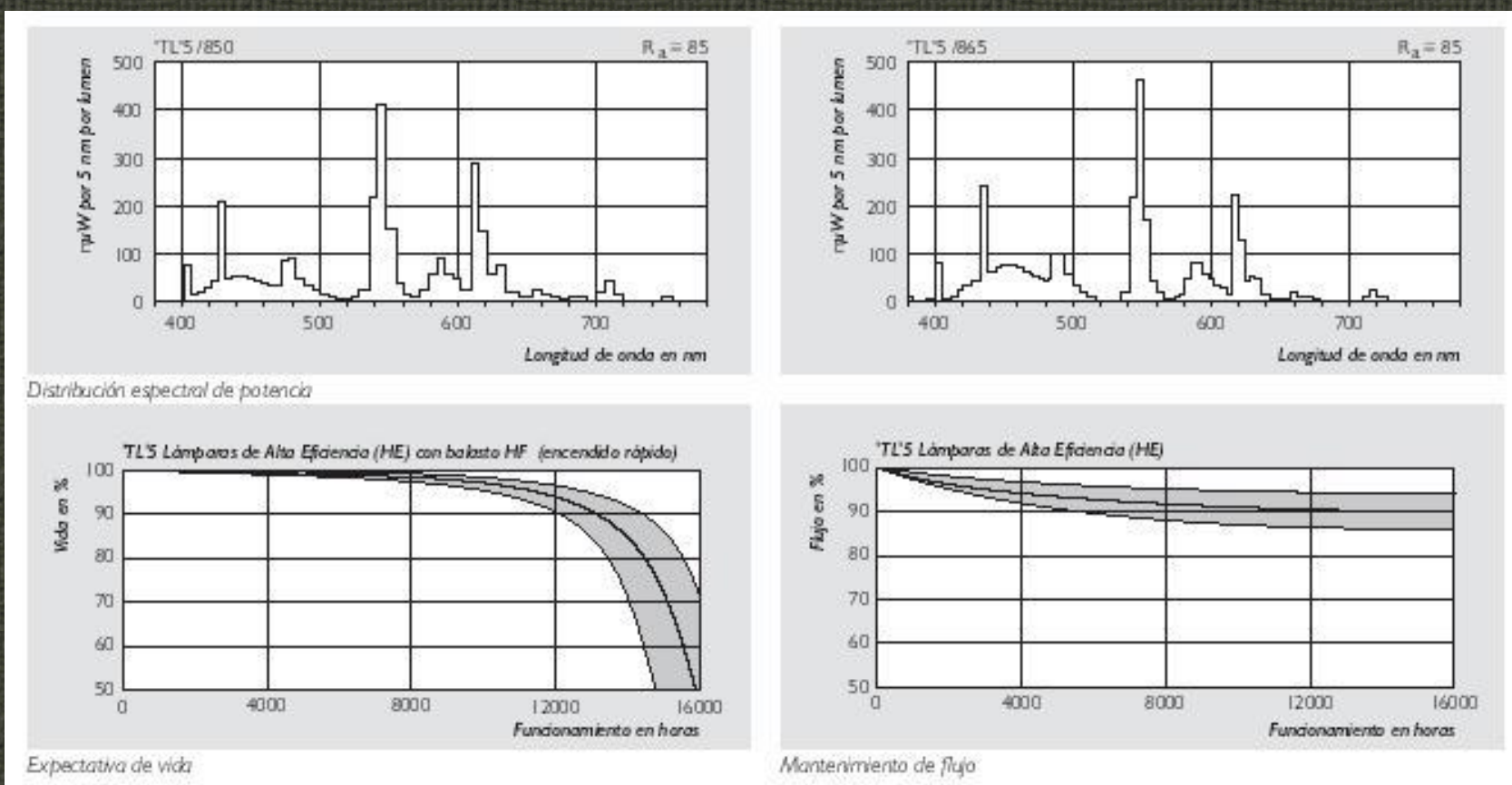


Figura – Distribuição espectral, variação relativa do fluxo luminoso e vida em função do tempo. Fonte: www.philips.com.ar.



Fonte Artificial, lâmpada fluorescente

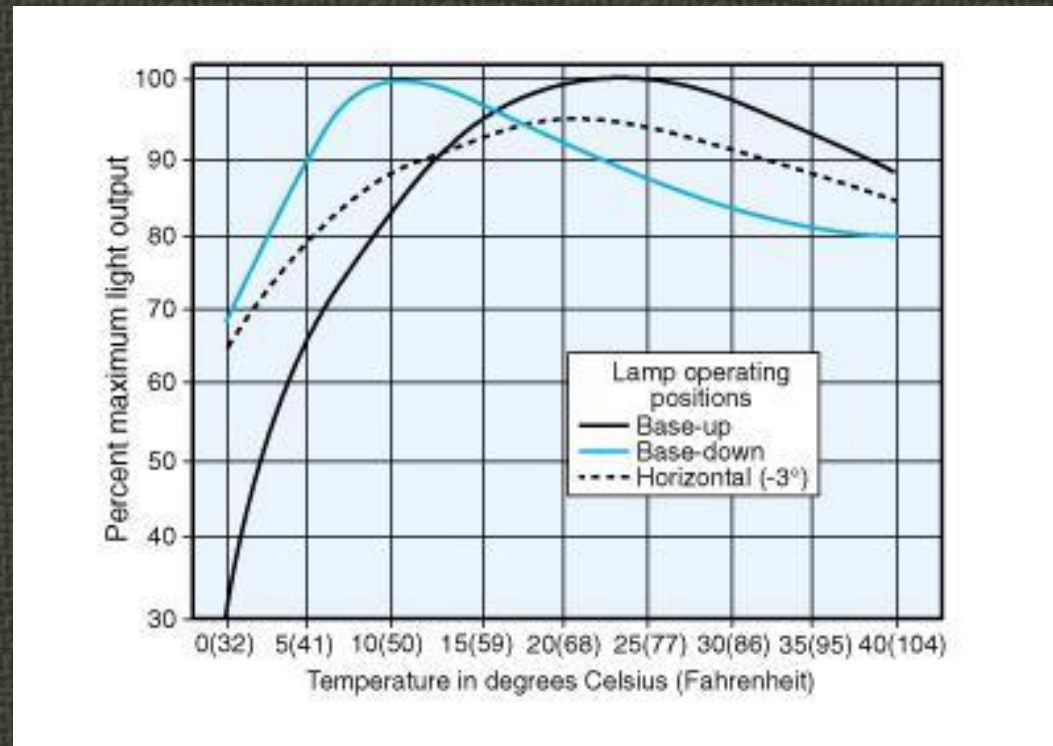


Figura – Variação relativa do fluxo luminoso em função da temperatura e posição de funcionamento da lâmpada fluorescente de base única (compacta). Fonte: IESNA, 2000.



Fonte de luz e seu espectro

descarga elétrica em gás e fluorescência.

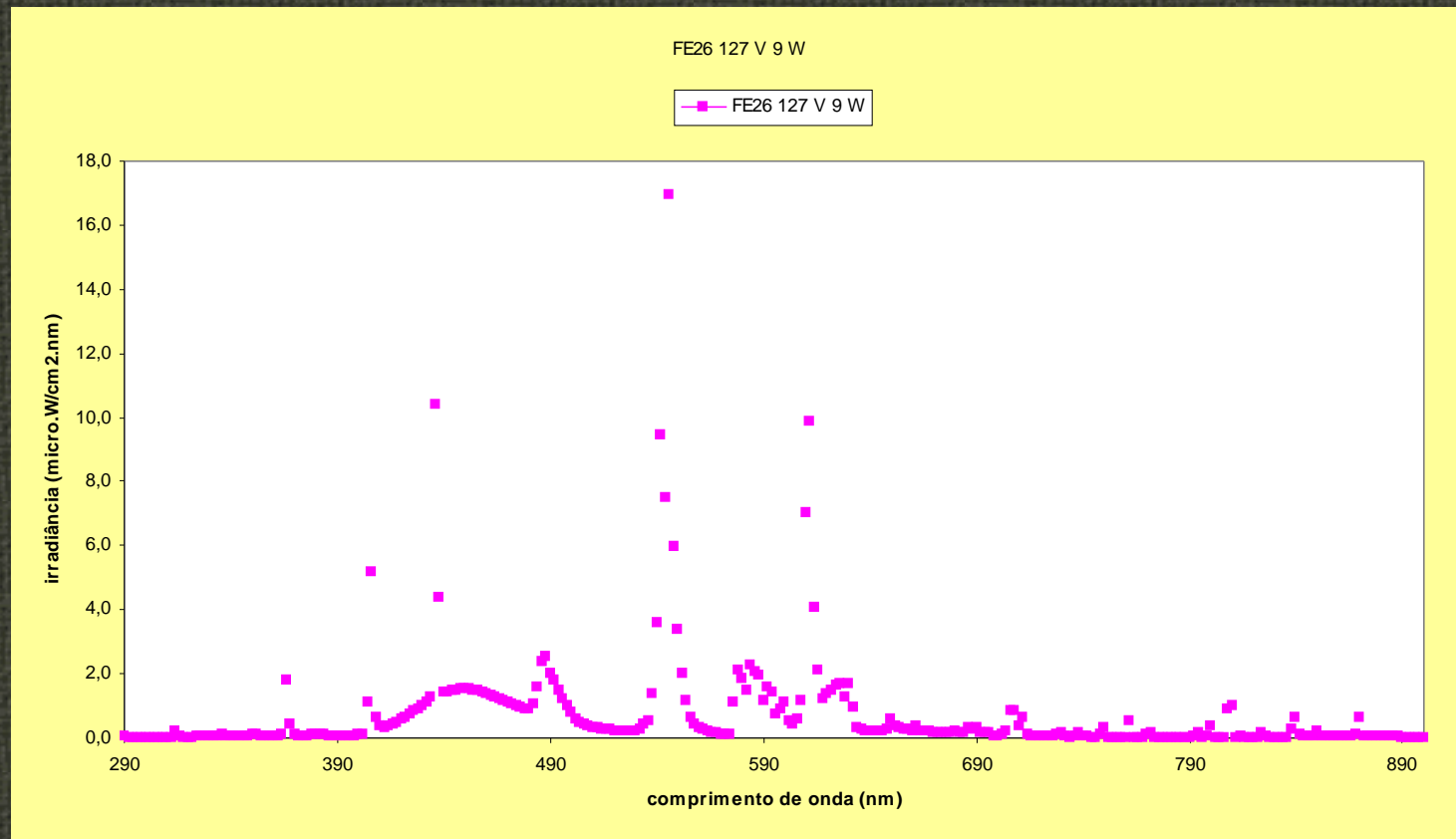


Figura – Irradiância espectral por fonte à descarga em gás (FBU).
Fonte: relatório # 894 657 (ensaio: set./2002).



Lâmpadas fluorescentes de base única – FBU.

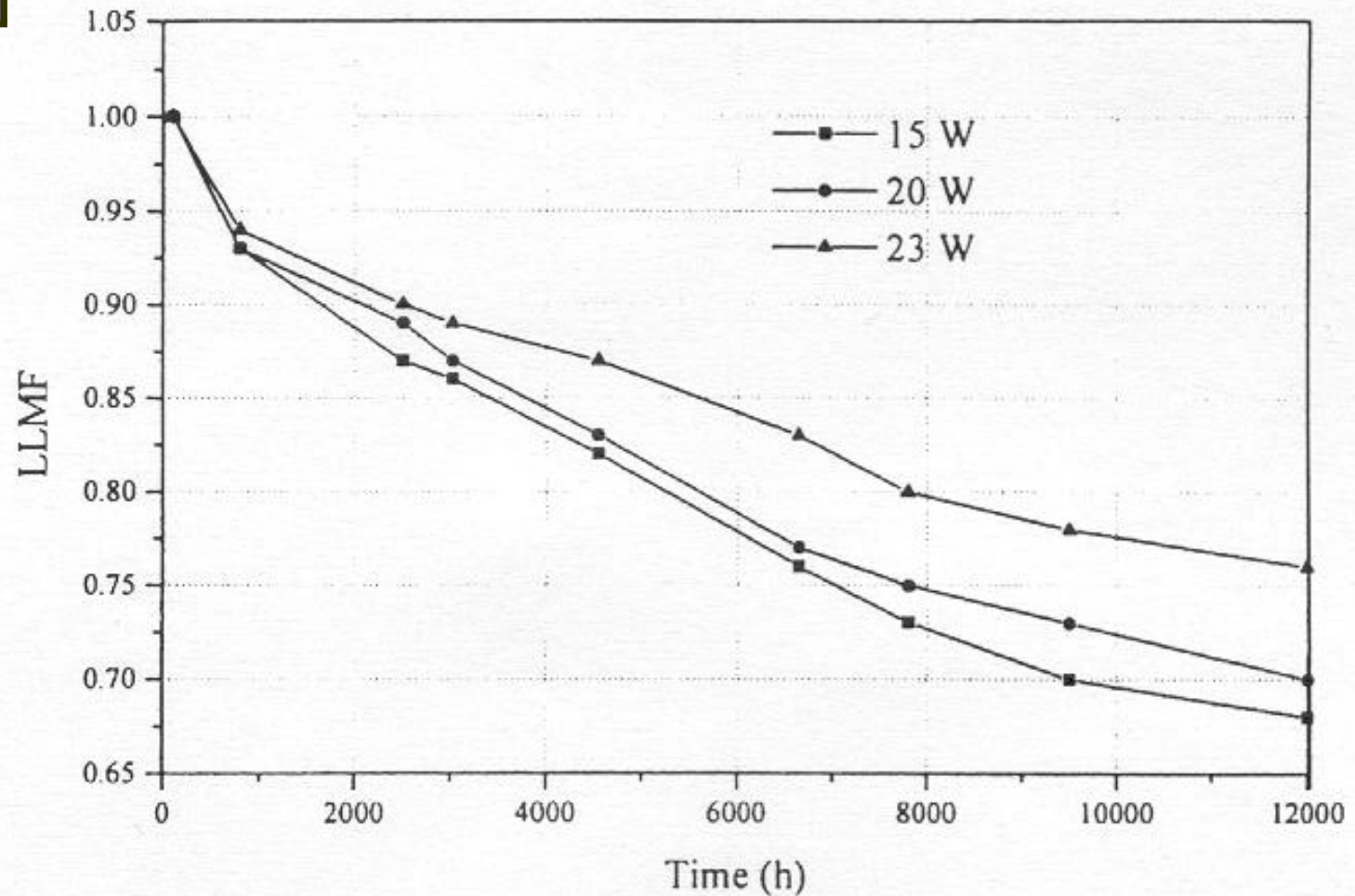
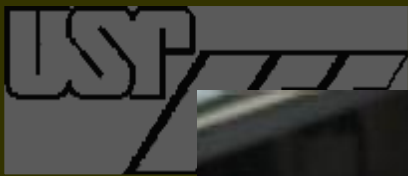


Figura – Depreciação do fluxo luminoso: FBU. Fonte: Topalis, F.V., 2002



Medição de iluminância em EMEI, SP.



ENE 5701-3, 06 maio 2003
Figura – Situação em 26/jun./2002



EMEI, SP.



Figura – Situação em 26/jun./2002

ENE 5701-3, 06 maio 2003



EMEI, SP.



ENE 5701-3, 06 maio 2003
Figura – Situação em 26/jun./2002



EMEI Carmem da Silva, SP, Capital.



ENE 5701-3 06, maio, 2003

67



Lâmpadas (a descarga em gases) para IP

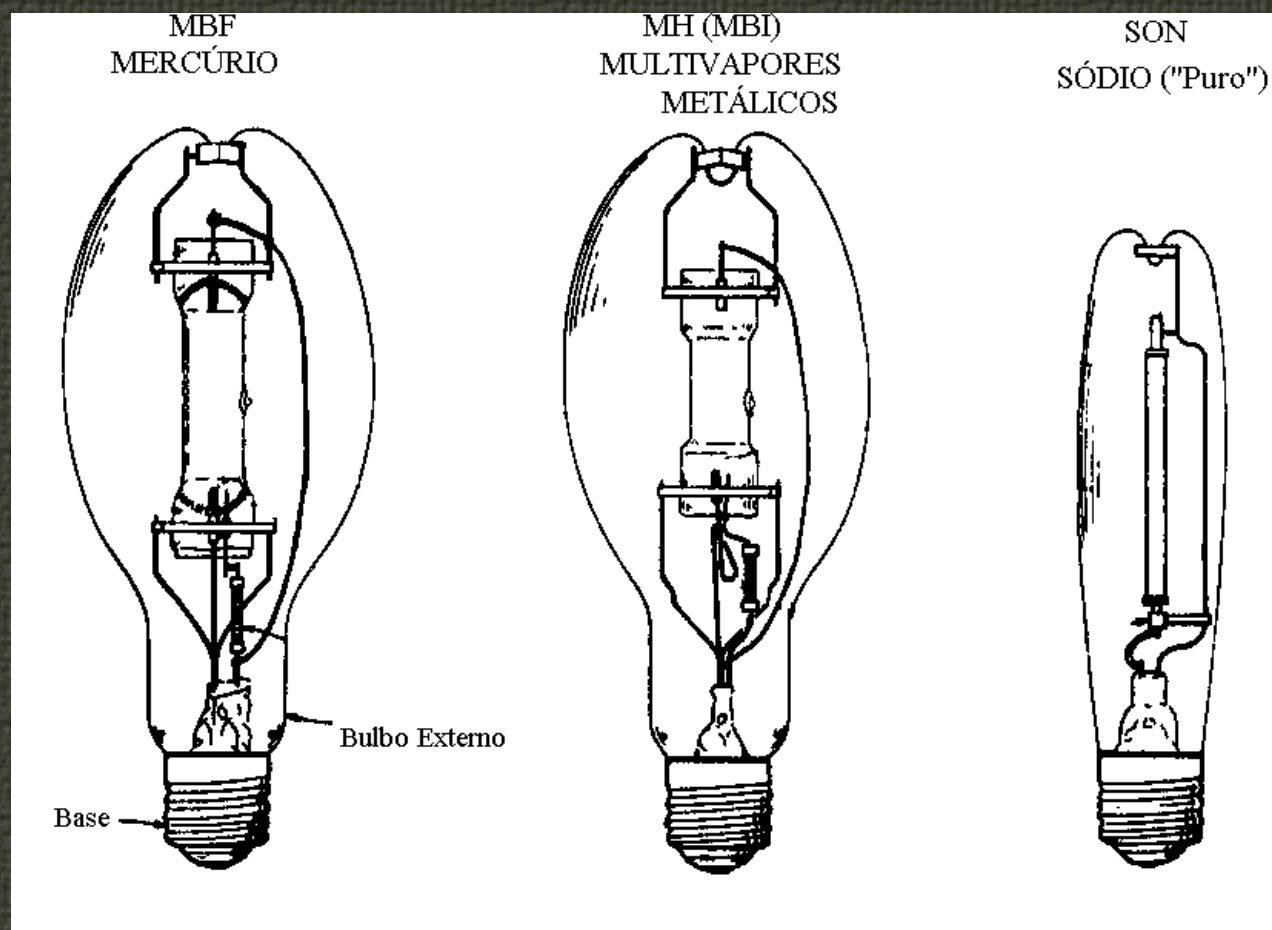


Figura — Lâmpadas a descarga em alta pressão (em inglês, HID).

ENE 5701-S 06, maio, 2005



Distribuições espectrais

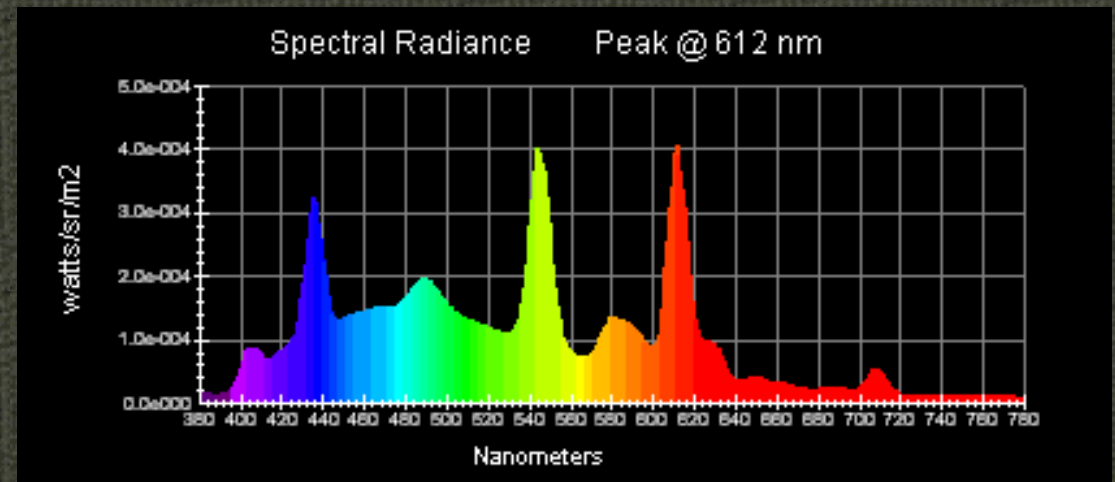
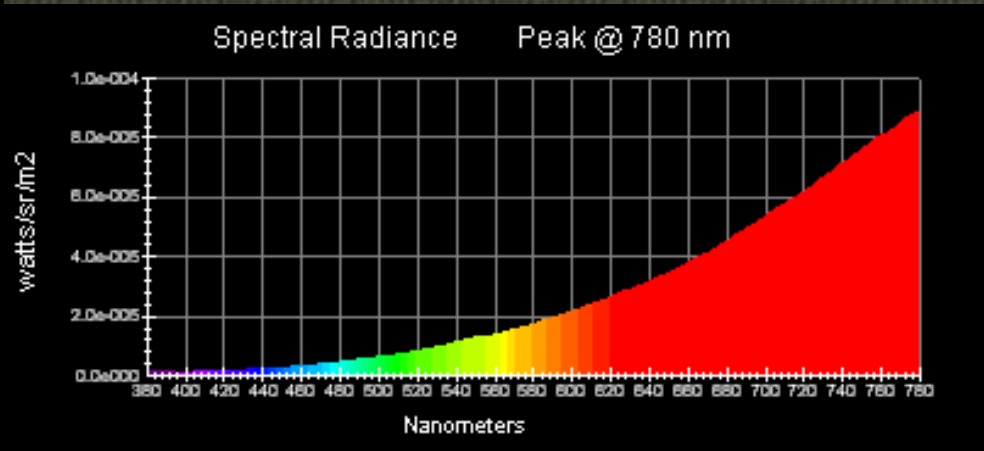


Figura – Diferentes distribuições, lâmpada incandescente; a descarga.



Lâmpadas MVM para IP

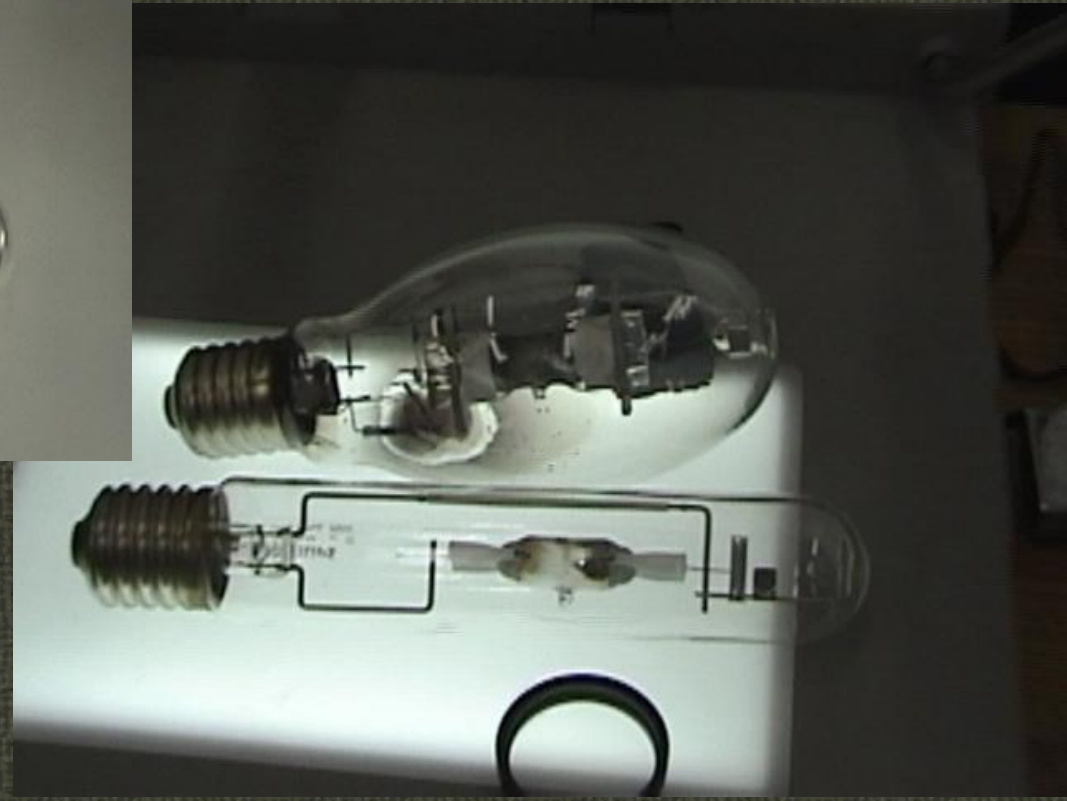


Figura — Lâmpadas a descarga em alta pressão (em inglês, HID).

ENE 5701-S 06, maio, 2005



Lâmpada MVM (a descarga em gases) para IP



Figura – Detalhe do “queimador” de um tipo de lâmpadas a descarga em alta pressão (em inglês, HID).

ENE 5701-S-06, Maio, 2003



Lâmpada MVM (a descarga em gases) para IP

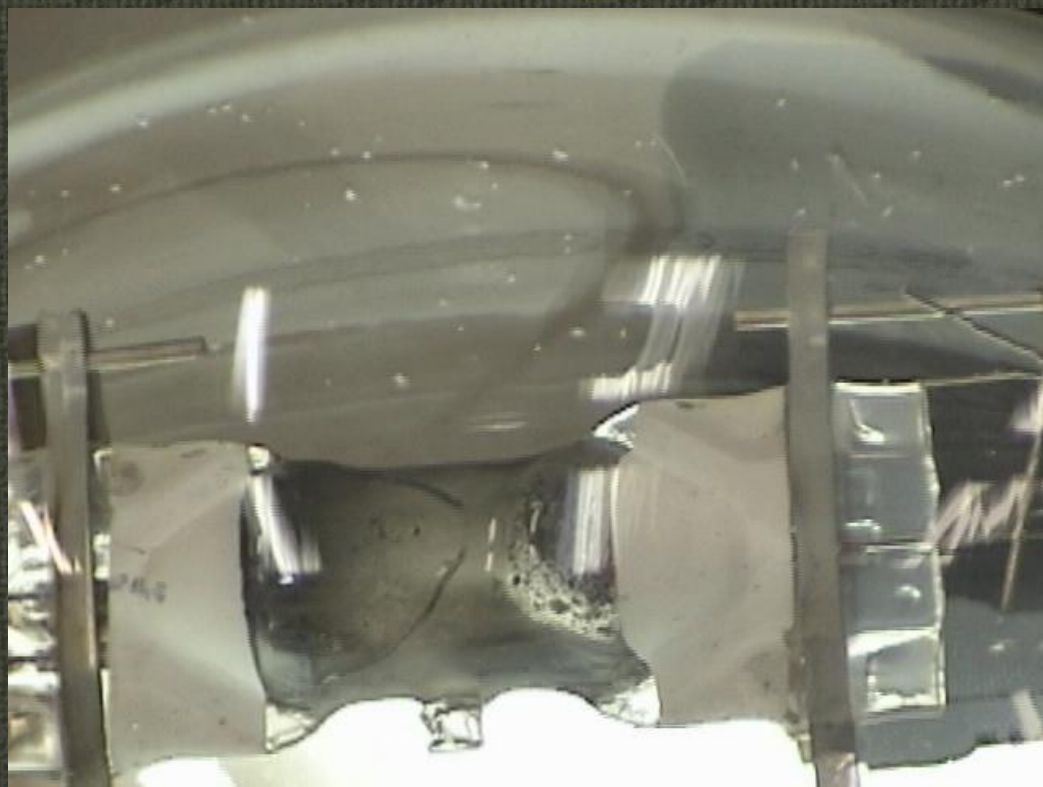


Figura – “Queimador trincado de um tipo de lâmpada MVM.”

FNE 57013-06, maio 2007



Lâmpadas a descarga em gases

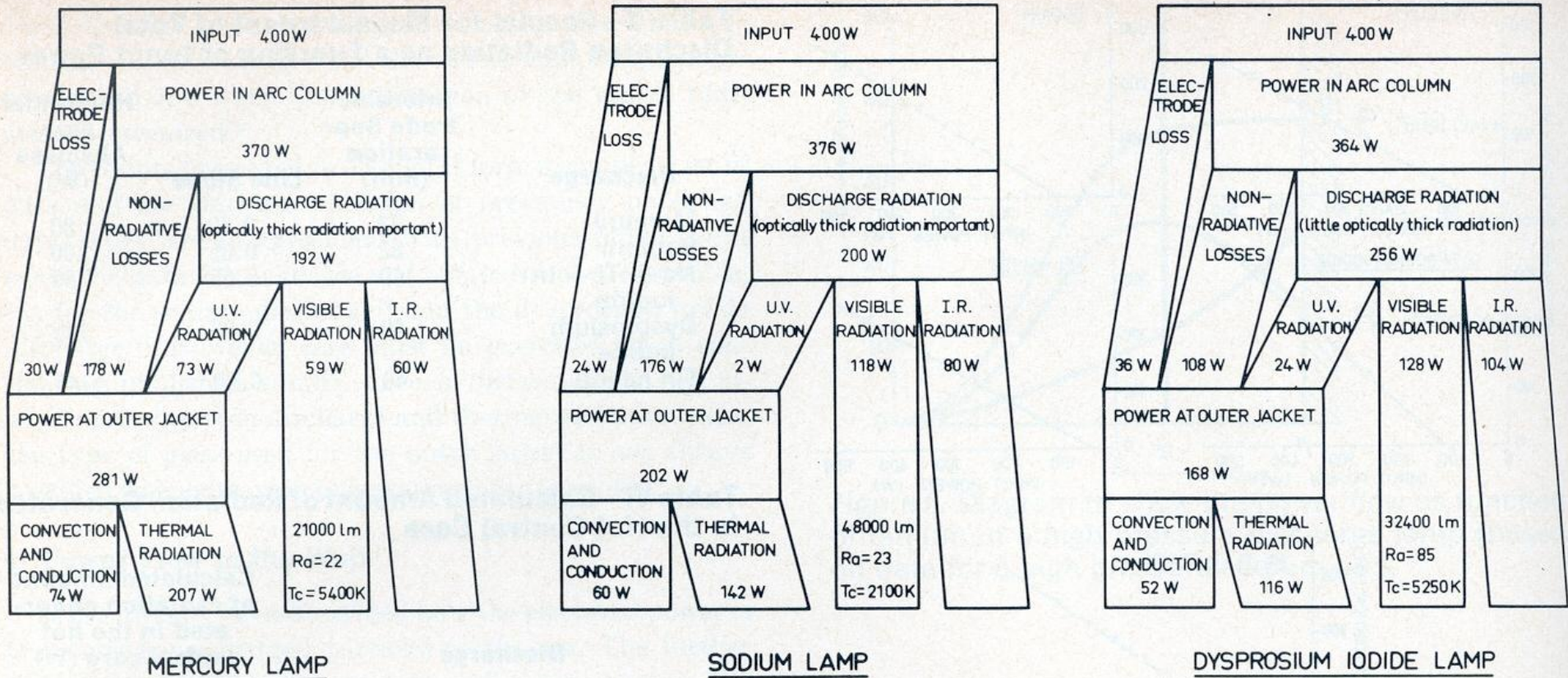


Figura – A partição da potência elétrica absorvida da rede em cada um dos 3 tipos de lâmpadas a descarga em alta pressão.

ENE 5701-3_06 maio, 2003



Fontes Artificiais, LÂMPADAS a descarga em gases

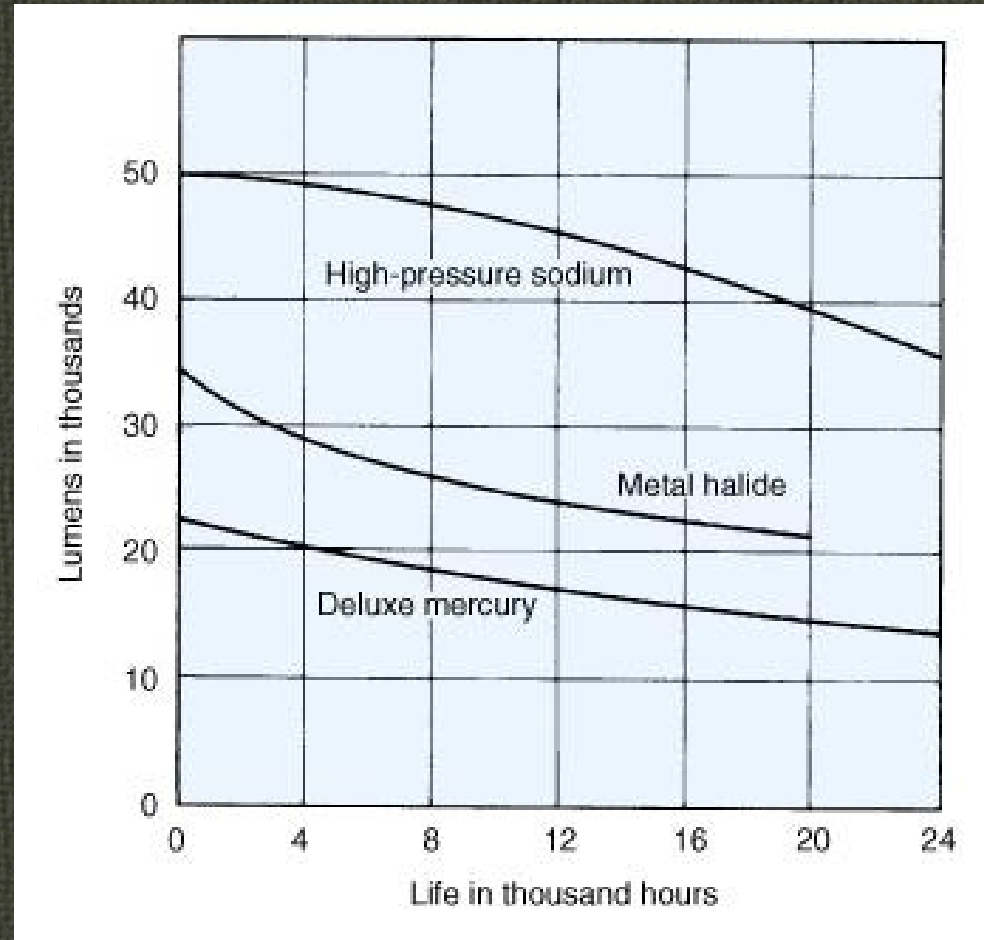


Figura – Lâmpada HID e sua depreciação. Ref.: [30].

ENE 5701-3 06, maio, 2003



Fontes Artificiais, Outra tecnologia emergente: enxofre

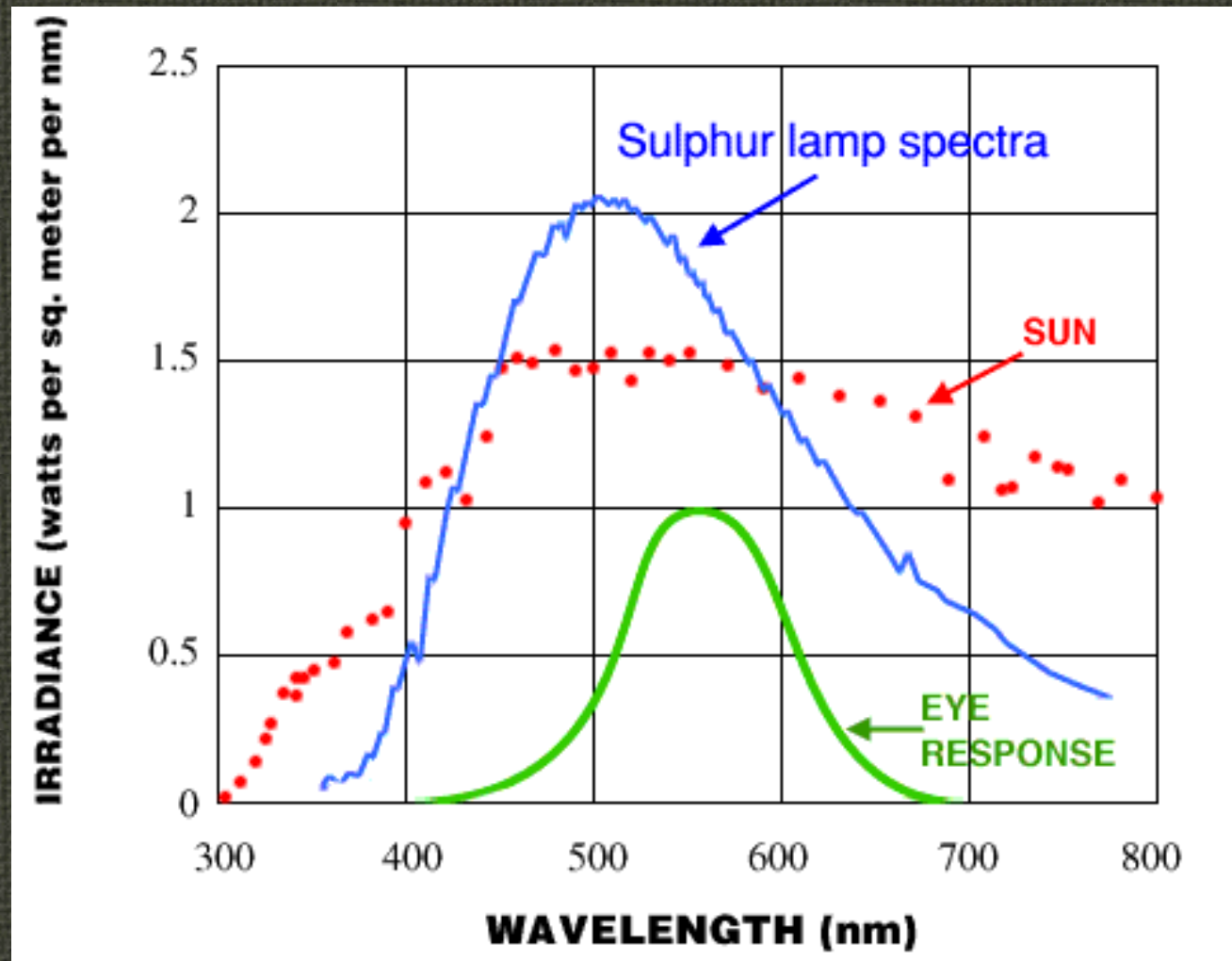
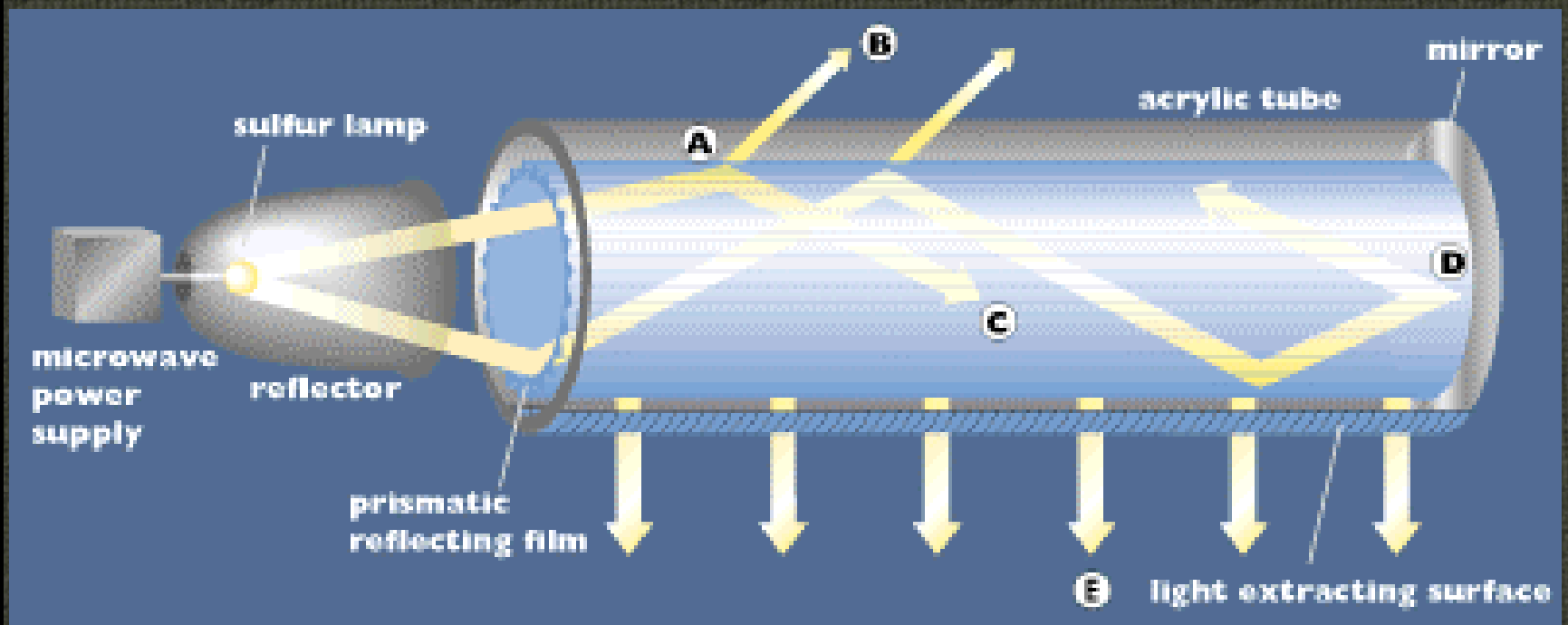


Figura – Irradiância espectral de: lâmpada com enxofre, solar e sensibilidade fotópica do olho humano. Fonte: www.3M.com.

Luminárias: Dos fenestrais para luz natural ao “duto de luz”

Fonte: [www, out./2001](http://www.out./2001).





“Instalações com Duto de Luz”



NE 5701-3 06, n



Reatores para lâmpadas elétricas: iluminação artificial



REATORES para Lâmpadas a descarga em gases

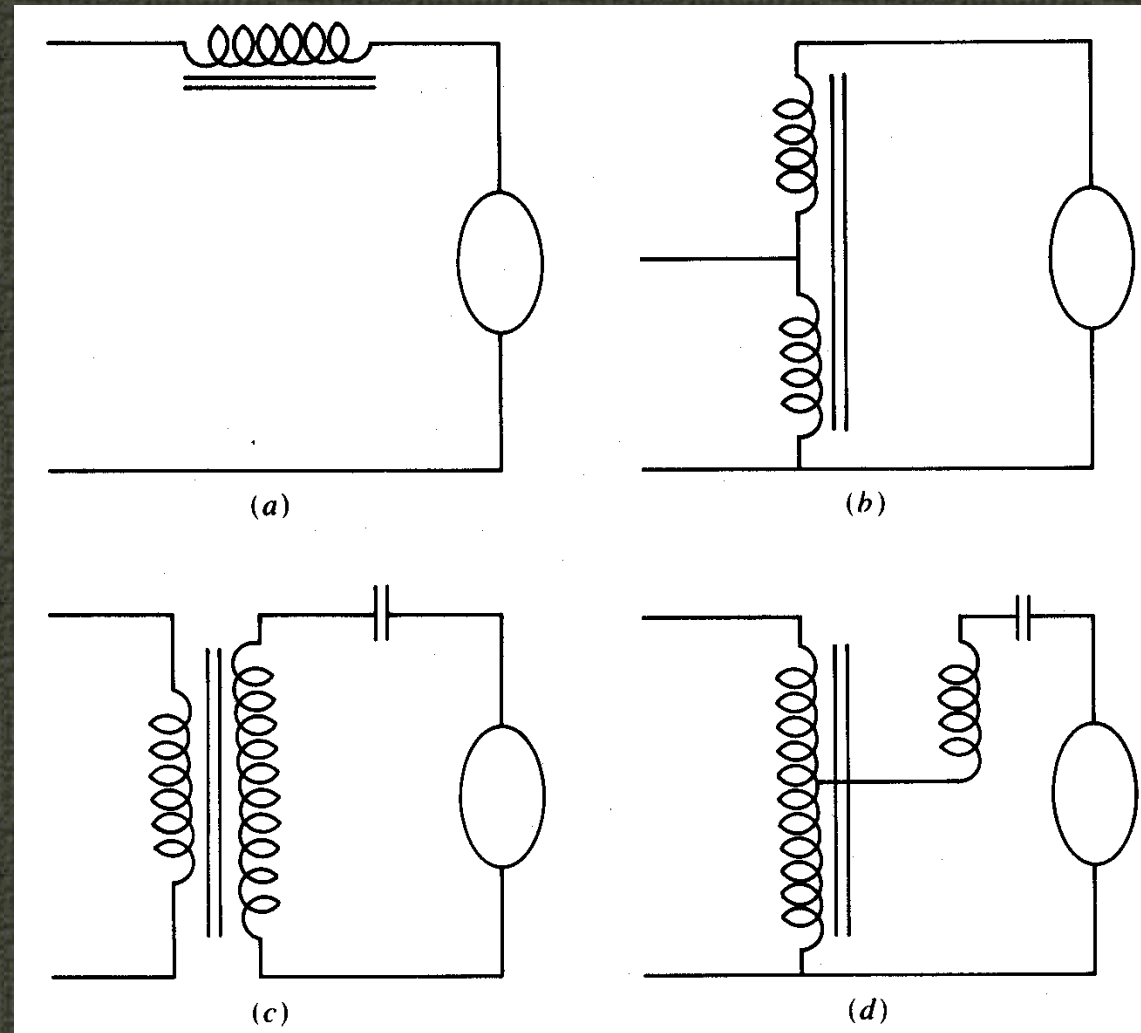


Figura – Diferentes circuitos utilizados para lastro da corrente elétrica de arco em lâmpadas HID. Apenas o circuito (a) é comum no Brasil. Fonte: FNE 5701-2, Of. maio 2003. ⁷⁹ Murdoch, 1994.



REATORES para Lâmpadas a descarga em gases

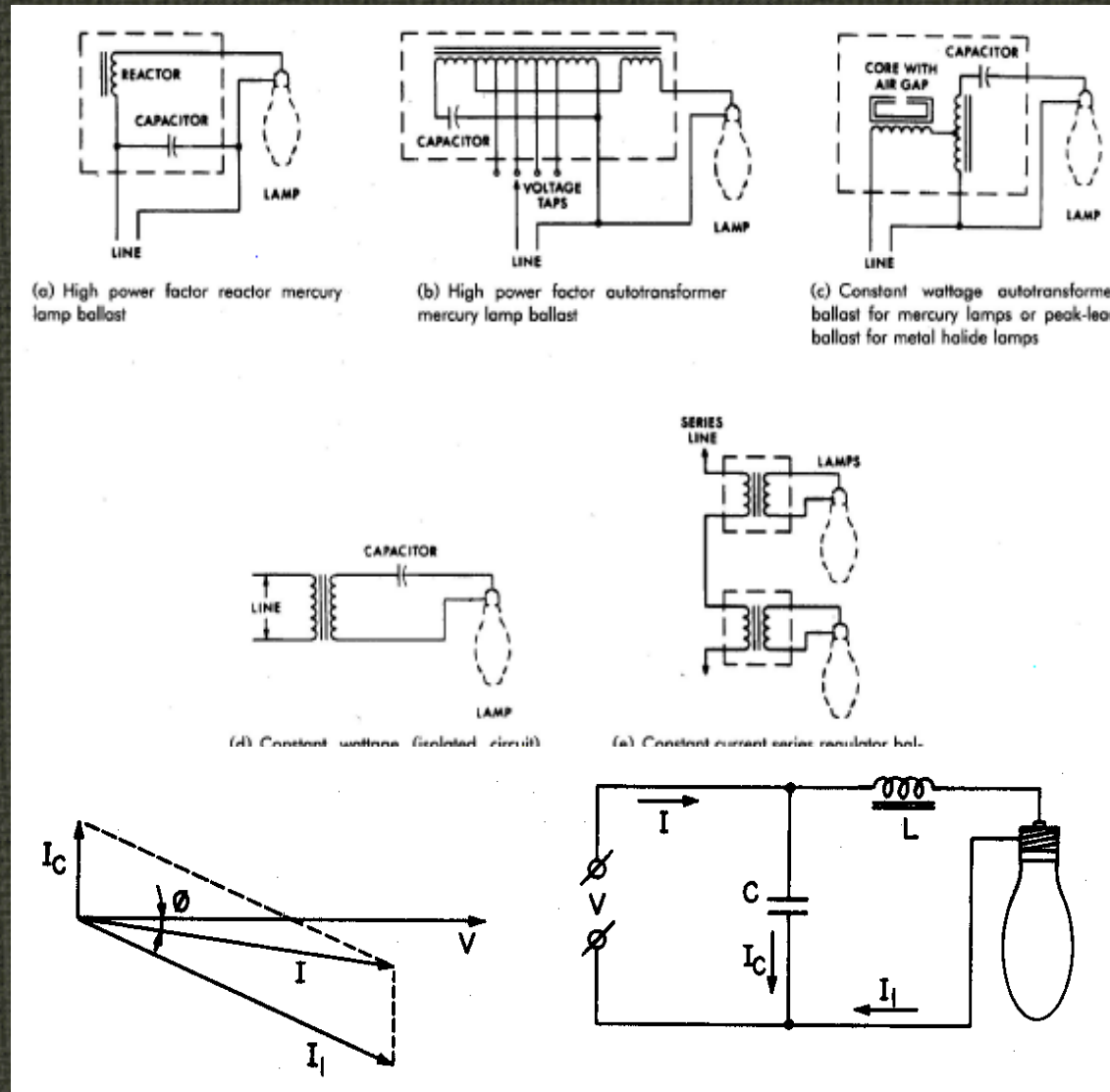


Figura – Circuitos para lâmpadas HID. Ref.: [30].



REATORES para Lâmpadas fluorescentes: Eletromagnético.

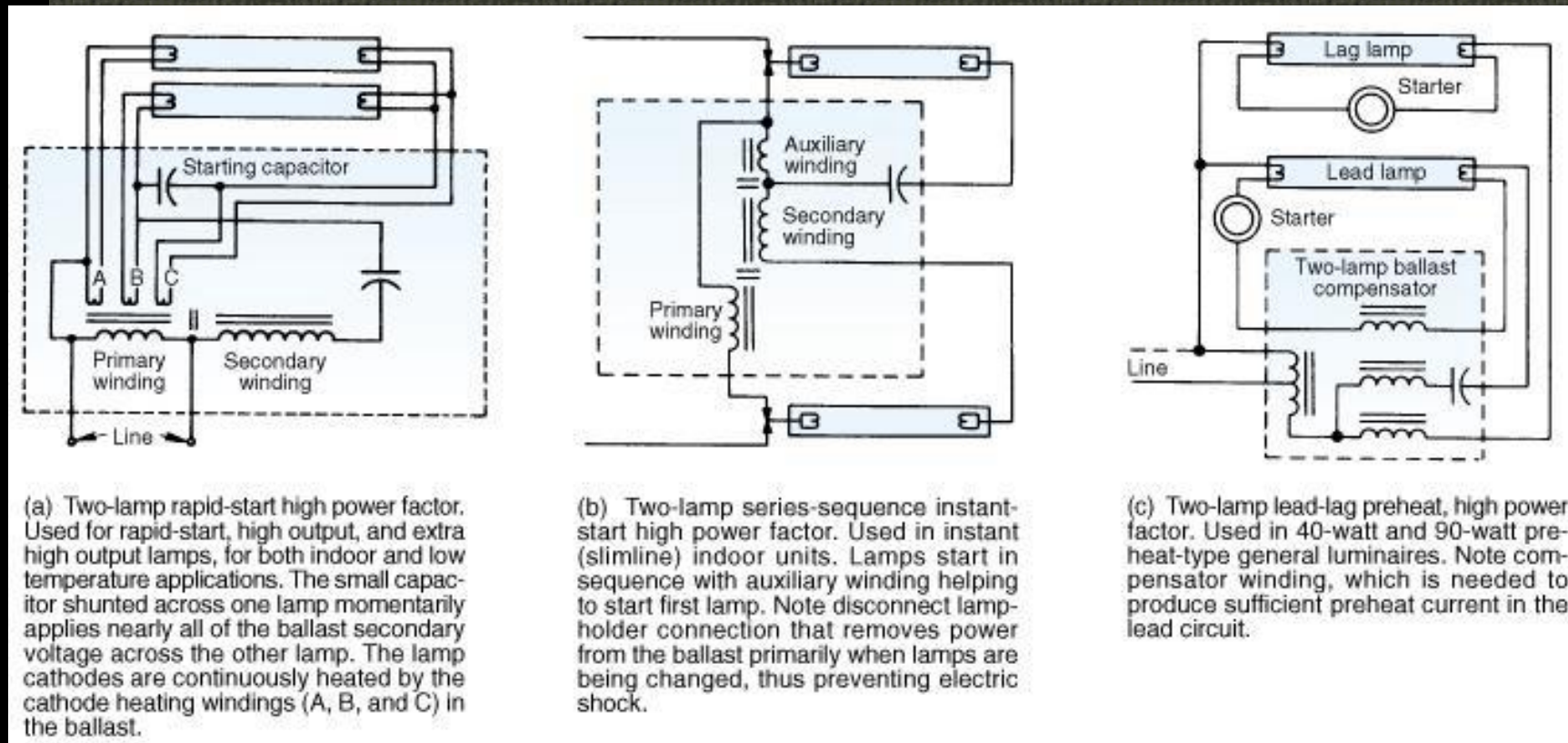


Figura - Circuitos típicos utilizados nos reatores eletromagnéticos para lâmpadas fluorescentes. Fonte: IESNA, 2000.

ENE 5701-5 06, maio, 2005



REATORES para Lâmpadas fluorescentes tubu e base única (compactas): Eletrônicos

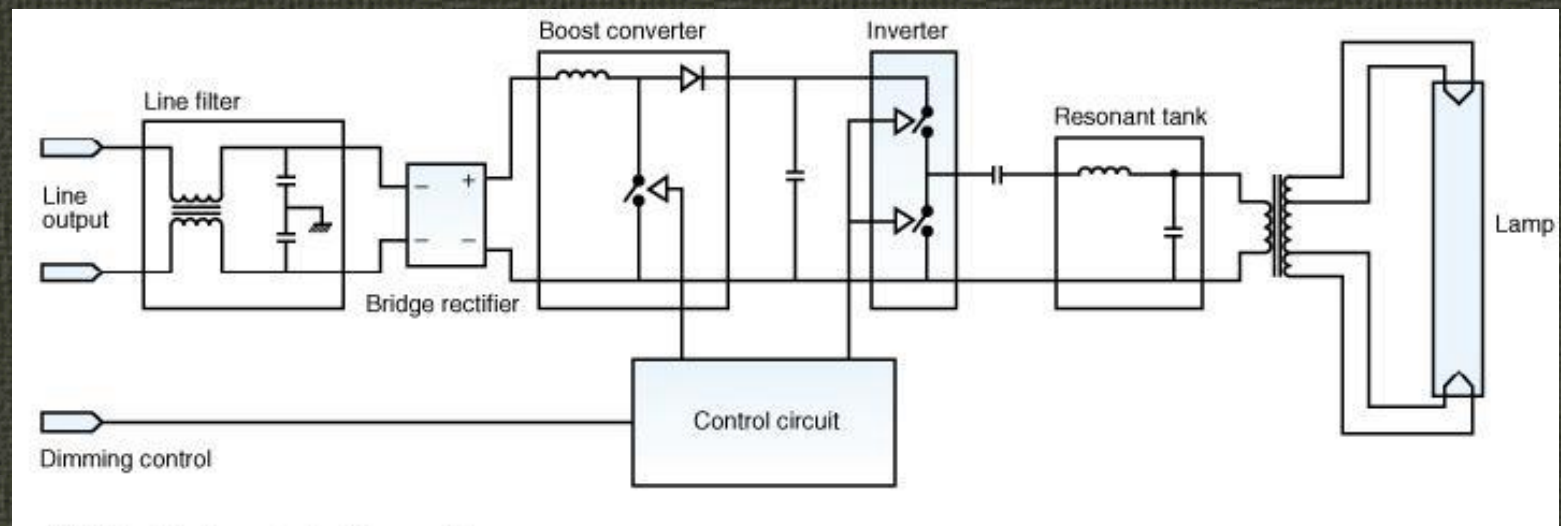


Figura - Estágios de circuitos típicos (energia e sinal, distintos) utilizados nos chamados reatores eletrônicos para lâmpadas fluorescentes. Fonte: IESNA, 2000.

ENE 5701-3 06, maio, 2005



Reatores eletrônicos para Lâmpadas fluorescentes

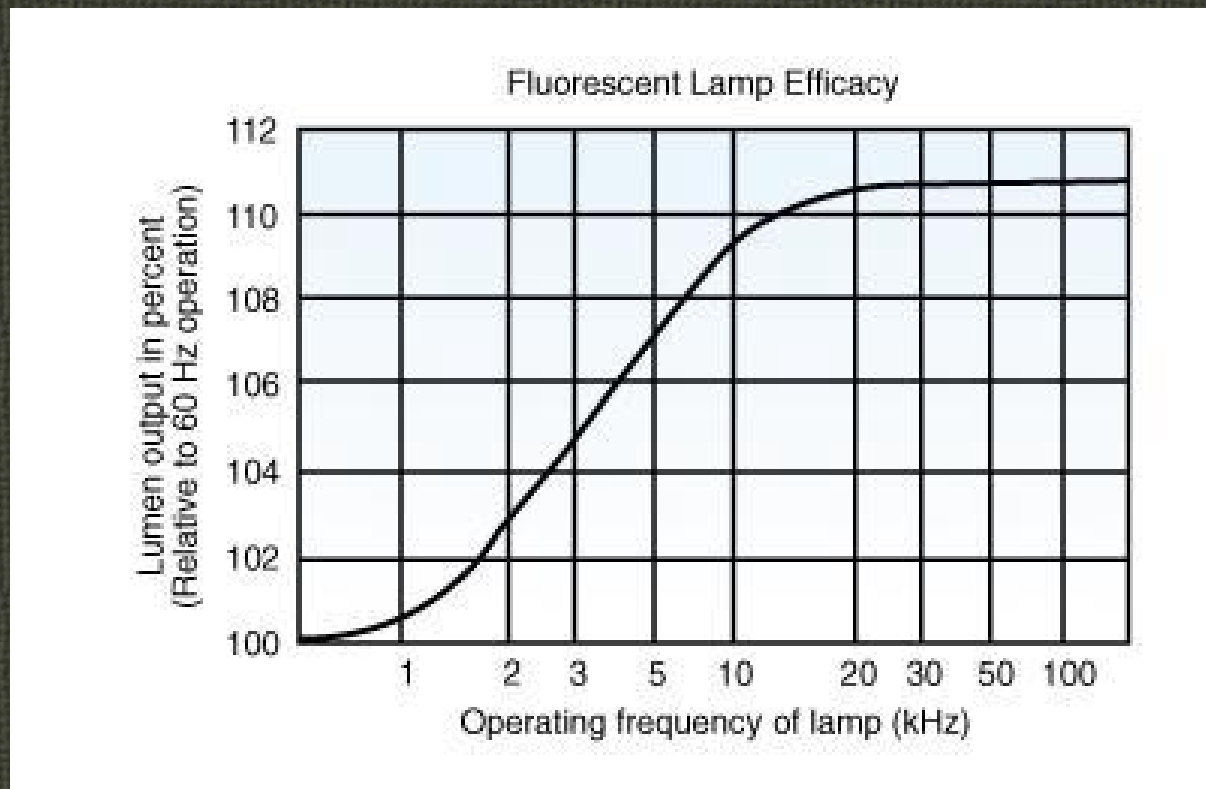


Figura - Variação relativa (à 60 Hz) do fluxo luminoso em função da frequência da corrente elétrica da lâmpada. Fonte: IESNA, 2000.

ENE 5701-3 - 06, maio, 2003



Sistemas para iluminação artificial

	Incandescent		Fluorescent		HID	
	100W 120V	230V ^b	40W	SL-18	MH(400W)	HPS(400W)
Visible light (%)	10	5	20	17.2	21	30
Ultraviolet (%)	–	–	–	–	3	–
Infrared (IR) (%)	72	83	33	28.9	32	35
Non-radiated IR (%)	18	12	30	41.7	31	20
Ballast losses (%)	–	–	17	12.2	13	15
Luminous efficacy (initial lamp lumens/watt)	17.5	13.8	78.7	61.1	100	125

- a Adapted from IEEE Std. 739–1984 (Reference 5), Table 25. The SL-18 is an electronically-ballasted self-contained screw-base fluorescent lamp designed to replace a general service incandescent lamp of 60 or 75 watts. Data are from Dorleijn, J.W.E. and Jack, A.G., *Power Balances for Some Fluorescent Lamps*. Journal of the IES, 15, Fall, 1985, pp. 75–84.
- b 115–125 volts is the standard socket voltage in North America while 220–240 volts is normal in Europe. Within regions, however, considerable variance may be found and in some cases incandescent lamps may be specially designed and distributed for local power distribution systems.



REATORES para Lâmpadas fluorescentes tubulares

	Input Power (watts)	Ballast Factor	Efficacy (lumens/watt)	Power Factor	Current THD
Ballast for 2-F32T8 fluorescent lamps					
Energy-efficient magnetic	70	0.94	78	≥ 0.9	≤ 20%
Hybrid	61	0.86	82	≥ 0.9	≤ 20%
Electronic	62	0.88	82	≥ 0.9	≤ 20%
Electronic, reduced light output	51	0.71	81	≥ 0.9	≤ 20%
Instant-start electronic*	63	0.95	87	≥ 0.9	≤ 20%
Ballast for 2-F34T12 fluorescent lamps					
Energy-efficient magnetic	72	0.87	68	≥ 0.9	≤ 20%
Hybrid	66	0.88	75	≥ 0.9	≤ 20%
Hybrid, reduced light output	58	0.81	78	≥ 0.9	≤ 20%
Electronic	62	0.88	79	≥ 0.9	≤ 20%
Electronic, reduced light output	52	0.73	79	≥ 0.9	≤ 20%

* Instant-start ballasts can cause 25% reduction in lamp life compared to rapid-start ballasts when operated at 3-hour-per-start cycling testing.

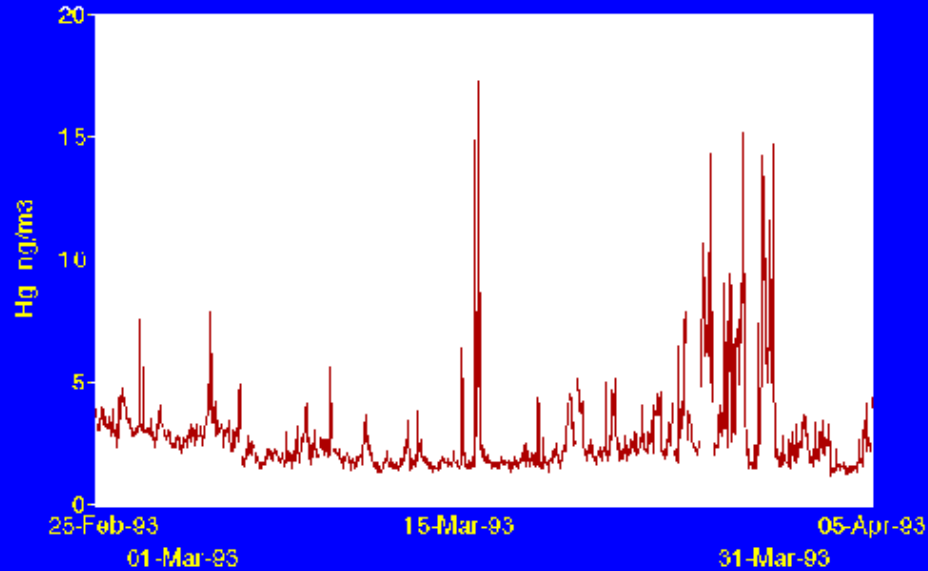
Figura - Parâmetros conforme circuitos de lastro utilizados nos reatores para lâmpadas fluorescentes, permite comparação entre sistemas 32WT8 e 34WT12. Fonte: IESNA, 2000.

ENE 5701-3 06, maio, 2005

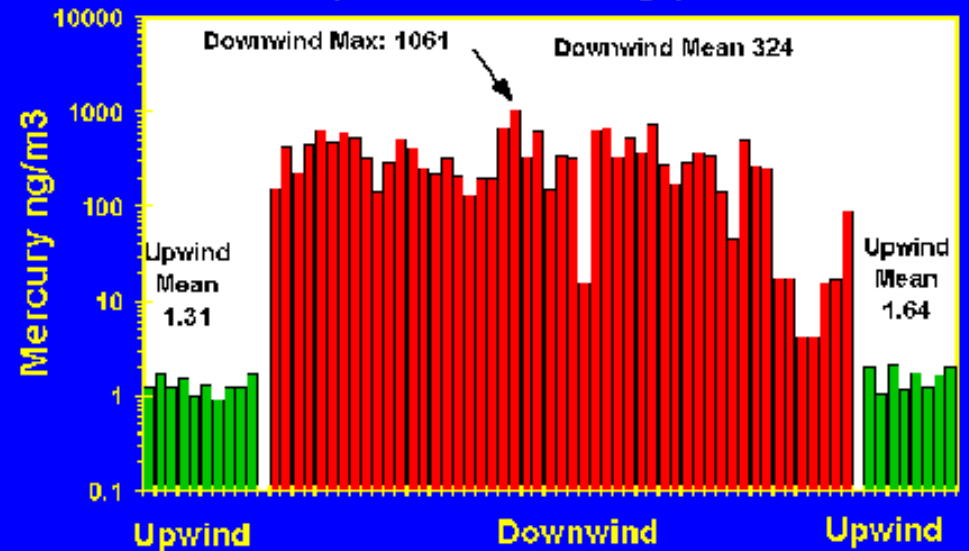


Registros sobre emissões de Hg no Canadá.

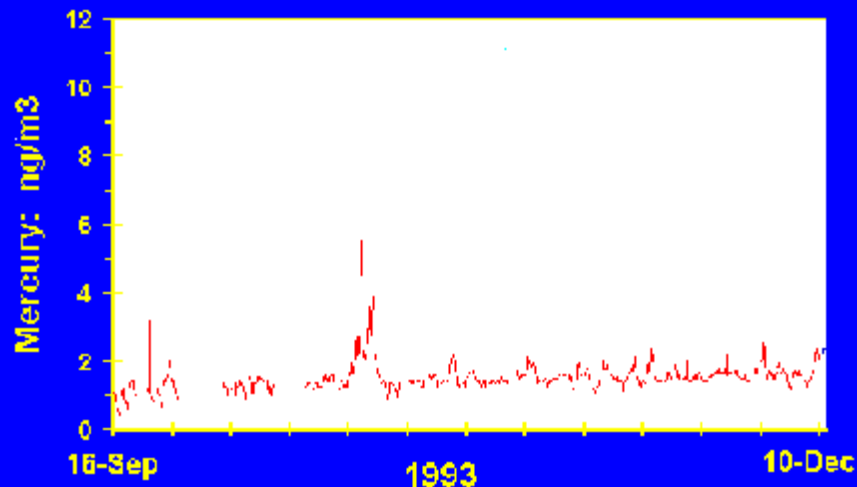
Urban Measurement Toronto, Ontario



Fluorescent Lamp Manufacturer (Five Minute Readings)



Background Measurements Dorset Ontario





LUMINÁRIAS

ENE 5701-3 06, maio, 2003

87

LUMINÁRIAS: configurações típicas

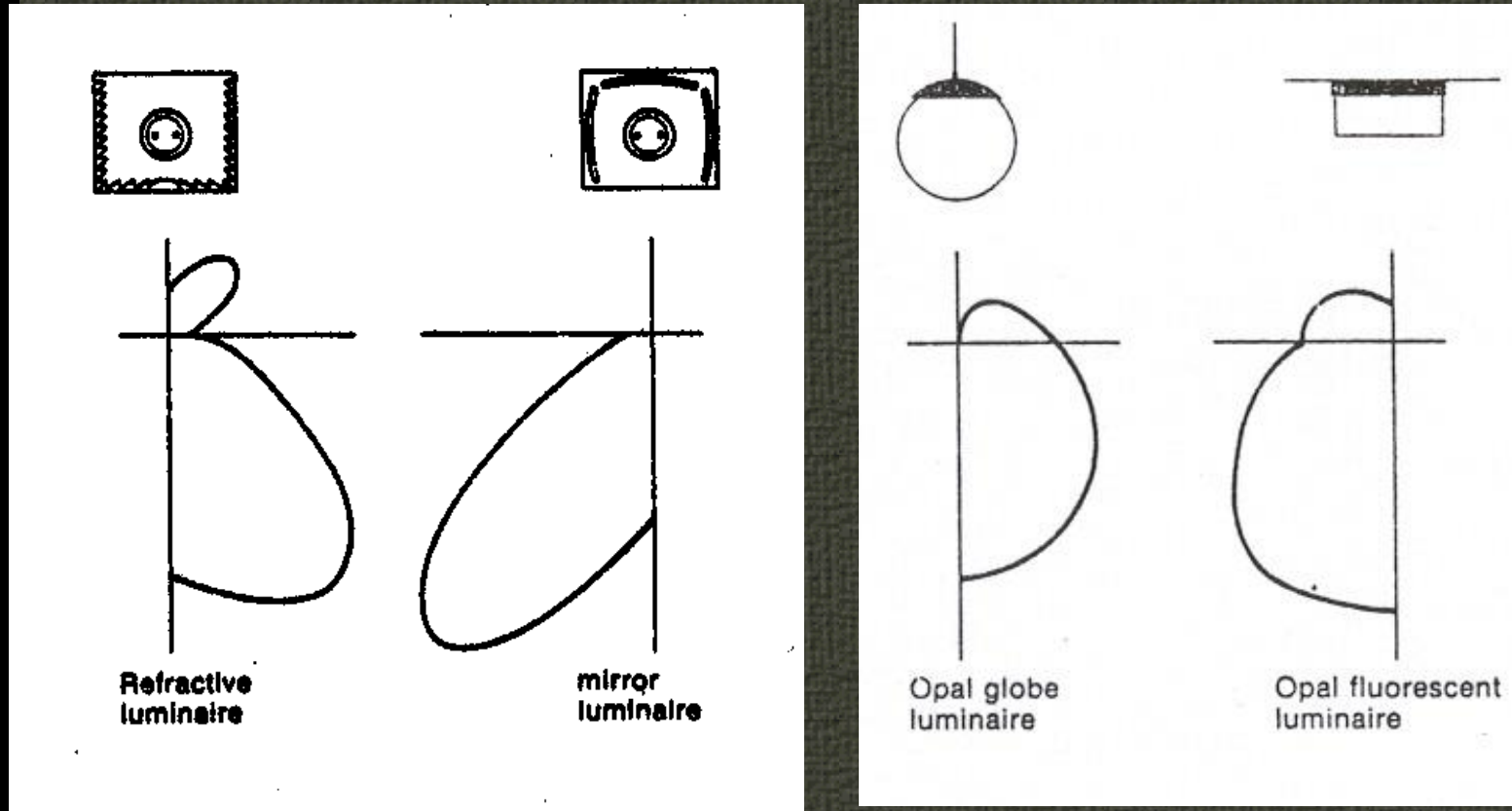


Figura - Distribuição de intensidades luminosas relacionada ao tipo de equipamento utilizado. Fonte: CIE 29.2, 1986.

LUMINÁRIAS



Figura – Sistema 40WT12, sem refletor e teto com pintura branca. Foto no IEE/USP, “prédio da administração”.

ENE 5701-3, 06 maio 2003
 Fonte: Foto do Autor.

LUMINÁRIA



Figura – Sistema (4x)32WT8 e refletor com pintura branca (placa difusora, em plástico, removida), em detalhe o porta lâmpadas tipo com rotor de segurança. Foto no IEE/USP, “lab. (antigo) de geladeiras”. Fonte: Foto do Autor.

LUMINÁRIA “rebaixada”



Figura – Sistema 32WT8 e refletor com pintura branca. IEE/USP, “prédio de materiais”. Fonte: Foto do Autor.



LUMINÁRIA “especular”



Figura – Sistema 32WT8 e refletor em vidro com espelho (posterior). Foto no IEE/USP, “Tab. 3 de instalações”. Fonte: Foto do Autor.⁸²



LUMINÁRIA (muito pouco eficiente)



Figura – Sistema (4x)40WT12, sem refletor. Foto de agência bancária, em SP, setor caixa automático. Fonte: Foto do Autor.

LUMINÁRIAS



Figura – Sistema 32WT8, refletor especular. Foto de agência bancária, em SP, setor caixa automático. Fonte: Foto do Autor.



LUMINÁRIA



Figura – Sistema 32WT8, refletor (e aletas) especular. Foto de agência bancária, em SP, setor caixa automático. Fonte: Foto do Autor.⁹⁵

LUMINÁRIA

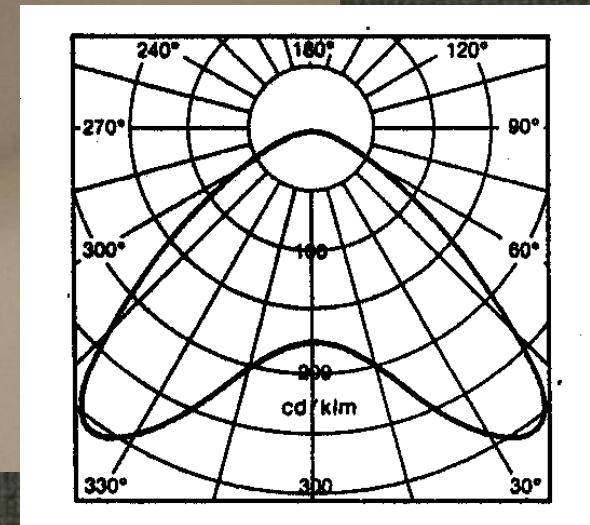
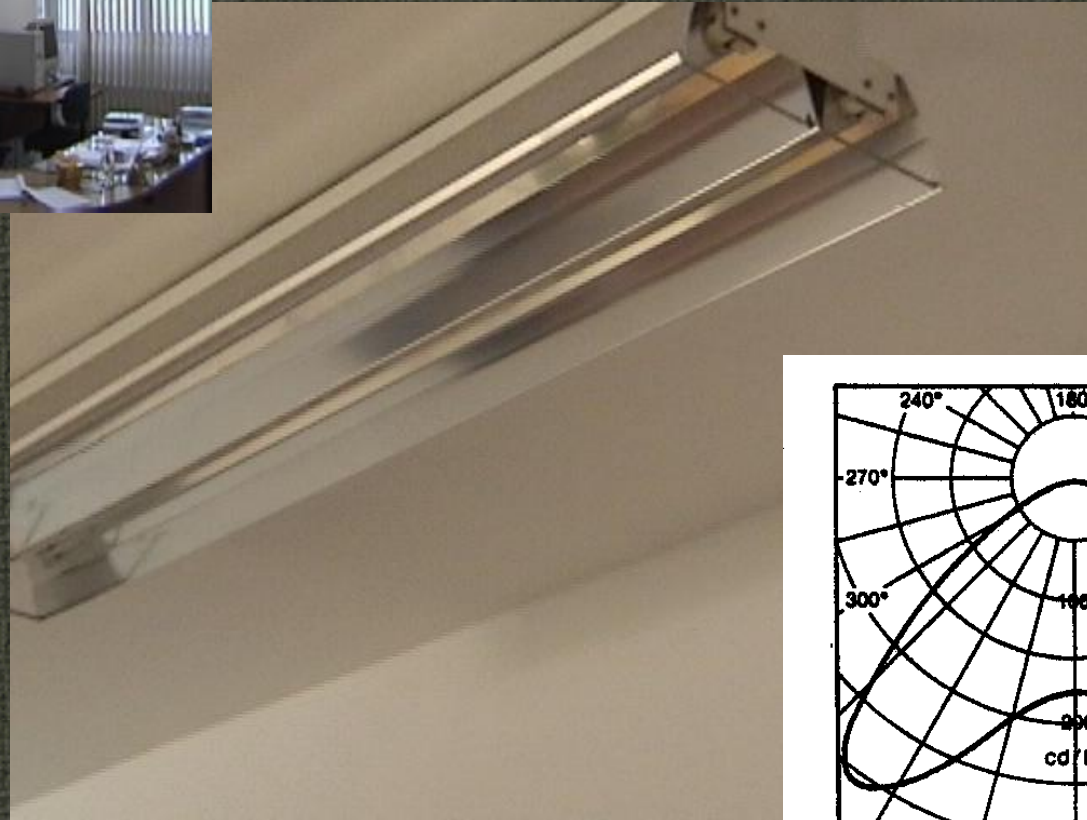


Figura – Refletor em alumínio polido e anodizado, no IEE/USP. À esquerda, distribuição de luminâncias na parede.

FNE 5761-3 06 maio 2003
Fonte: Foto do Autor.

LUMINÁRIA: SITUAÇÃO COM ASSIMÉTRIA

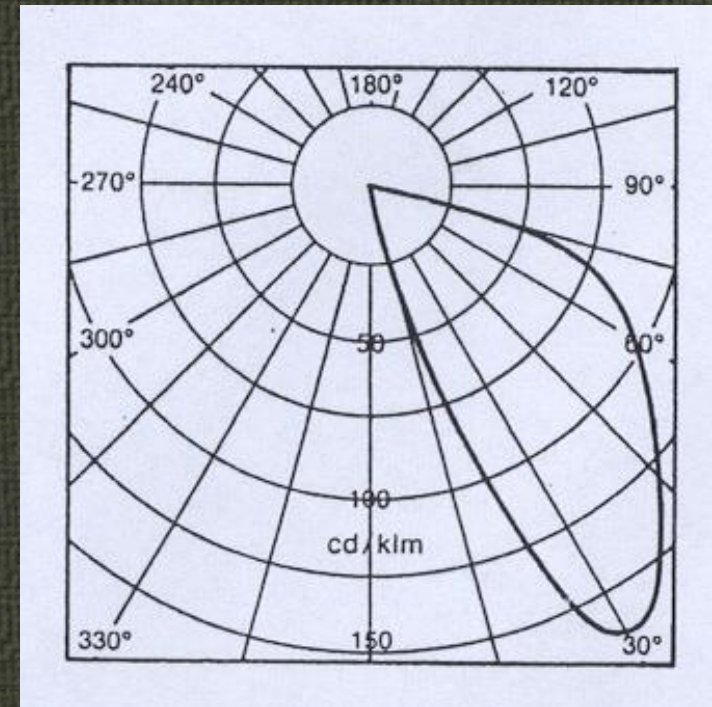


Figura – Foto no IEE/USP. À direita, forma da distribuição de intensidades luminosas resultante. Fonte: Foto do Autor.



LUMINÁRIA: Característica de Materiais

Type	Alloy	Federal Specification Number	Average Coefficient of Thermal Expansion*	Specific Gravity**	Thermal Conductivity at 25°C (CGS units)	Reflectance (percent)
Specular, processed sheet	#12 Reflector sheet	($\mu\text{cm/cm}$)	23.6	2.71	0.53	80-95
Diffuse, processed sheet	#31 Reflector sheet		23.6	2.71	0.53	75-80
Mill finish sheet	#1100-H14	QQ-A-561c	23.6	2.71	0.53	70
Extruded	#6061-T4	QQ-A-270a	23.4	2.7	0.37	
Extruded	#6063-T4	QQ-A-274	23.4	2.7	0.46	
Extruded	#6463-T4		23.4	2.7	0.52	
Cast, sand, or permanent	#43-F	QQ-A-371c	22.1	2.69	0.34	
Cast, sand, or permanent	#214-F	QQ-A-371c	22.3	2.89	0.29	
Cast, sand (heat treat)	#220-T4	QQ-A-371c	24.7	2.57	0.29	
Cast, die	#360	QQ-A-591a-2	20.9	2.64	0.27	
Cast, die	#380	QQ-A-591a-2	20.9	2.72	0.23	

* °C, 20 to 100°C.

** Also weight in g/cm^3 .

Figura – Alumínios provenientes de diferentes processos de fabricação. Fonte: IESNA, 2000.



LUMINÁRIA: Característica de Materiais

Aluminum Purity	Designation	Reflectance, specular sheet with 0.2 mil anodic coating	Reflectance, diffuse sheet with 0.2 mil anodic coating
99.99%	Lurium	0.90	0.85
99.90%	3002	0.82	0.78
99.80%	1100 or 5005	0.76	0.72
		0.73 with 0.4 mil coating	0.70 with 0.4 mil coating
99.70%	3003	0.68	0.65

Figura – Alumínio (com pureza elevada, ver designação) para um melhor direcionamento do fluxo luminoso. Fonte: IESNA, 2000.



LUMINÁRIA

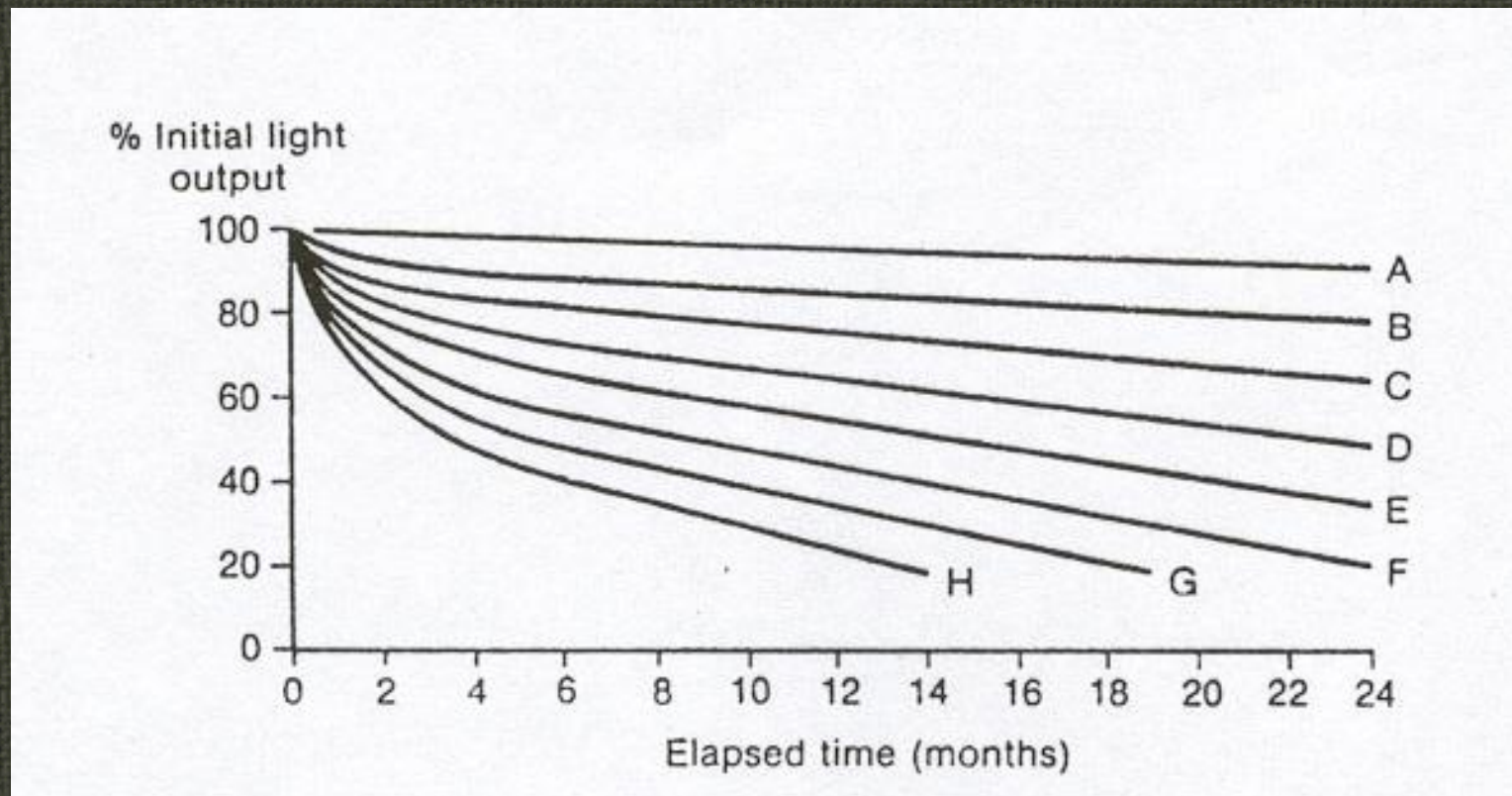


Figura – Classes de depreciação luminosa. Fonte: CIE.

ENE 5701-3 06, maio, 2003



LUMINÁRIA

Premises	Location	Room category group*	Bare lamp batten	Open ventilated reflector	Dust tight, dust proof or reflector lamp	Open non-ventilated reflector, enclosed diffuser	Open base diffuser or louver	Recessed diffuser or louver diffuser or louvered luminous ceiling	Indirect cornice
Offices, shops & stores, hospitals, clean laboratories & factories, schools, etc.	All air-conditioned buildings	X	A	A	A	A/B	A/B	A	B
	Clean country area	X	A/B	A/B	A/B	B	B	A/B	C/D
	City or town outskirts	Y	B	B	B	C	B/C	B	E
	City or town centre	Y	B/C	B/C	B/C	C/D	C	B/C	F/G
	Dirty industrial area	Y	C	C	B/C	D	C/D	C	G
Factories, laboratories, manufacturing areas, machine shops, etc.	All air-conditioned buildings	X	A/B	A	A	C	B/C	B	B/C
	Clean country area	Y	B	A/B	B	C/D	C	B/C	D/E
	City or town outskirts	Y	B/C	B	B	D	C/D	C	F
	City or town centre	Y	C	B/C	B/C	D/E	D	C/D	G
	Dirty industrial area	Z	C/D	C	C	E	D/E	D	H
Steelworks foundries welding shpos, mines, etc.	All air-conditioned buildings	X	B	A/B	A/B	D	C/D	C	-
	Clean country area	Y	C	B/C	B	D/E	D	C/D	-
	City or town outskirts	Y	C/D	C	B/C	E	D/E	D	-
	City or town centre	Z	D	C/D	B/C	E/F	E	D/E	-
	Dirty industrial area	Z	D/E	D	C	F	E/F	E	-

* Location	Room category
Particularly clean	X
Average	Y
Particularly dirty	Z

Figura – Classes de depreciação luminosa. Fonte: CIE.

ENE 5701-3 06, maio, 2003



LUMINÁRIA

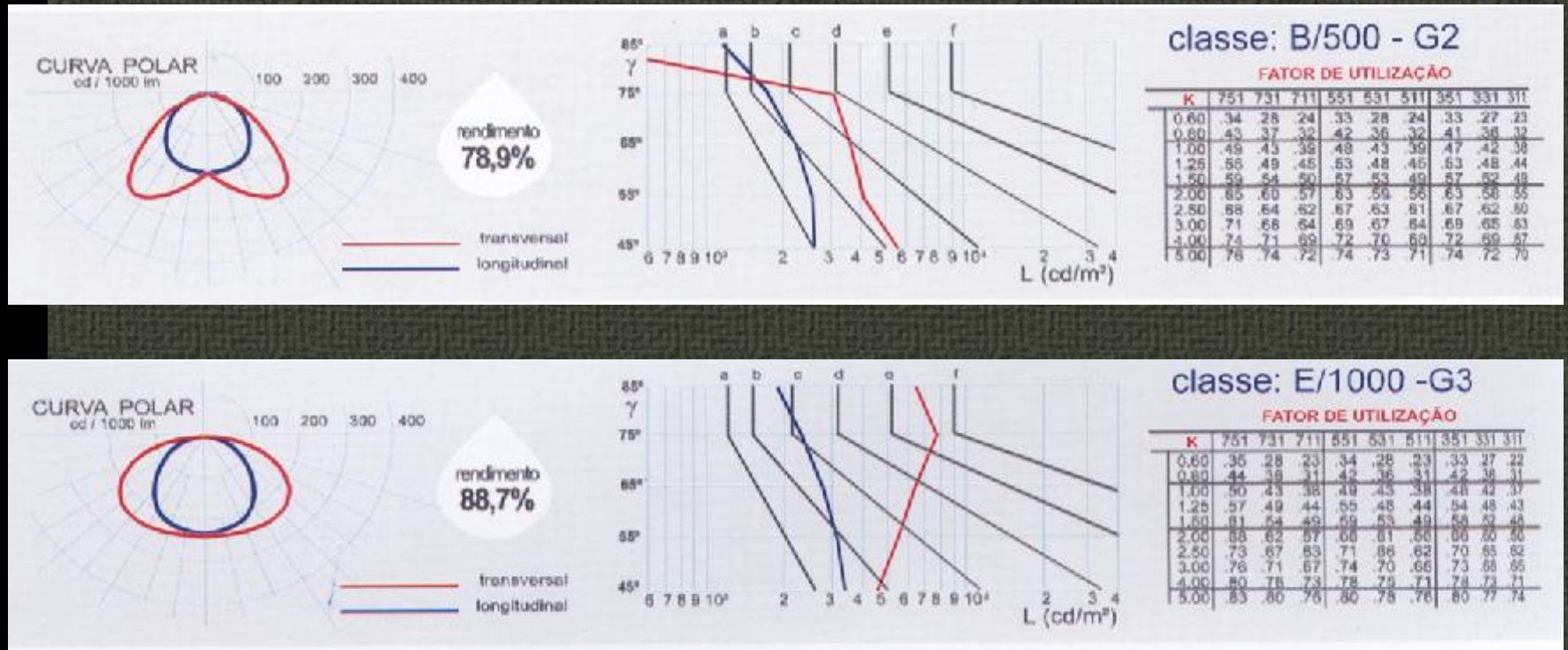


Figura – Exemplo de informações contidas em catálogo de fabricante brasileiro. Fonte: Indelpa.

ENE 5701-3 06, maio, 2003

LUMINÁRIA



Figura – Exemplo de informações contidas em catálogo de fabricante brasileiro. Fonte: Itaim.

ENE 5701-3 06, maio, 2003



Equipamentos para Iluminação:

LUMINÁRIAS



IP no Brasil



Luminária: braço compacto S.P., Capital.

ENE 5701-S 06, maio, 2005



Registros da IP no Brasil



ENE 5701.3_06 maio 2003
Luminária de IP (exclusiva) S.P., Capital.



Diferentes tipos de luminarias de IP

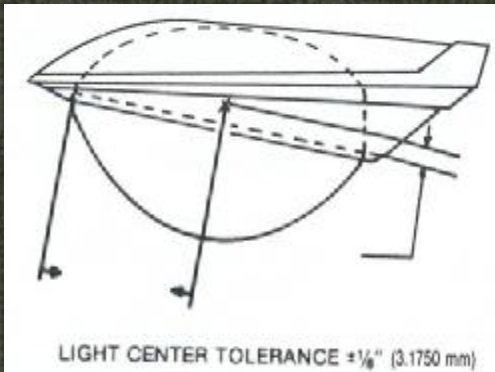


Figura – Luminarias para iluminação artificial. Ref.: [32].

FNE 5701-3_06 main 2003



Rua do Matão: luminarias de IP



Figura – Modelo utilizado para iluminação artificial no Campus da USP.

Ref.: Foto do autor.

Luminárias de IP sem vedação



Figura – Luminária “fechada” utilizada para iluminação artificial no Campus da USP. Ref.: Foto do autor.

Registros da medição em São Carlos, SP, nov., 08, 2001.

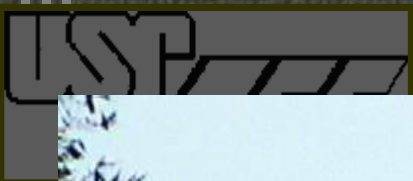


Figura – Luminárias e pavimento. Ref.: foto do autor.

FNE 5/01-3 U6 maio 2003

Registros da medição em São Carlos, SP, nov.,
08, 2001.



ENE 5701-3, 06 maio 2003
Ref.: foto do autor.

Registros da medição em São Carlos, SP, nov., 08, 2001.

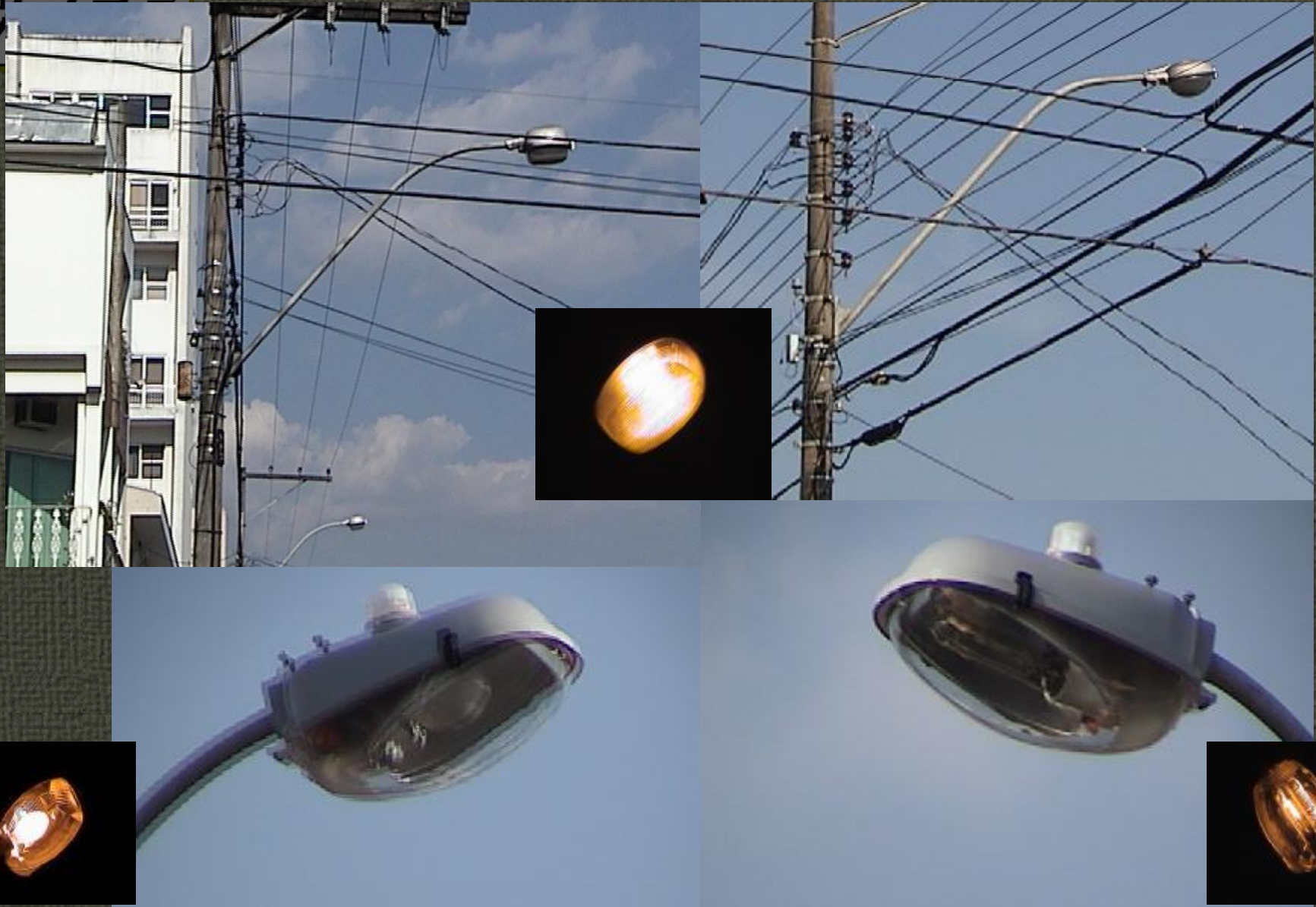


Figura – Luminárias diversas, acima são antigas e abaixo são modelos sob ensaio no campo. Ref.: fotos do autor.



SISTEMAS PARA CONTROLE

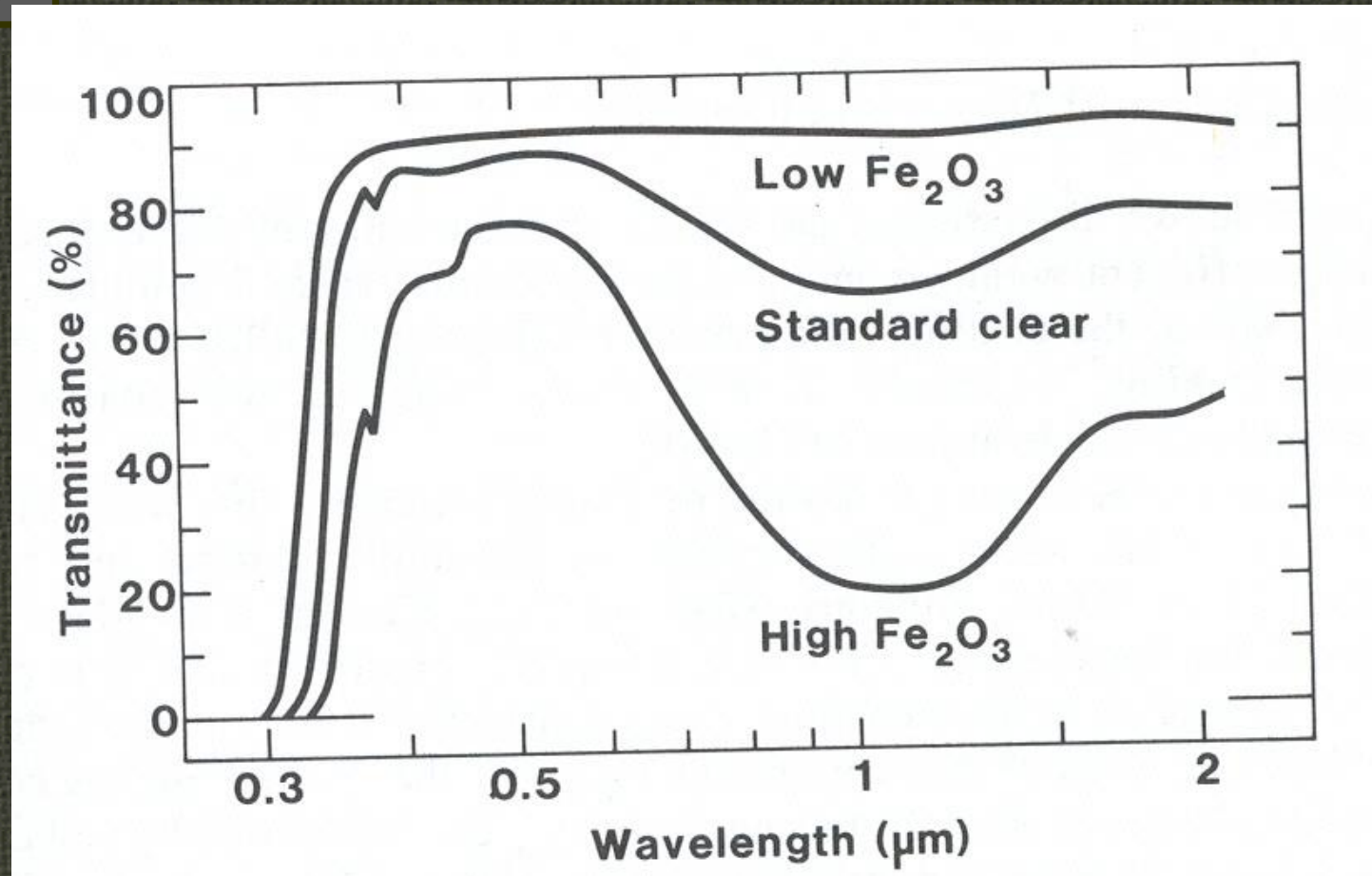


Figura – Transmissão espectral para três diferentes tipos de vidros.

ENE 57013-05, maio, 2003. Fonte: Electricity, 1989.



SISTEMAS PARA CONTROLE



Figura – Estratégia para atenuação da transmitância em fenestral para a Luz do Dia. Fonte: foto noturna, pelo autor.

ENR 570-8 06, maio, 2008



SISTEMA PARA CONTROLE: tradicional.



ENE 5701-3 06, maio, 2003

115



SISTEMAS PARA CONTROLE

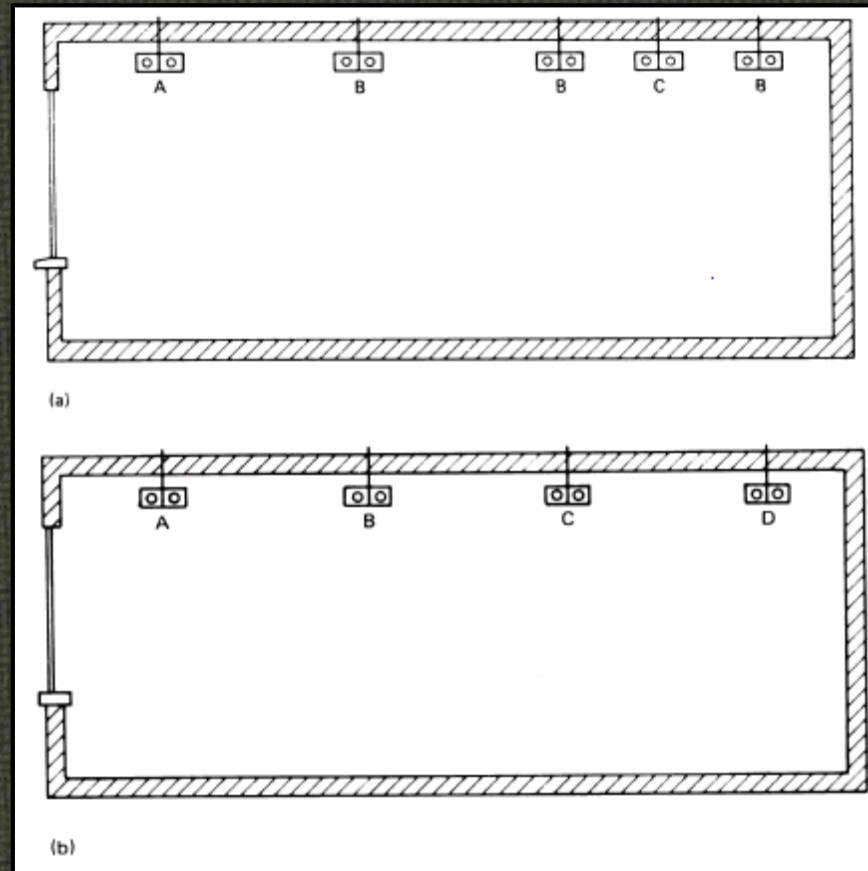


Figura - Dois diferentes arranjos para fileiras de luminárias (aqui o conceito é suplementar a LD),
(a) *PSALI (Permanent Supplementary Artificial Lighting)*;
(b) possibilidade de comutação ou controle do fluxo.

ENE 5701-2-106-mar-2003



SISTEMAS PARA CONTROLE

Sensor de presença: estrategicamente posicionado.

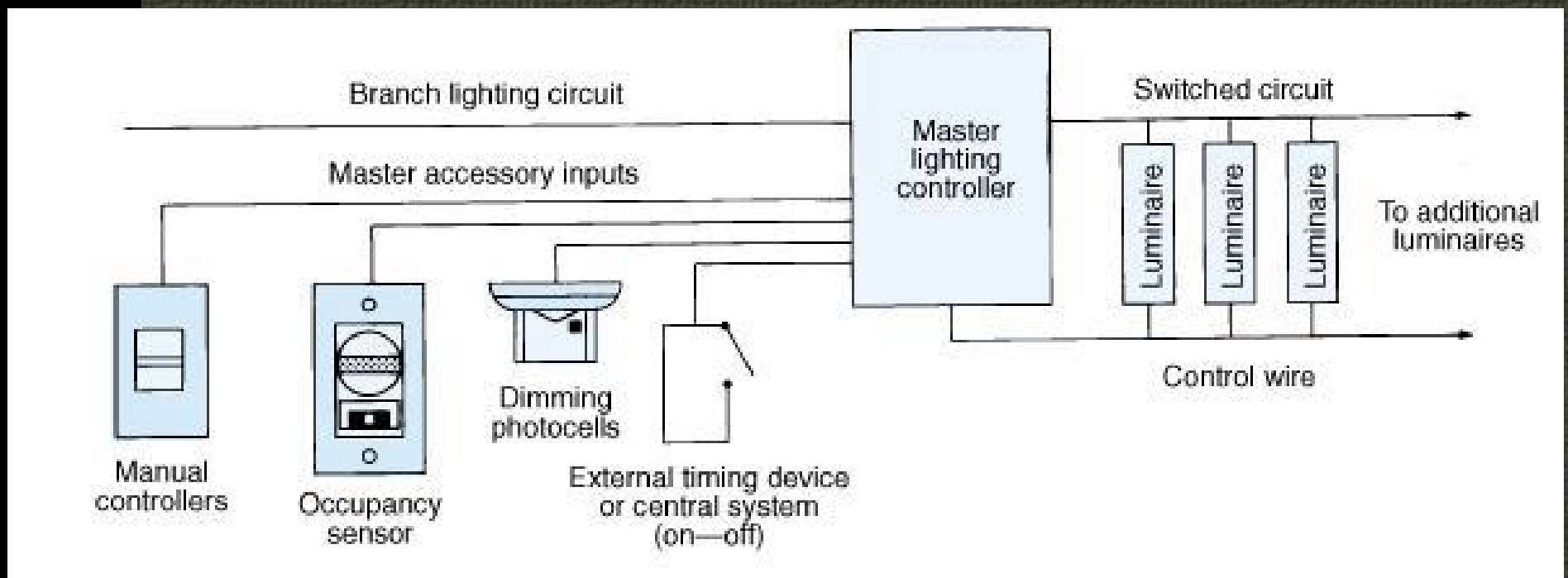


ENE 5701-3 06, maio, 2003

117



SISTEMAS PARA CONTROLE: Sensores de presença e luminosidade, Infravermelho e Ultra-sônico Fonte: IESNA, 2000.





SISTEMAS PARA CONTROLE

Sensor de presença: antes de atuar.



ENE 5701-3 06, maio, 2003

119



SISTEMAS PARA CONTROLE

Sensor de presença: depois de atuar !





Controle (liga/desliga) em IP



Figura – Relé fotoelétrico utilizados para o controle de iluminação artificial no Campus da USP.

ENE 5701-3 06, maio, 2009

321



**Requisitos para definição
das
características nominais dos equipamentos**

**Conhecer o comportamento
da
tensão elétrica no ponto de consumo.**



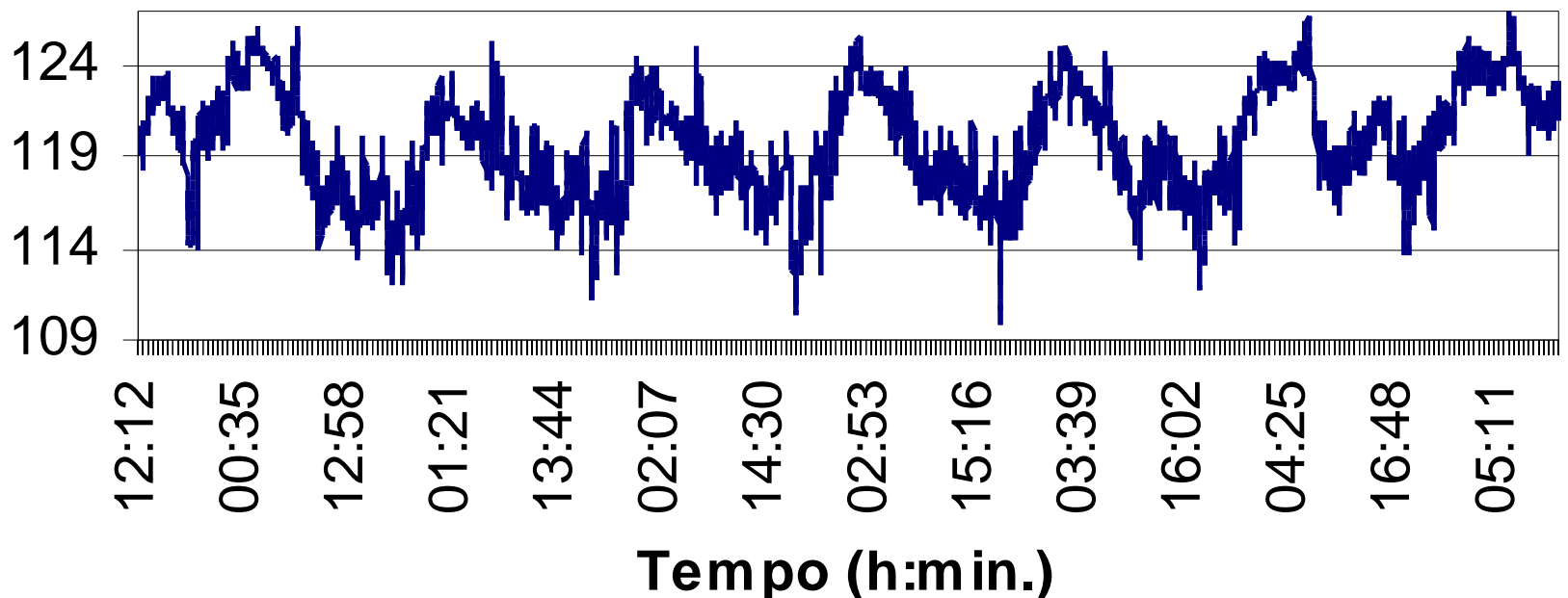
Na busca pela otimização, um dos requisitos para a definição das características nominais de equipamentos e/ou para fazer Diagnóstico energético é necessário Conhecer o comportamento da tensão elétrica no ponto de consumo.

SP, Capital, 11 a 18/mai./1997 (quasar)

Distribuição de tensão elétrica (início: domingo).

É fundamental saber sobre a diferença entre o nominal e o real !

Tensão elétrica eficaz média (V)



Distribuição de energia elétrica: tensão nominal ou real ? 23



Um efeito possível do controle e gerenciamento de sistemas para iluminação

Color Shifts in Dimming

Source	Dimming Range	Color
Incandescent	100-0%	Shift to Red
Low Voltage	100-0%	Shift to Red
Linear Fluorescent	100-1%	No Shift
Compact Fluorescent	100-5%	Shift to Blue
Neon	100-10%	Depends on Lamp
Metal Halide	100-35%	Shift to Blue
High Pressure Sodium	100-35%	Shift to Brown



Sistemas para Iluminação

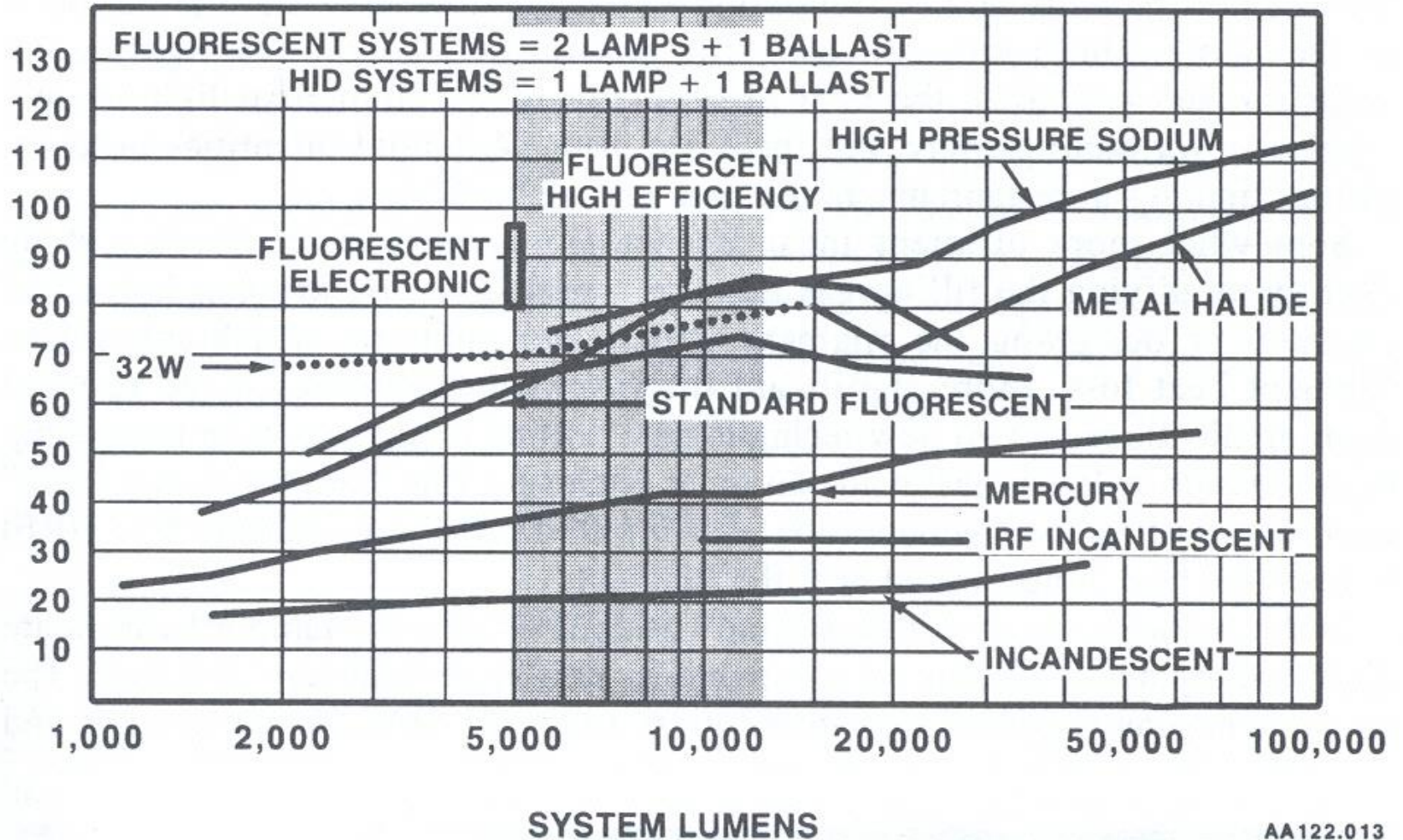
ENE 5701-3 06, maio, 2003

125



Sistemas para iluminação (eficiência e luz).

Fonte: Electricity, 1989.





Diferentes eficiências luminosas das fontes (inclui luminância)

Source	Photopic 2 deg lm/W	Mesopic		Scotopic lm/W
		Efficacy lm/W	Photopic L cd/m ²	
HPS (400W)	126.9	97.8	0.010	80.5
MH (1000W)	107.4	159.1	0.053	181.7
Incandescent (2815K)	14.7	18.7	0.062	20.3
Clear Mercury (400W)	52.3	62.3	0.066	66.8
Xe (1000W)	30.0	56.0	0.042	67.8
LPS (180W U)	180.0	89.4	0.159	40.8
Cool White Fluorescent (F40)	77.1	105.0	0.063	117.1
Triphosphor Fluorescent (32 W T8, 3500K)	84.9	106.8	0.058	115.9
Sulfur (1375W Solar 1000 TM)	94.5	175.7	0.042	213.1

Figura – Eficiência luminosa da fonte calculada com base na sensibilidade espectral do observador. Fonte: LRC, Troy.



Sistemas para iluminação artificial

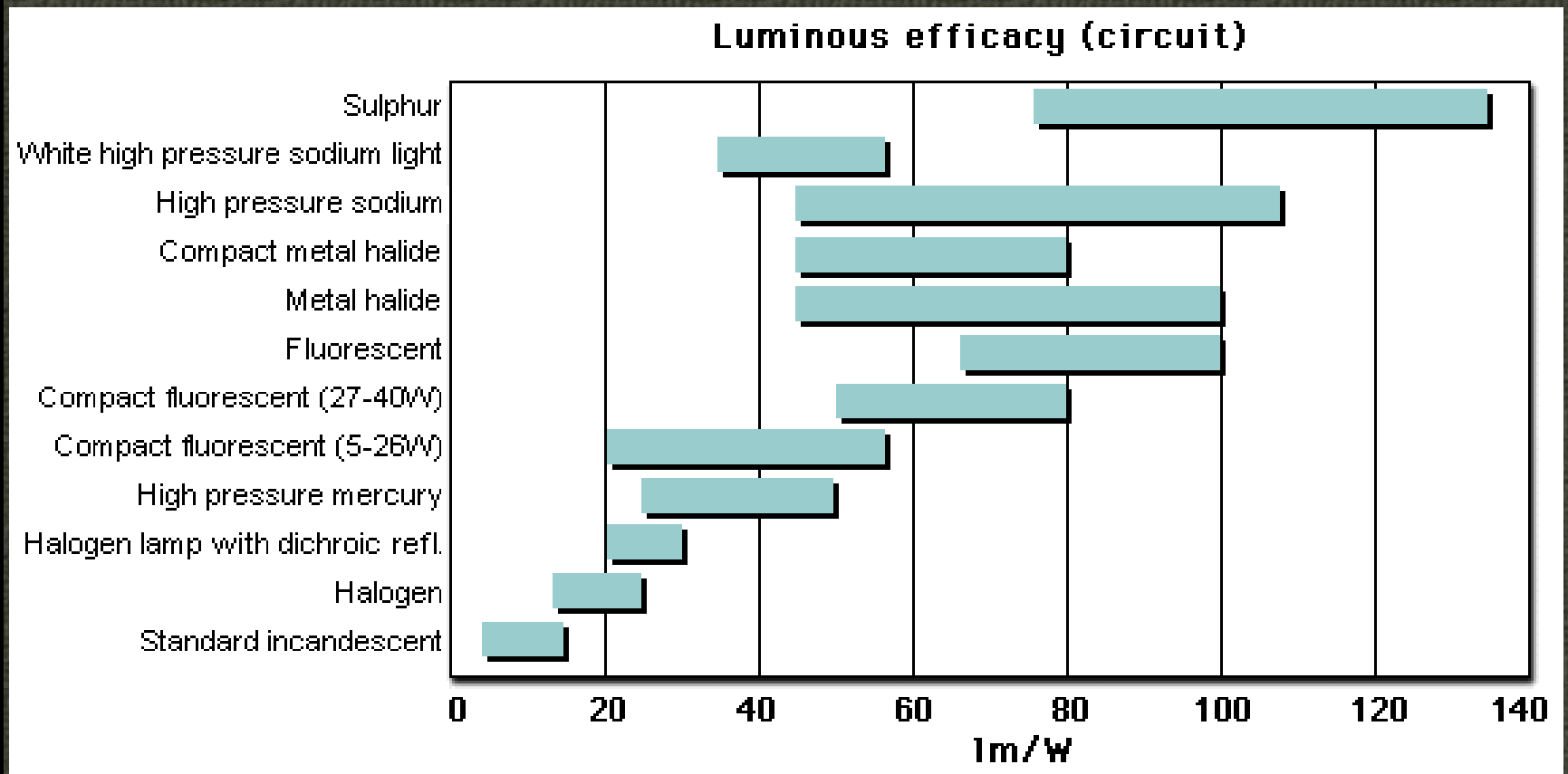


Figura – Eficiência luminosa (consideradas as perdas dos equipamentos auxiliares) em função do tipo de tecnologia.

Fonte: www.3M.com (set./2001).

ENE 5701-3 06, maio, 2003

128

Esquema resumido de elementos básicos dos sistemas para iluminação. Fonte: Electricity (McGowan, Terry), 1989.

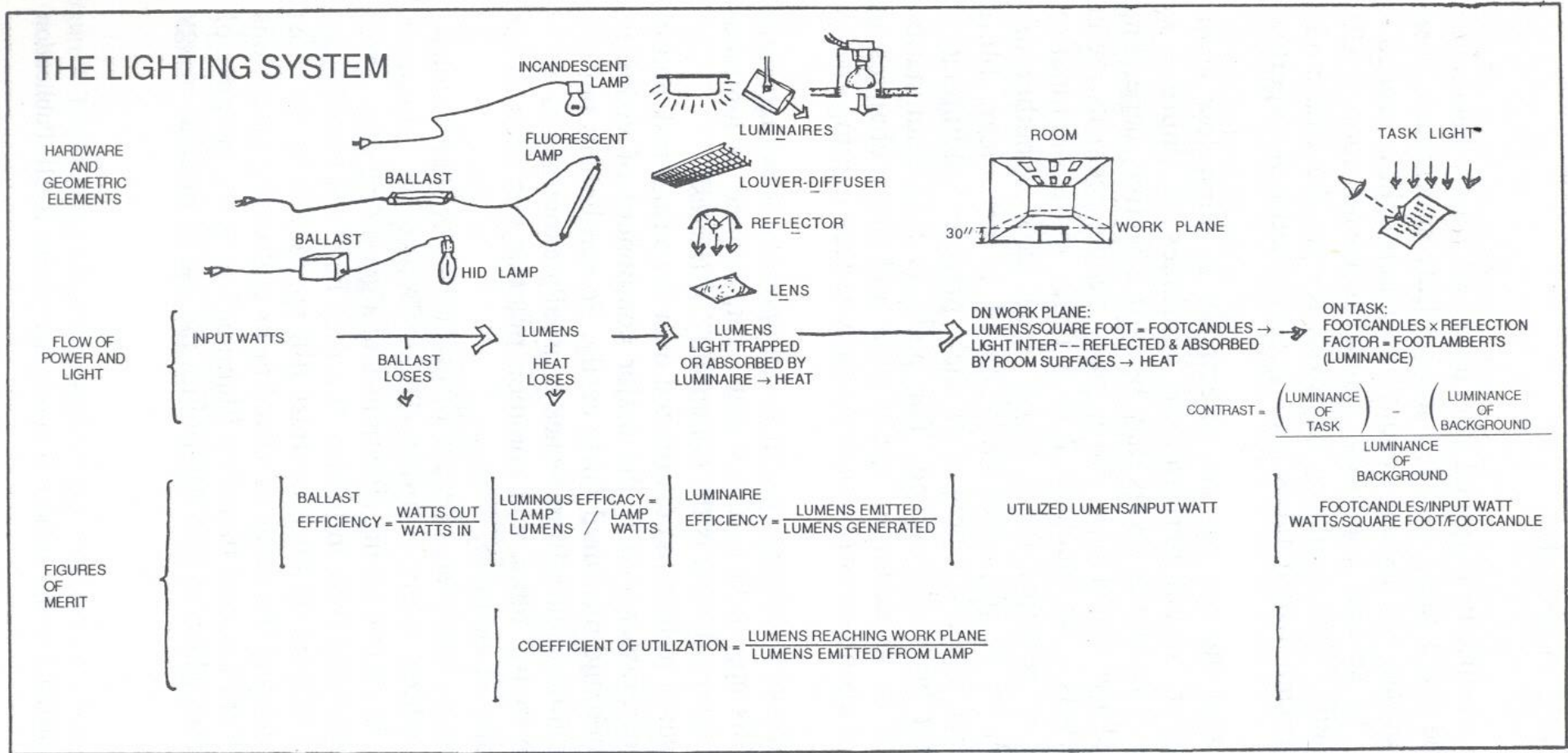
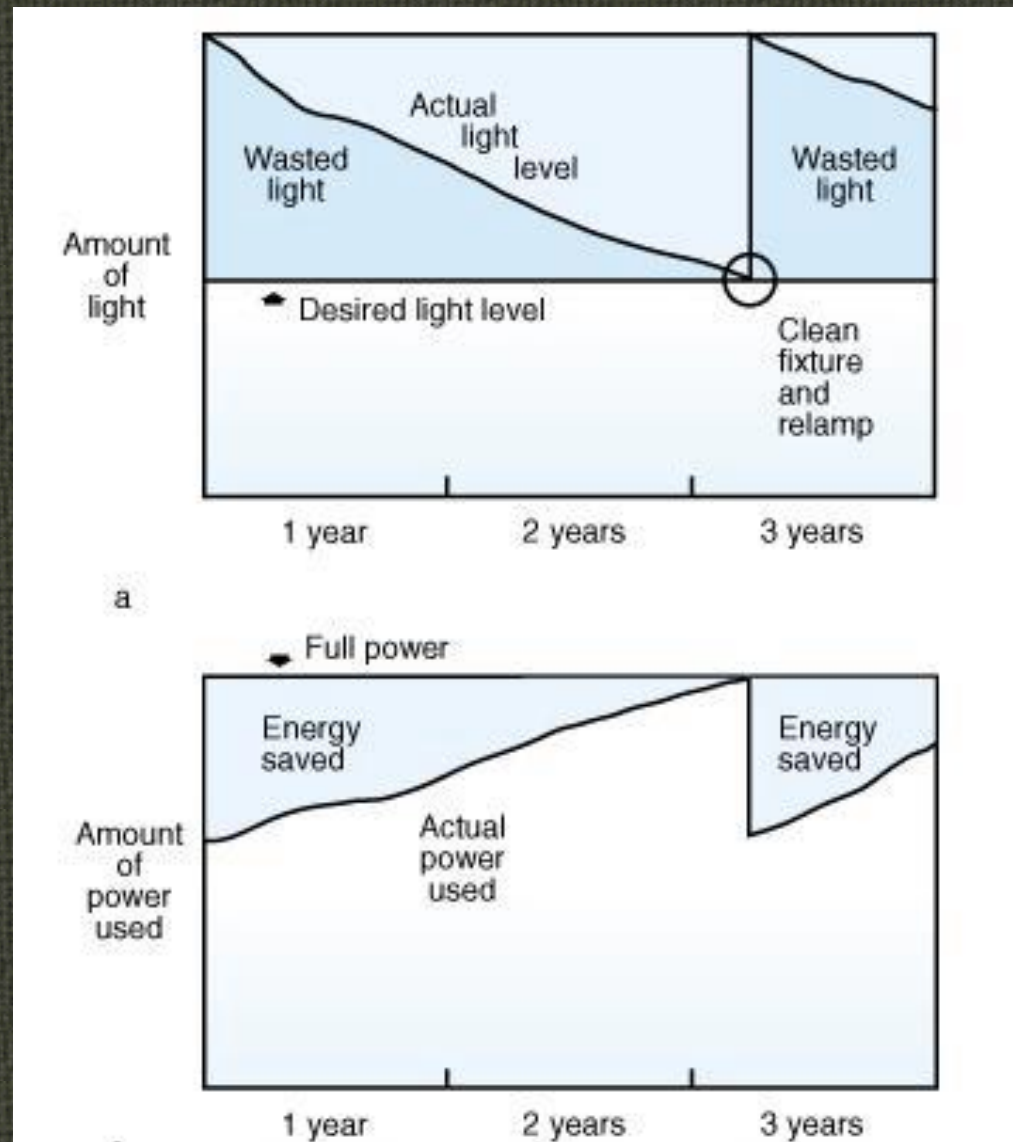


Figure 4. Elements of the lighting system based upon the idea that visibility is a function of contrast. Note: 1 lux = 10.76 footcandles.



Estratégias de controle e gerenciamento de sistemas para iluminação. Fonte: IESNA, 2000.





A base de projetos



Softwares: ferramentas atuais para modelagens das instalações, iluminância ou luminância

**Visualização
do campo de trabalho e
das instalações pretendidas
no estágio do projeto.**



Metodologia para projeto em IP

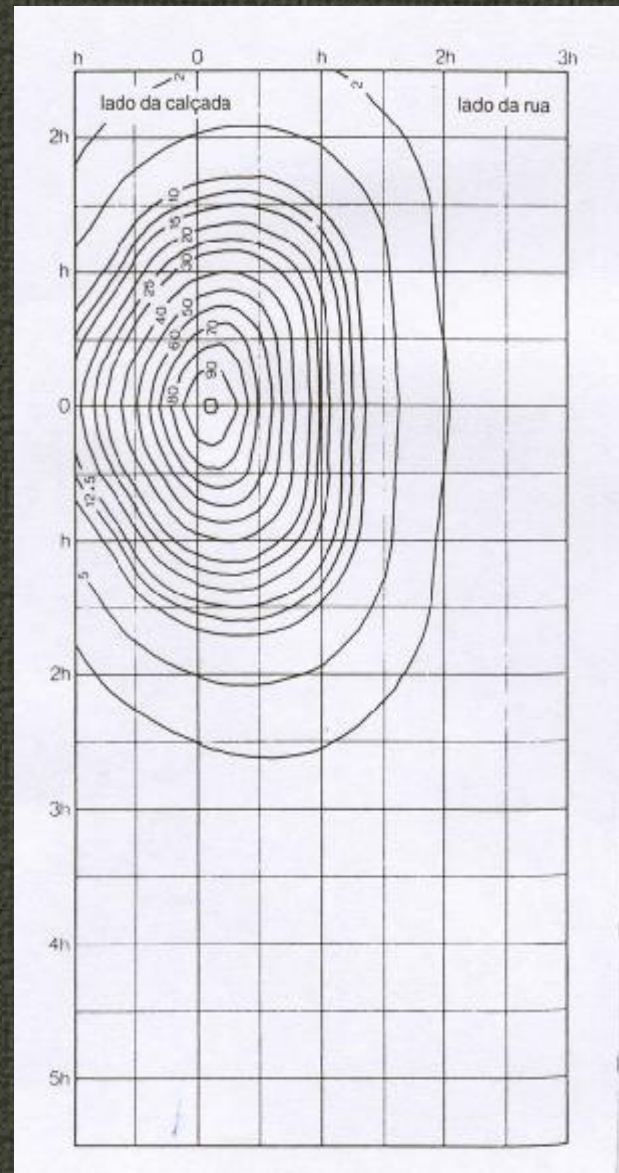
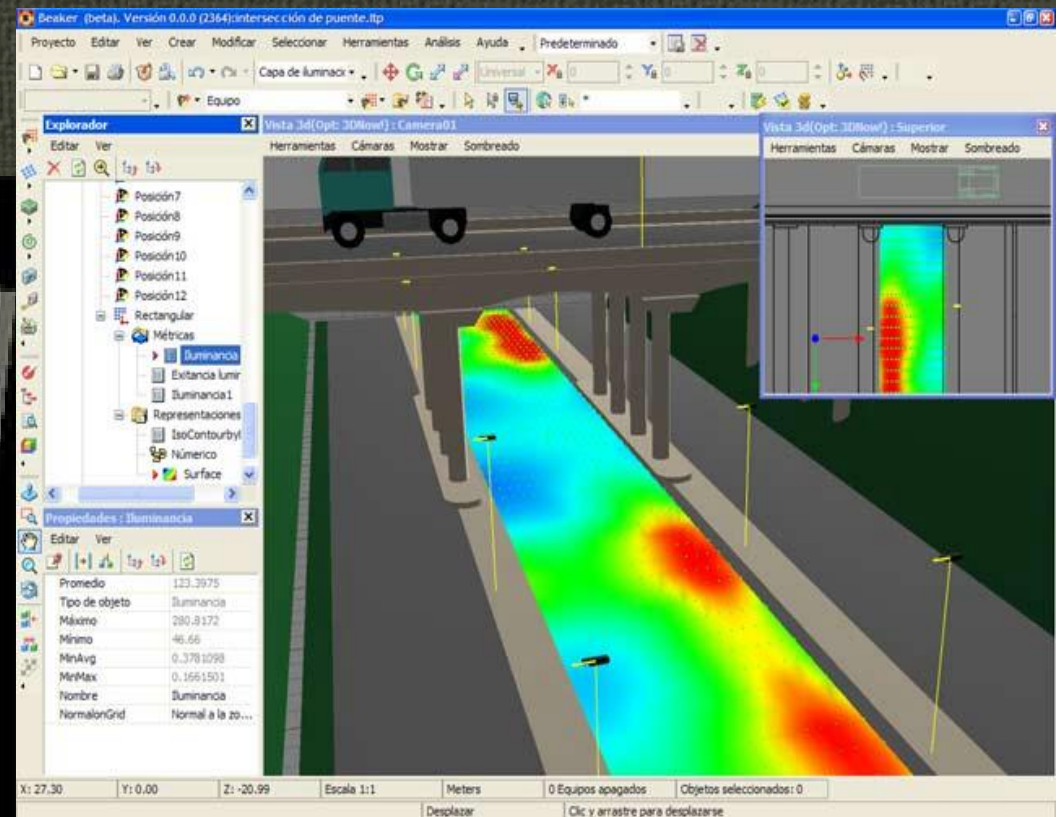
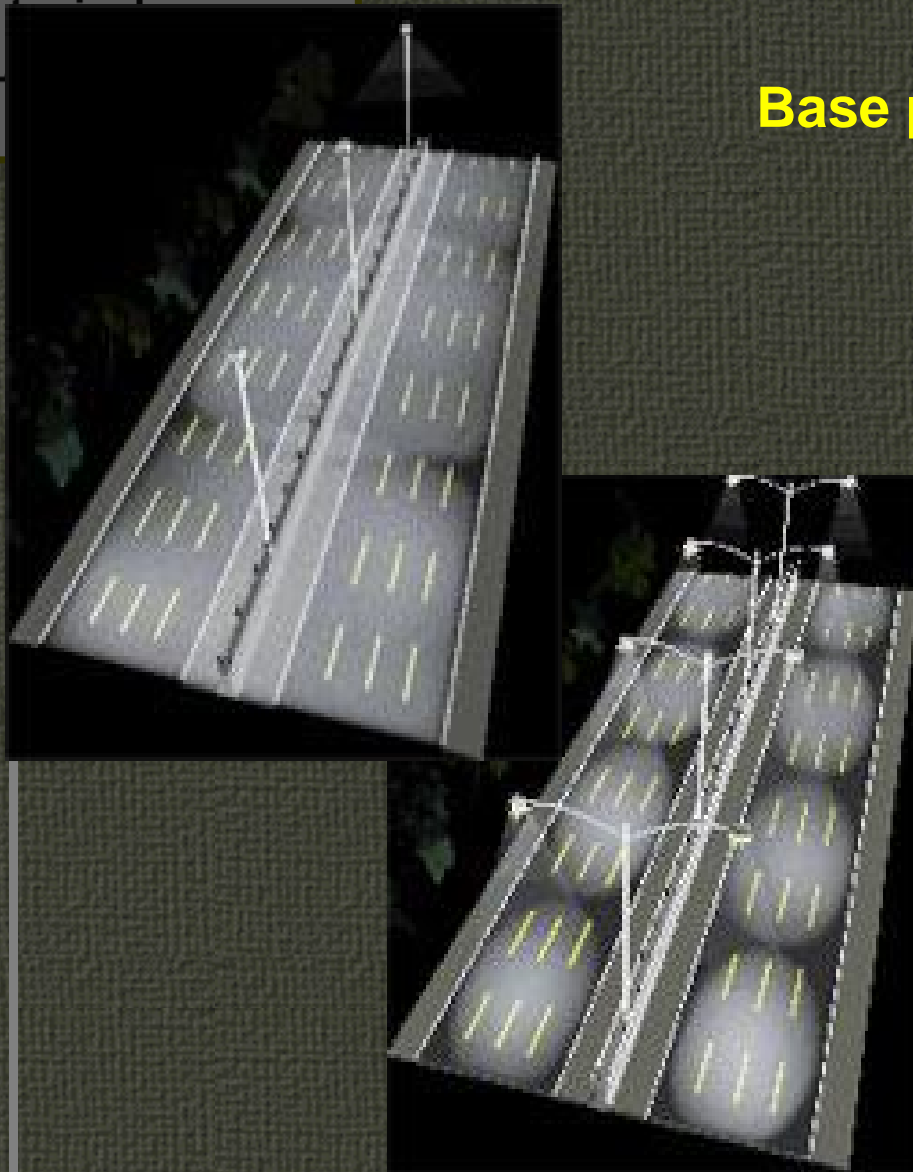


Figura – Curvas isolux são utilizadas para cálculo de iluminação artificial no Campus da USP e cidades. Ref.: Catálogo fabricante [28].

Base para projeto em IP



ENE 5701-3 06 maio 2003
Figura – Simulação/projeto assistida por computador.

ISTEMAS para ILUMINAÇÃO:

TECN

PROJETO LU



to Bur
Julia

E 5701-3

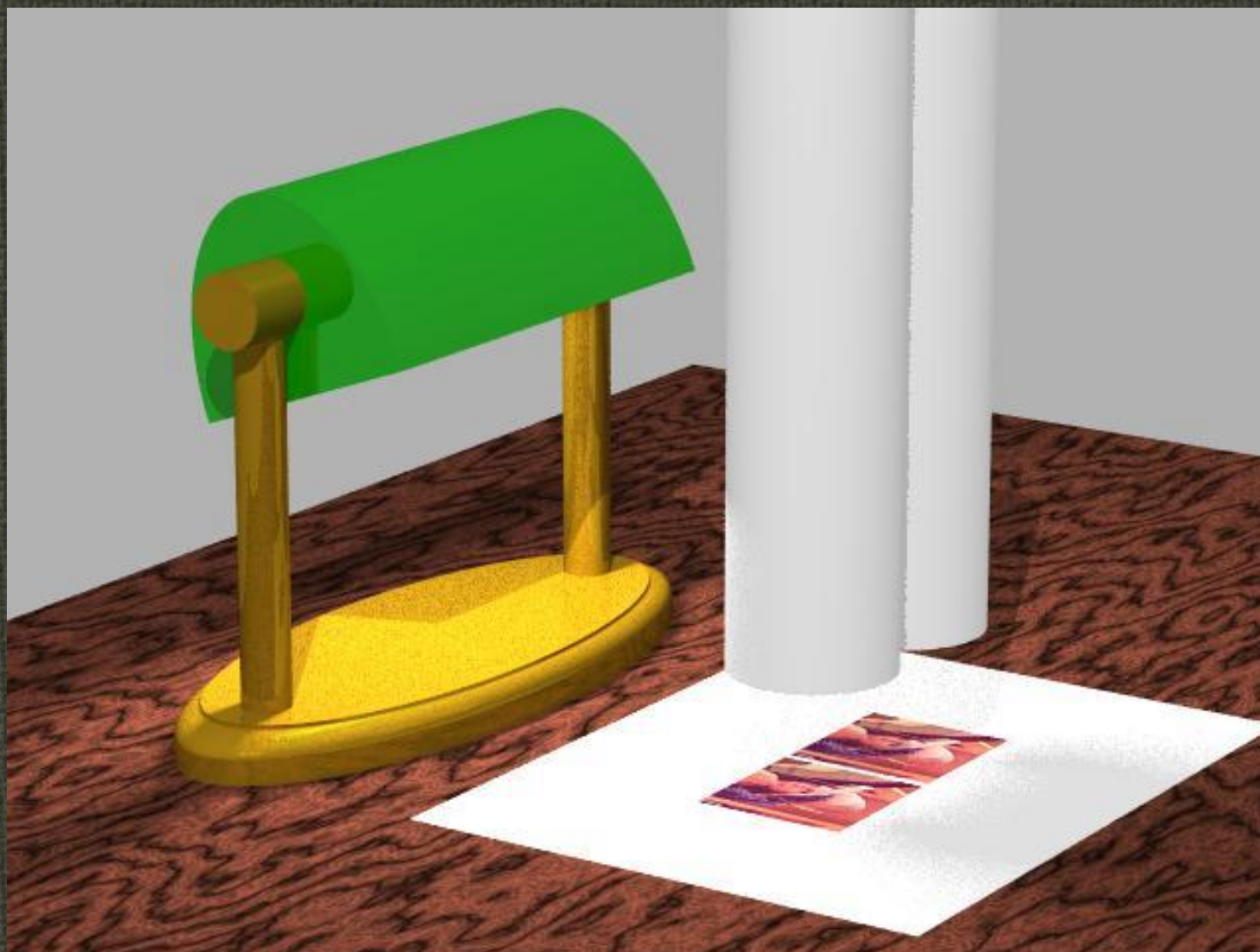


Figura – Modelagem de plano de trabalho.

ENE 5701-3 06, maio, 2003



Figura – Modelagem de todo um espaço interior.

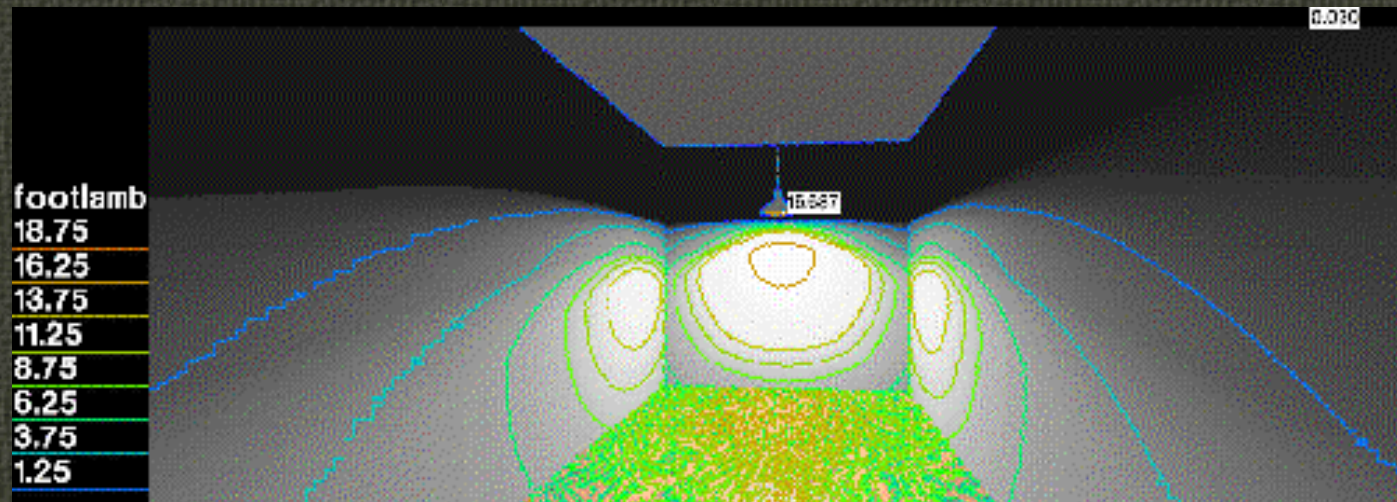
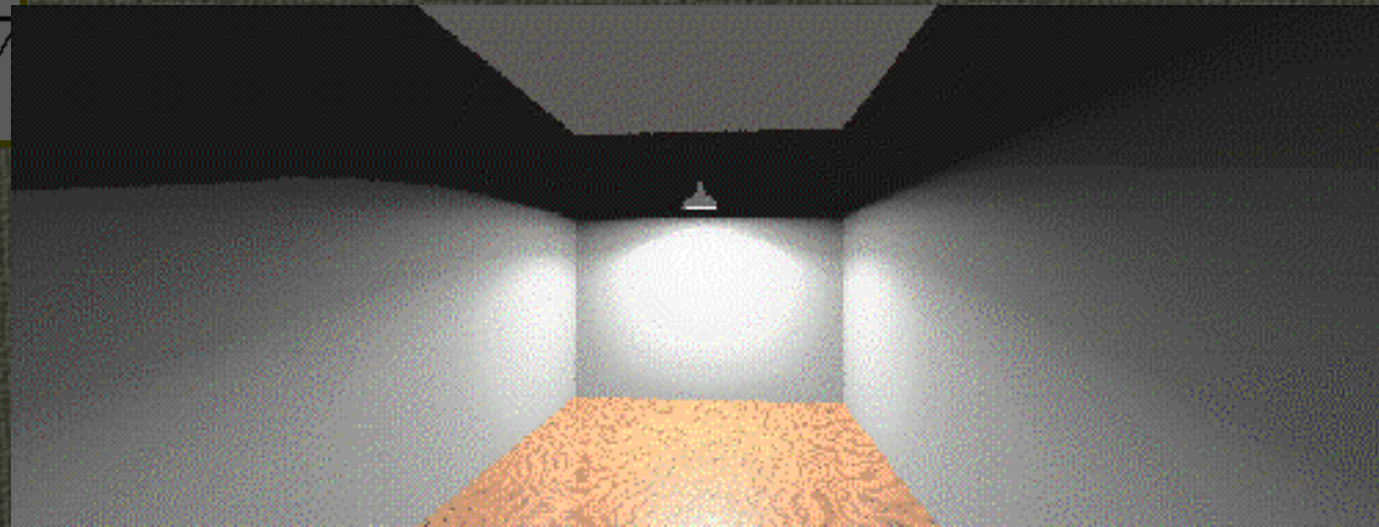


Figura - Distribuição de luminância nas superfícies internas com base no tipo de fonte de luz instalada.



Figura – Visualização (imagem) da distribuição de luz nas superfícies internas em função do tipo de fonte instalada.

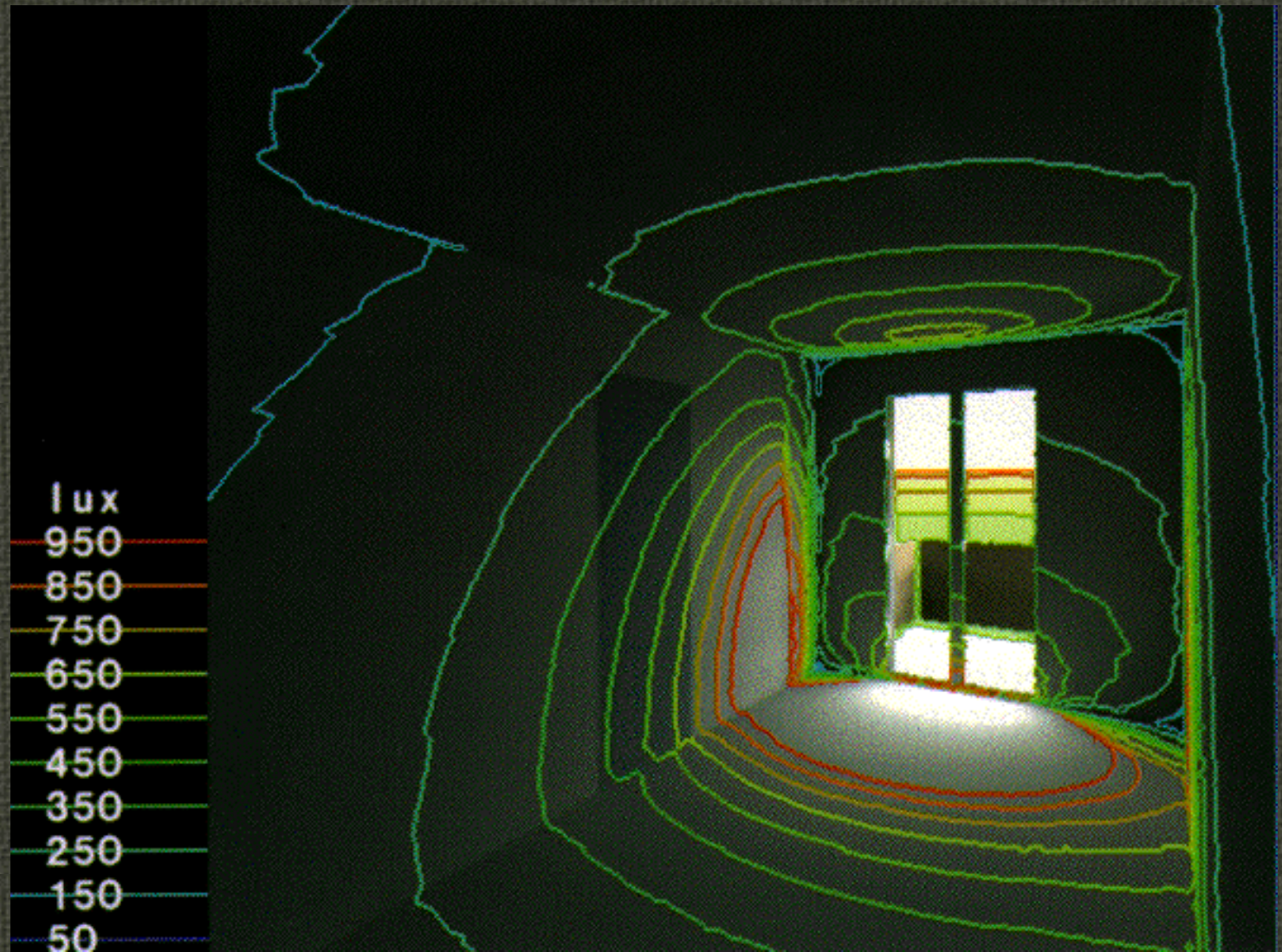


Figura - Distribuição de iluminância nas superfícies internas como função do tipo fenestral a ser estabelecido e fonte de luz considerada.

ENE 5701-3 06, maio, 2003

140



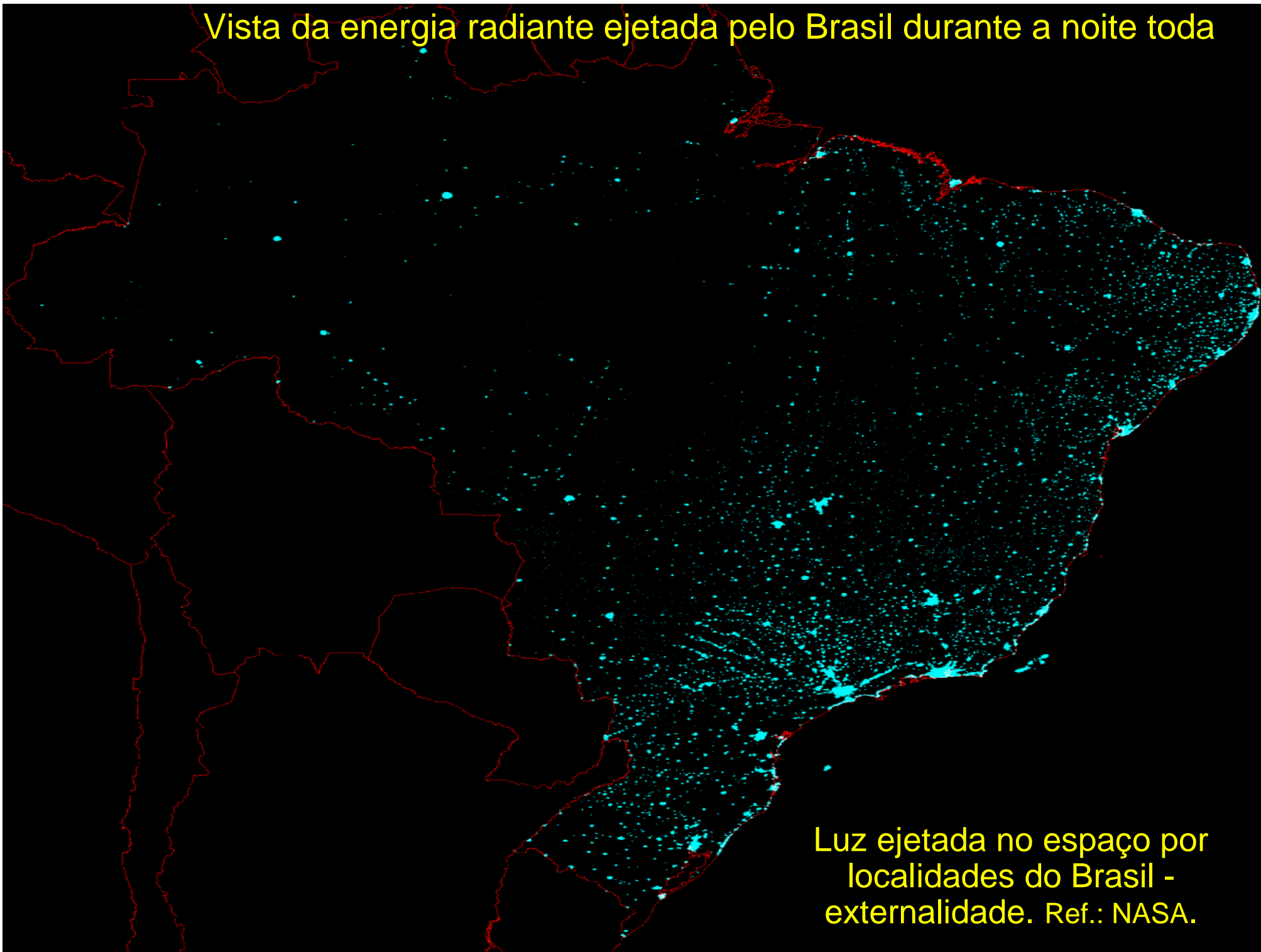
CIE 49: 0,2 lux (1 lux) e (max./min.) < (40:1) na linha central da rota de fuga;
(15 – 300) cd/m² em pictogramas, (min./max.) > (1: 10); e tempo para atuação, até 0,5 s.



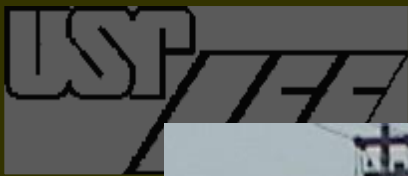
Espaço reservado para responder à questões e/ou dúvidas sobre o conteúdo apresentado.



Vista da energia radiante ejetada pelo Brasil durante a noite toda



Luz ejetada no espaço por localidades do Brasil - externalidade. Ref.: NASA.



Registros da IP no Brasil



Enfase no tipo de luminária utilizada (baixo custo) e sombra não uniforme.

ENE 5701-3 06, maio, 2003

144



Arranjo e efeitos dos pontos da IP em cruzamento



Distribuição espacial da iluminação pública local.

ENE 57013_06 maio, 2003

145



Uniformidade exemplar em IP



Distribuição espacial da iluminação em passeio público.

ENE 5701-3 06, maio, 2003

146



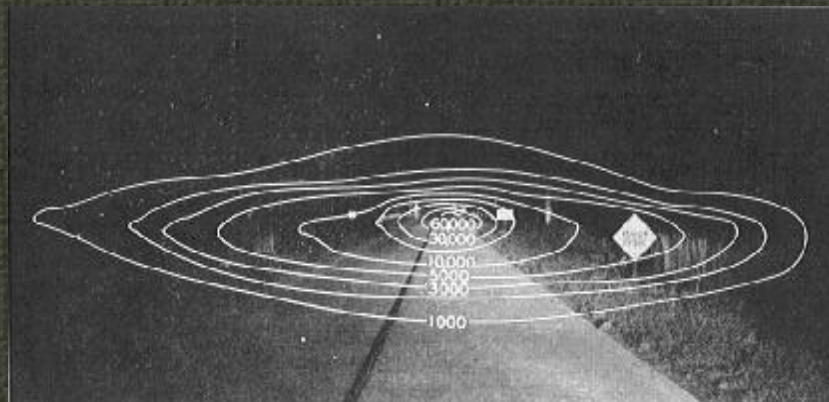
Marselha, França



ENE 5701-3 06, maio, 2003 147
Figura – Uso de VS e MVM (2 tipos) na iluminação de vias públicas. Ref.: [11].



Recursos para facilitar o movimento noturno



ENE 5701-3: 06 maio, 2003
Iluminação artificial e visibilidade.



Experimentos em vias com alvos

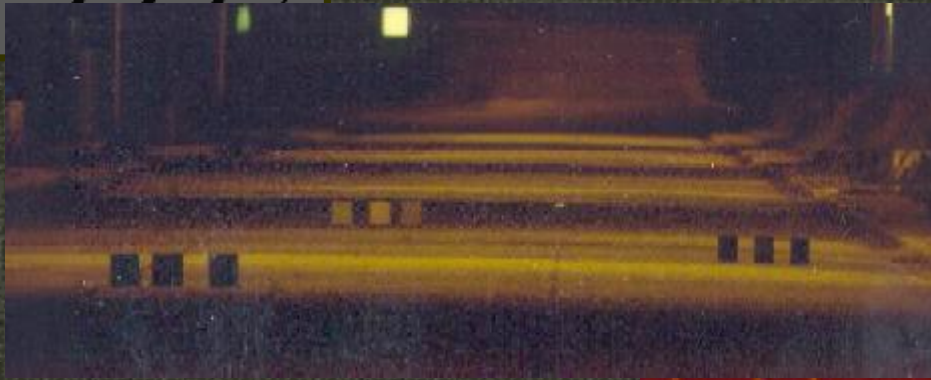


Figura – Diferentes arranjos da iluminação e tipos de objetos. Ref: Material
fornecido por comunicação pessoal com Havard, James A, 2000.



Dados de avaliação em via

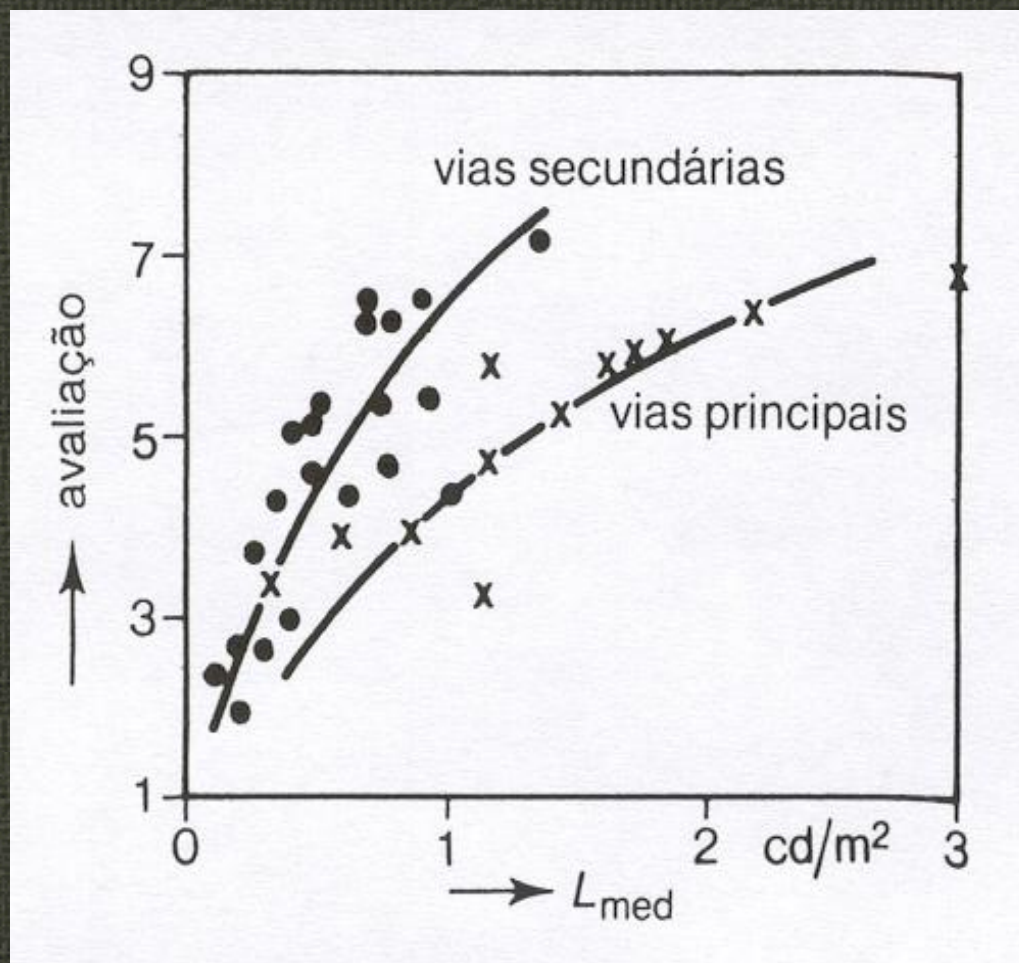


Figura – Avaliação da iluminação artificial, conforme tipo e luminância da via. Ref.: [21].



Em Resumo:

- 1- Num projeto de iluminação deve ser considerada a possível alteração na sensibilidade do olho humano devida a própria iluminação.
- 2- A observação da disponibilidade e uso da energia radiante pode trazer melhorias da qualidade de vida em interiores e redução de custos.
- 3- O fator da Luz do Dia (D), substituído com vantagens, a área obrigatória de fenestrais, relativa a área de piso em interiores.
- 4- A iluminância ideal para determinada atividade não pode ser reduzida a valor único e a sua definição é o ponto de partida a um monitoramento ser periódico, caso exista interesse da manutenção do mesmo padrão da qualidade.
- 5- As ferramentas de software, atualmente disponíveis, podem facilitar bastante a tarefa do projetista.
- 6- O conhecimento da tensão elétrica no ponto de uso da energia possibilita sintonia fina na especificação da tensão nominal de equipamentos que pode trazer melhoria no seu desempenho.
- 7- A qualidade ou maior relevância em iluminação de interiores poderá ser melhor avaliada pelo conhecimento do grau de satisfação de seus usuários.

Referências bibliográficas básica (primeira parte):

ILUMINAÇÃO DE INTERIORES:

Aspectos Relevantes (ENIE 2000); e

**Sistemas para ILUMINAÇÃO: TECNOLOGIAS
ao PROJETO LUMINOTÉCNICO (palestras).**



Obra de autor desconhecido



FNE 57013_06_maior_2003
Figura – Pintura sobre papel.



REFLETÂNCIA, VISIBILIDADE e LUMINÂNCIA como FATORES para MELHORIA da ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Orientador: Prof. Dr. Ildo Luís Sauer - PIPGE - IEE USP;
Co-orientador: Prof. Dr. Geraldo Francisco Burani - IEE USP e
Candidato: Elvo Calixto Burini Junior - IEE USP

ENE 5701-3 06, maio, 2003

Um esboço para considerar a qualidade da iluminação

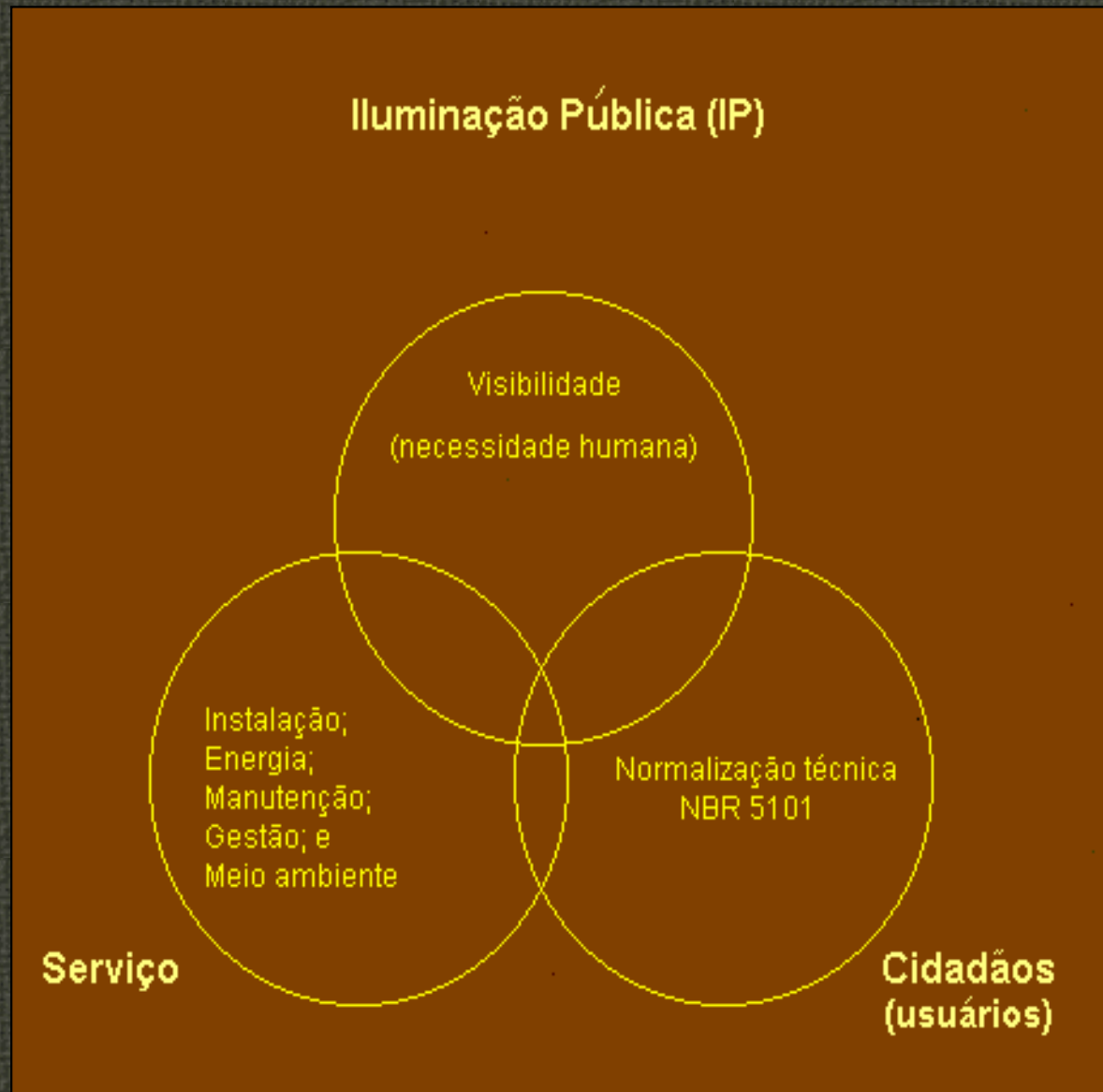


Figura – Esquema com superposição de áreas caracterizando interações para IP em meio urbano. Ref.: (p.12) LD+A, set./2002.



Alvo ... ; Possibilidade:

NBR 5101, 1992 . . . (2003)

Outra questão: Em que base estão fundamentados os limites (de luz) normativos?



Identificando um caminho:

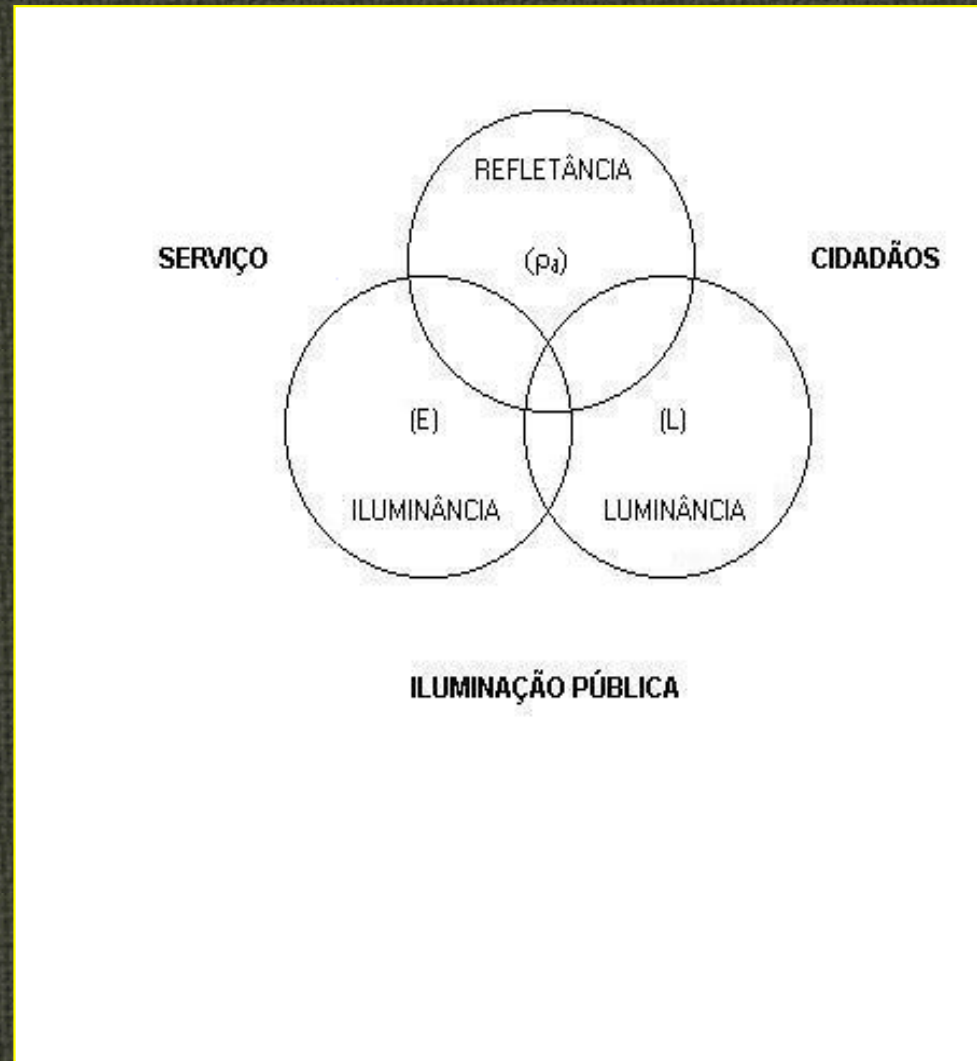


Figura – A base de desenvolvimento do trabalho.



Taxa de redução em acidentes da ordem de 19 % para 0,5 cd/m² de incremento na luminância média da via

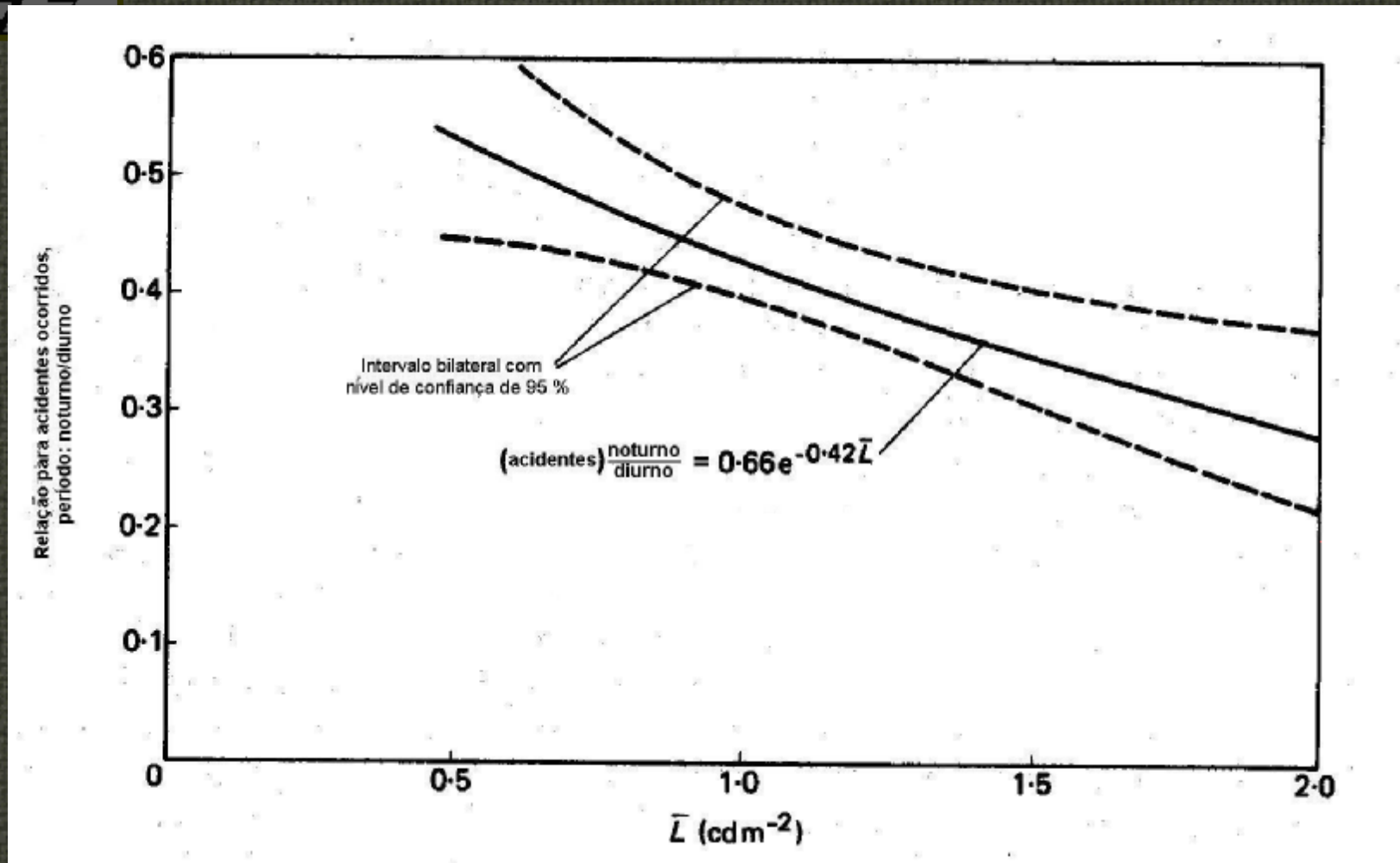


Figura (2.20) – Melhor curva ajustada entre relação de acidentes (noturno/diurno) e a luminância média da via. Fonte: Cayless, 1983.



Panorama sintético da problemática segregada



Suponhamos que o poder público necessite prover (e manter) energia radiante artificial em uma rodovia indicada.

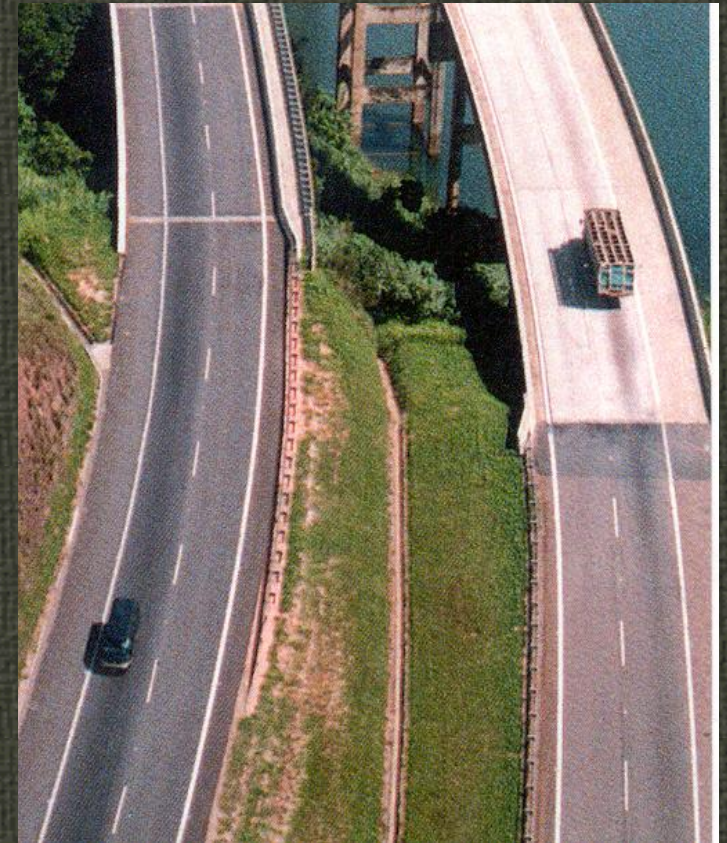


Figura – Iluminação de via pública com dois tipos de pavimentos, situação onde o critério de iluminância não conduz a racionalidade em uso de energia.

ENE 5701-3 06. maio, 2003

160

Ref.: Dersa.



experimento: objetivo

**avaliação energética e humana sobre
visibilidade a um objeto 'alvo com geometria
hemisférica'**

**instrumentar a escolha da iluminação com
base na resposta dos usuários de via.**



VISIBILIDADE

REFLETÂNCIA

LUMINÂNCIA



o experimento sobre visibilidade, realizado em fev. 2001.



Vista noturna de energia radiante



Figura – Luz ejetada de cidades européias e do Brasil, incluindo as cidades onde o trabalho foi realizado.

ENE 5701-3-06 maio 2003

Ref.: NASA.

164



O local do experimento em período diurno (CUASO/USP)



Figura – Via onde o experimento foi realizado (foto esquerda, vista do local onde os usuários ficaram posicionados; à direita é o sentido oposto).

ENE 5701-3 06, maio, 2003

165



Vista do alvo utilizado (com aproximação) : uma esfera com diâmetro de 20 cm, cor cinza (refletância 0,2).



Figura – Fotos do alvo sobre a superfície da via durante a realização do experimento na USP. Ref.: fotos do autor. 166

ENE 5701-3-06, maio, 2003

Esquema do local: experimento na CUASO/USP, São Paulo

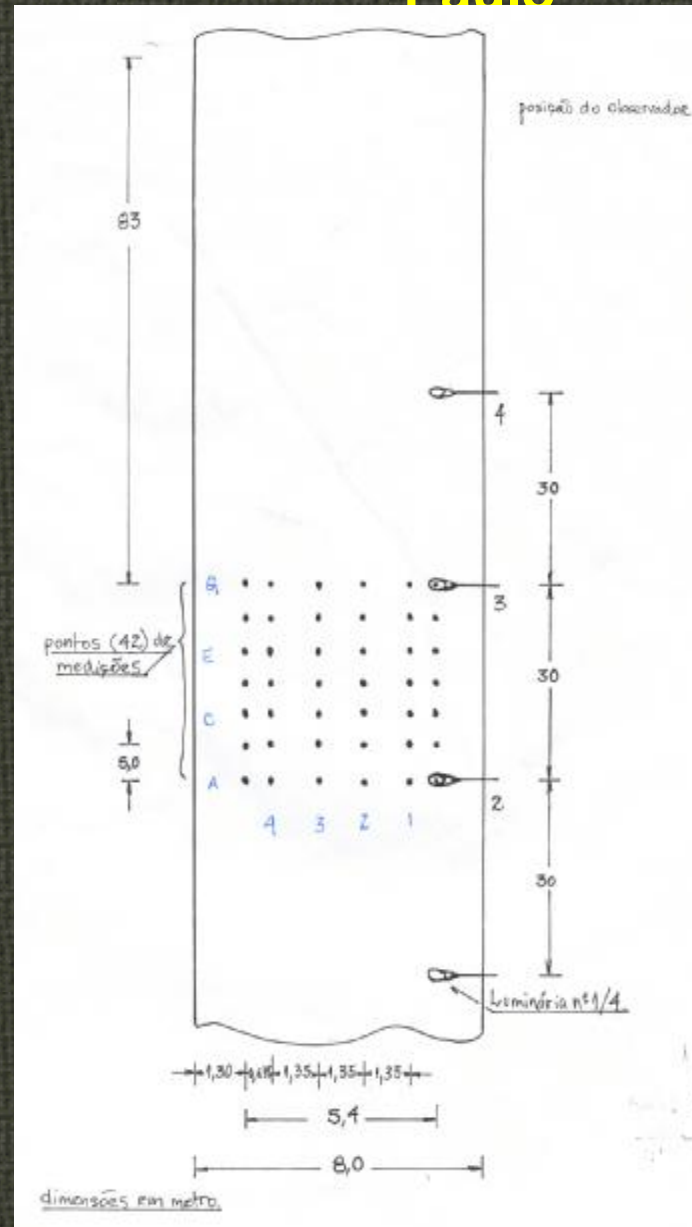


Figura – Minuta de planta da via onde o experimento foi realizado na USP, vista de topo, posições relativas e pontos das medições.



experimento: respostas

Foram estabelecidos cinco patamares (valores) para o cômputo da avaliação (os observadores, a cada vez, optaram por um deles para qualificar sua visibilidade) a saber:

- 0, objeto não visível;
- 1, objeto pouco visível;
- 2, objeto visível;
- 3, objeto com visibilidade satisfatória;
- 4, objeto com visibilidade boa.

Para cada posição ocupada pela esfera, a média das respostas foi calculada e relacionada ao valor de luminância (L) e iluminância horizontal (E).



Representação da malha estabelecida e pontos relevantes aos observadores no experimento

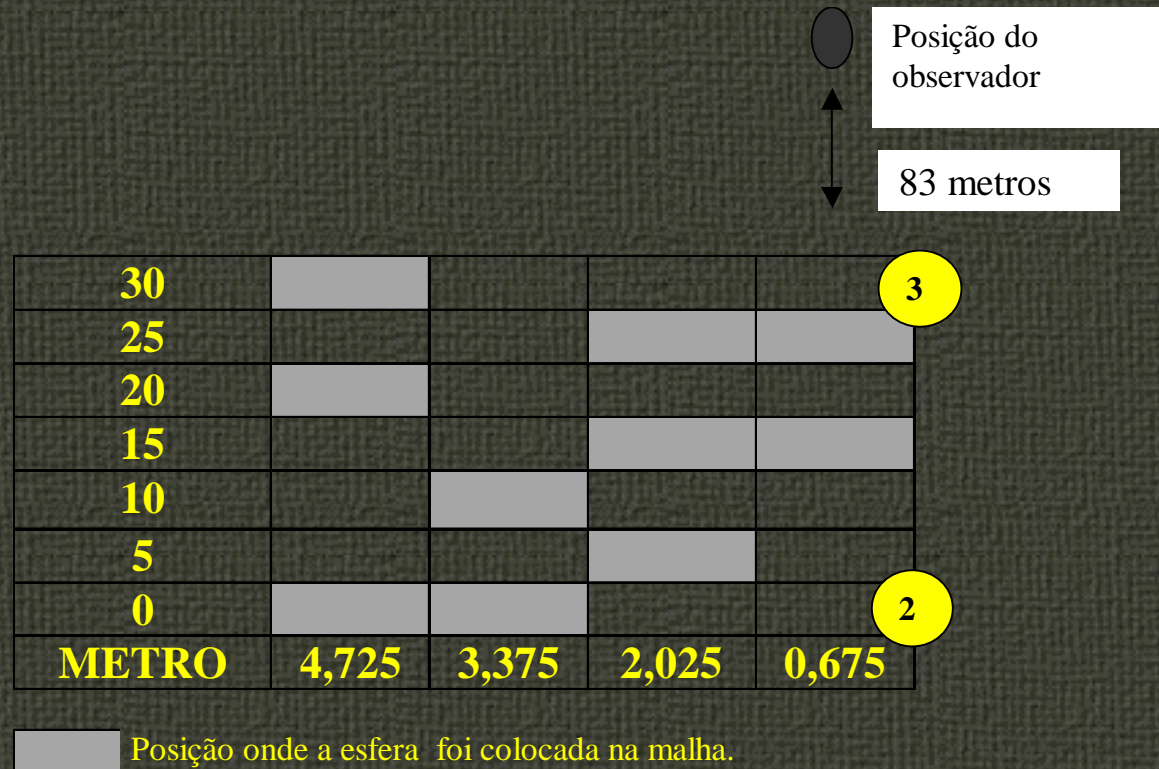


Figura – A malha e as posições nas quais o objeto alvo (esfera) foi colocado, entre as luminárias n. 2 e 3.



Pontos da malha (marcas brancas) e fotômetros utilizados



Figura – Via onde o experimento foi realizado (lado oposto ao local onde os observadores ficaram posicionados). Fonte: fotos do autor.

ENE 5701-3-06, maio, 2003

170



Atividades do experimento realizado na CUASO/USP



Figura – Objeto para mira, luminômetro (superior); e iluminância no pavimento, VSAP. Fonte: fotos do autor.



**Tabela 1 - Iluminância média e “Eficiência” de instalações, CUASO/USP
– Rouen/CETE , ambas sob condição nominal (fluxo luminoso a 100 %).**

Ref.: p. 174; Tab. 3.

Local	Iluminância média (lx)	Potência (W/ponto luz)	“Eficiência” luminosa (lmx/ W)
Rouen (150 W)	(36,6 ± 6,3)	169,8	(216 ± 37)
Brasil (250 W)	(53,7 ± 18,1)	285	(188 ± 63)



Tabela 2 - Luminância média e “eficiência” de instalações, CUASO/USP – Rouen/CETE , ambas sob condição nominal (fluxo luminoso a 100 %). Ref.: p. 177; Tab. 4.

Local luminosa	Luminância média (nit)	Potência (W/ponto luz)	“eficiência” (lm/ W)
Rouen (150 W)	(3,45 ± 0,43)	169,8	[45,3]
Brasil (250 W)	(3,46 ± 0,49)	285	[48,3]



Referencias coligidas [6]

Faixas para luminância:

- na Holanda (Commission on Public Lighting of the Netherlands Foundation on Illumination, May, 1959), mostrou “aumento do desempenho visual para aumento da luminância, o qual é dito ocorrer, particularmente, na faixa de (0,5 a 2) nit;
- na Inglaterra, a faixa de (0,5 a 1,5) nit (BS 5489, *part 2*, 1987);
- *Draft CEN/TC 169 N139E*, 1996, faixa de (0,3 a 2,0) nit e [(U_o (0,35 e 0,4); UI (0,4 a 0,7); TI (10 e 15); SR igual a 0,5];
- IESNA RP- 8- 00: (0,2 a 1,2) nit;
- no Brasil, não existe !



Resultado (iluminância) – VSAP (150 e 250) W e MH 250 W (a 100%), USP/São Paulo e VSAP 150 W (CETE/Rouen).

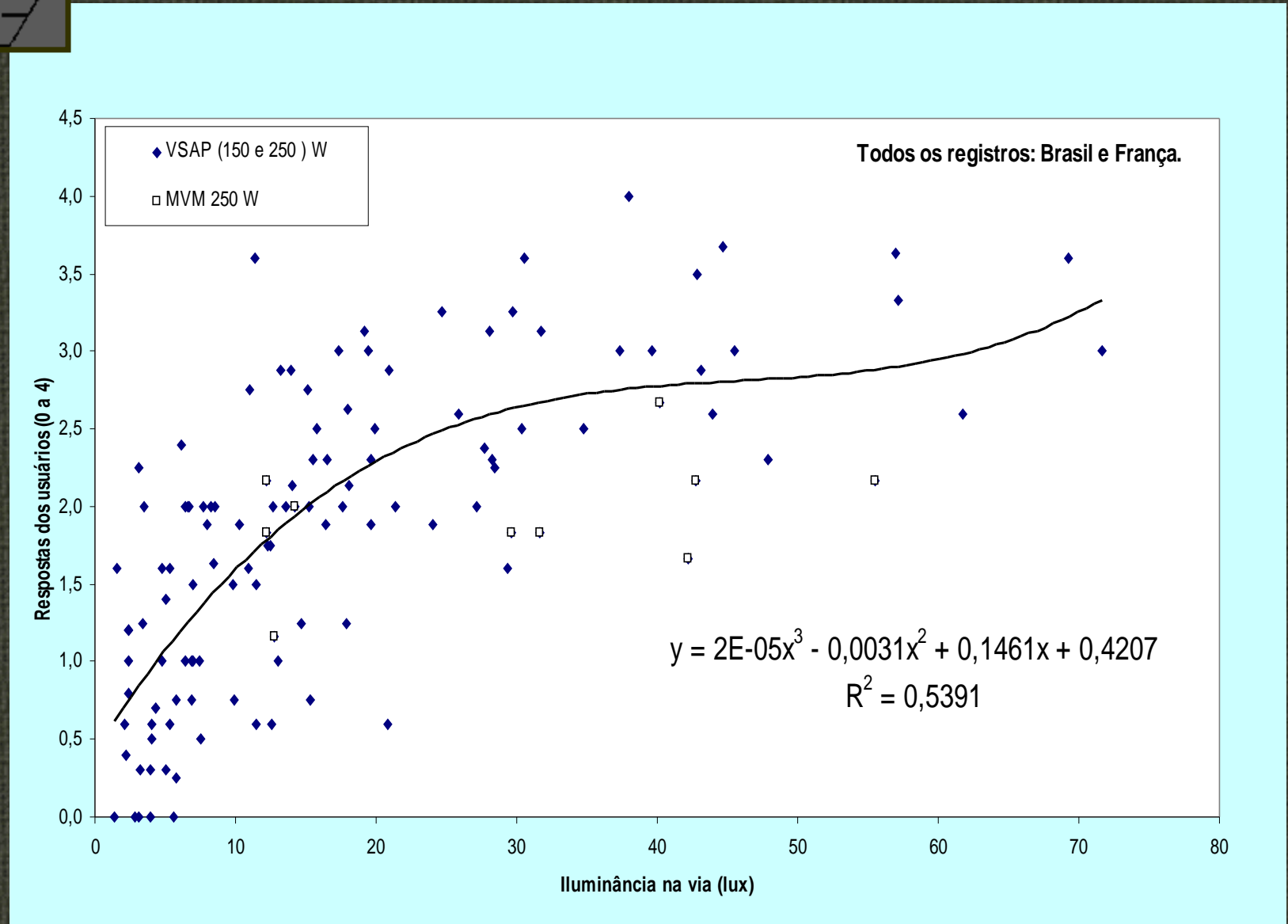


Figura - Avaliação da visibilidade de um alvo hemisférico e valores da iluminância horizontal no plano da via (30,15 m entre luminárias, com altura de 7,43 m).

Resultado (luminância) –
VSAP (150 e 250) W; MH 250 W (a 100%) USP/São Paulo (Brasil) e
VSAP 150 W (CETE/Rouen, França).

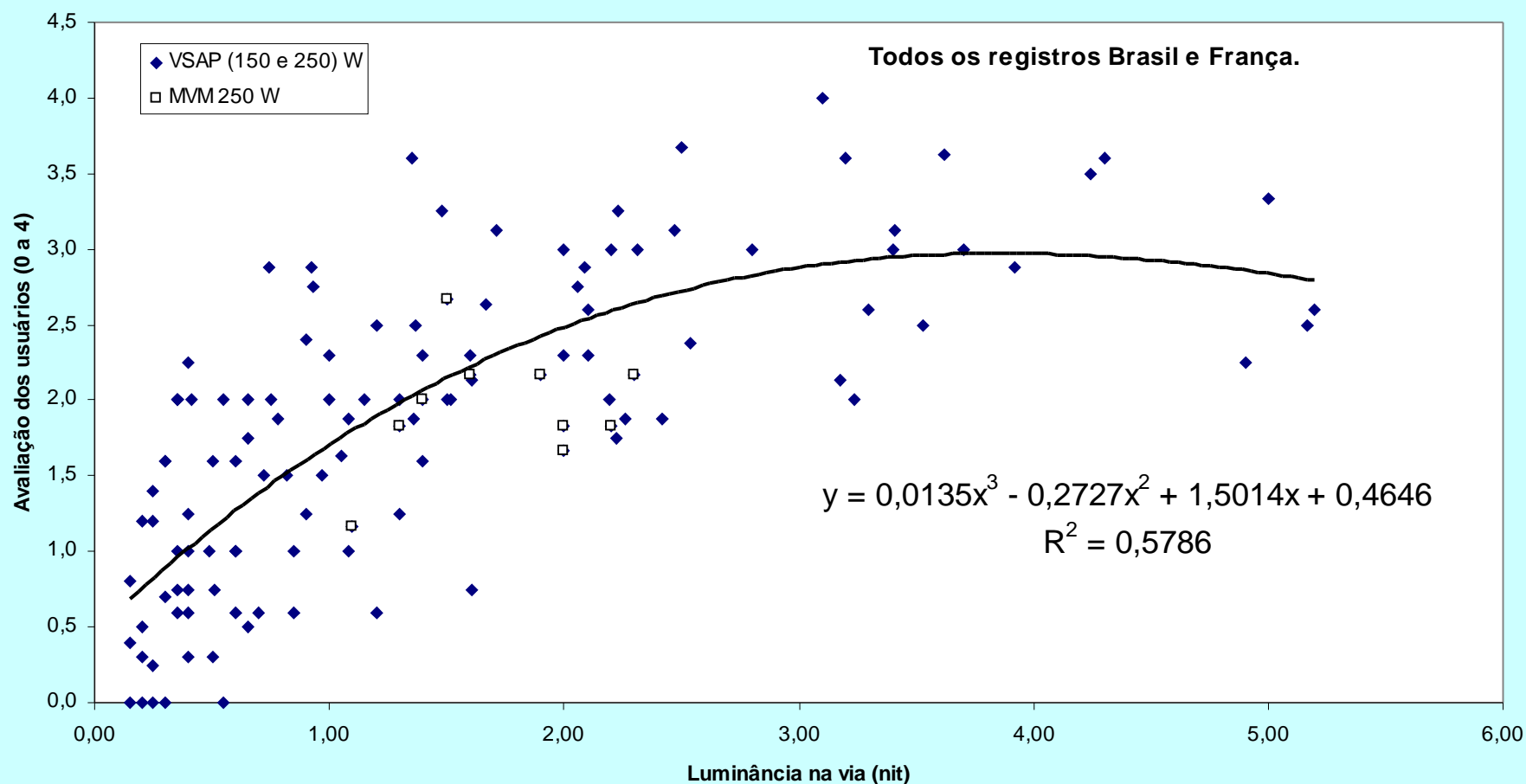


Figura – Avaliação da visibilidade a um alvo hemisférico e valores da luminância da via (superfície betuminosa) com distância de (30,15) m entre luminárias (altura de 17,43 m).



O local na cidade de Rouen, França, onde a segunda parte do experimento foi realizada



Figura – Via onde o experimento foi repetido (CETE, Rouen) na França e cujos resultados foram agregados aos resultados do Brasil. À esquerda sistema com 50 % do fluxo luminoso e à direita com 100 %.



Conclusão

- **Aos resultados da primeira parte do experimento realizado no Brasil (sobre redução de fluxo luminoso e visibilidade) foram agregados resultados da segunda parte do experimento, realizada na França, para lâmpadas a VSAP150W, utilizado o mesmo procedimento. A composição dos resultados foi para estudarmos os sistemas e buscarmos independência da visibilidade em relação ao sistema utilizado.**

Resultado, conjunto, disponível: No experimento realizado na França (VSAP150 W, à 100%) foi obtido o mesmo valor de luminância: 3,4 nit que obtivemos no Brasil também na condição 100% do fluxo luminoso (VSAP250 W).



Registros para medições em, SP, 2001.



Figura – Imagens de vias paulistas. Ref.: fotos do autor.

ENE 5701-3, 06 maio, 2003



Quanto de luz é necessário ?

Qual a refletância?

Figura – Enfase para registros de IP no Brasil (“remendos”). Ref.: foto

ENE 5701-3 06, maio, 2003
elaborada pelo autor.

180



Valor refletométrico



Esfera utilizada e escala para determinar a refletância



Figura – Foto do alvo utilizado no experimento, sobre superfície branca e ao lado uma escala referencial para a cor cinza neutra (norma inglesa BS 5252).

Fonte: foto do autor.



Elementos para referência

ENE 5701-3 06, maio, 2003

183



Registros com referenciais

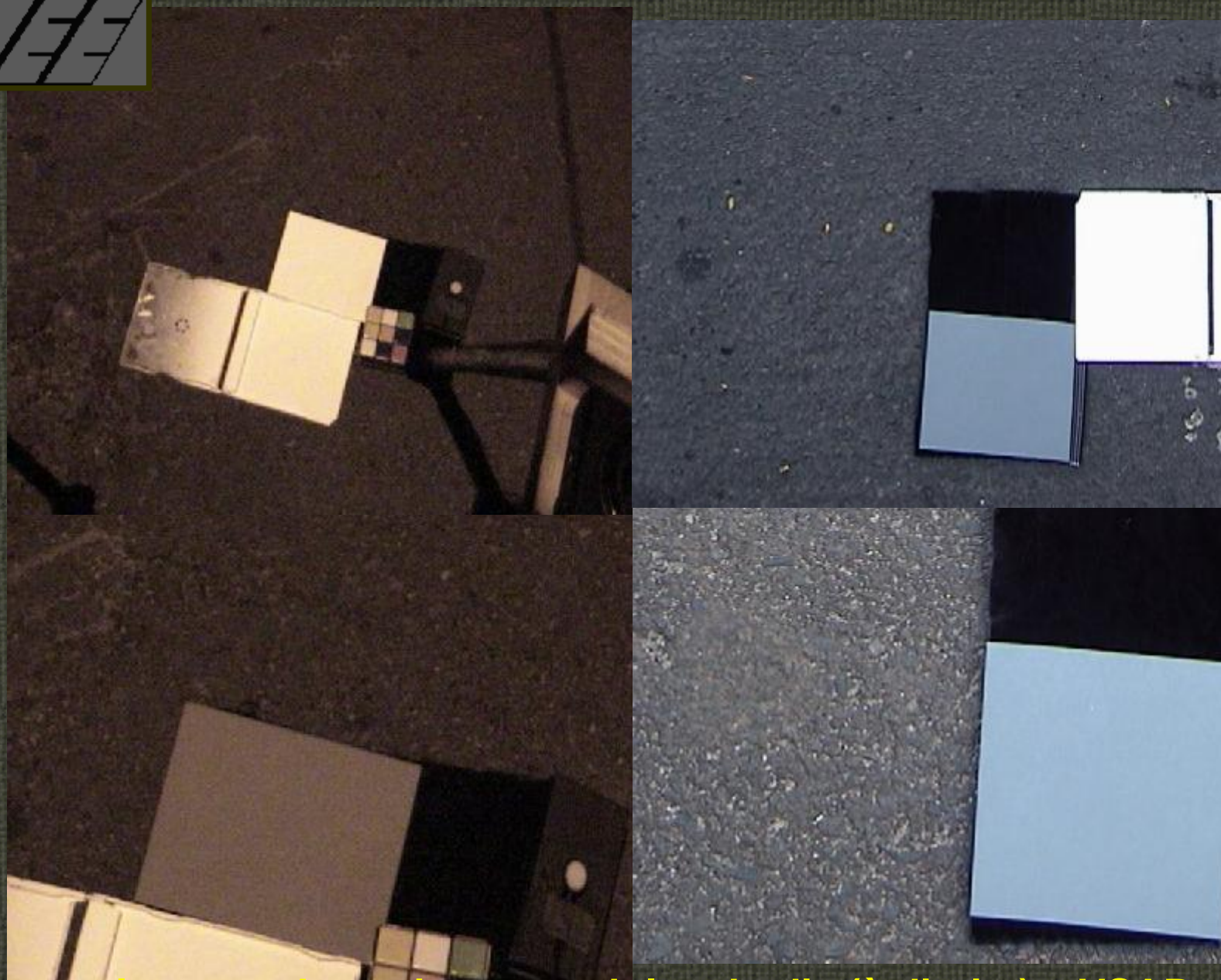


Figura – Imagem de pavimento sob luz do dia (à direita) e VSAP. 134 Ref.: fotos do autor.



Refletômetro desenvolvido: *Macbeth*

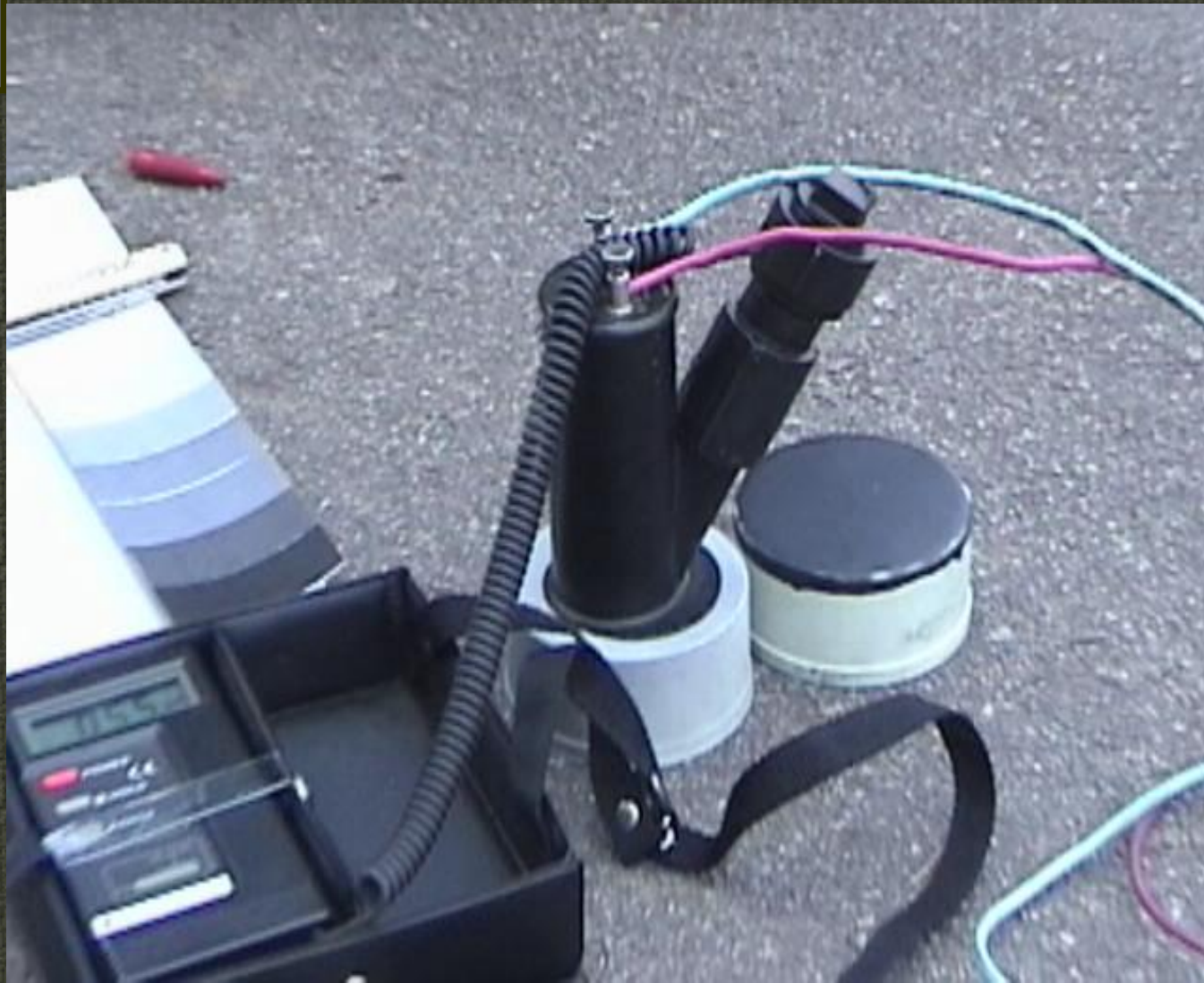


Figura - Imagem de pavimento: CUASO/USP e referencial (cinza e preto) durante procedimento de medição. Ref.: foto elaborada pelo autor.

ENE 5701-3 06, maio, 2003

185



Tabela - Fator de luminância para ambas as faces de papéis diversos. Ref.: p. 157; Tab. 2.

Folha de papel (cor branca), tamanho A4	Fator de luminância, $b_{0,30}$ (%)
comum novo (nominal, 75 g/m²)	
primeira impressão, face menos rugosa	(88,1 ± 1,0)
face com maior rugosidade	(87,4 ± 2,7)
vergê (nominal, 120 g/m²)	
primeira impressão, face menos rugosa	(88,0 ± 0,9)
face com maior rugosidade	(88,6 ± 2,2)
cartão (ou cartolina, gramatura não determinada)	
face menos rugosa	90
face mais rugosa	89
comum antigo (1993, nominal, 75 g/m²)	
primeira impressão, face menos rugosa	85,9
face com maior rugosidade	84,5
Placa com tinta à base de sulfato de bário	97



Amostra de pavimento sob ensaio

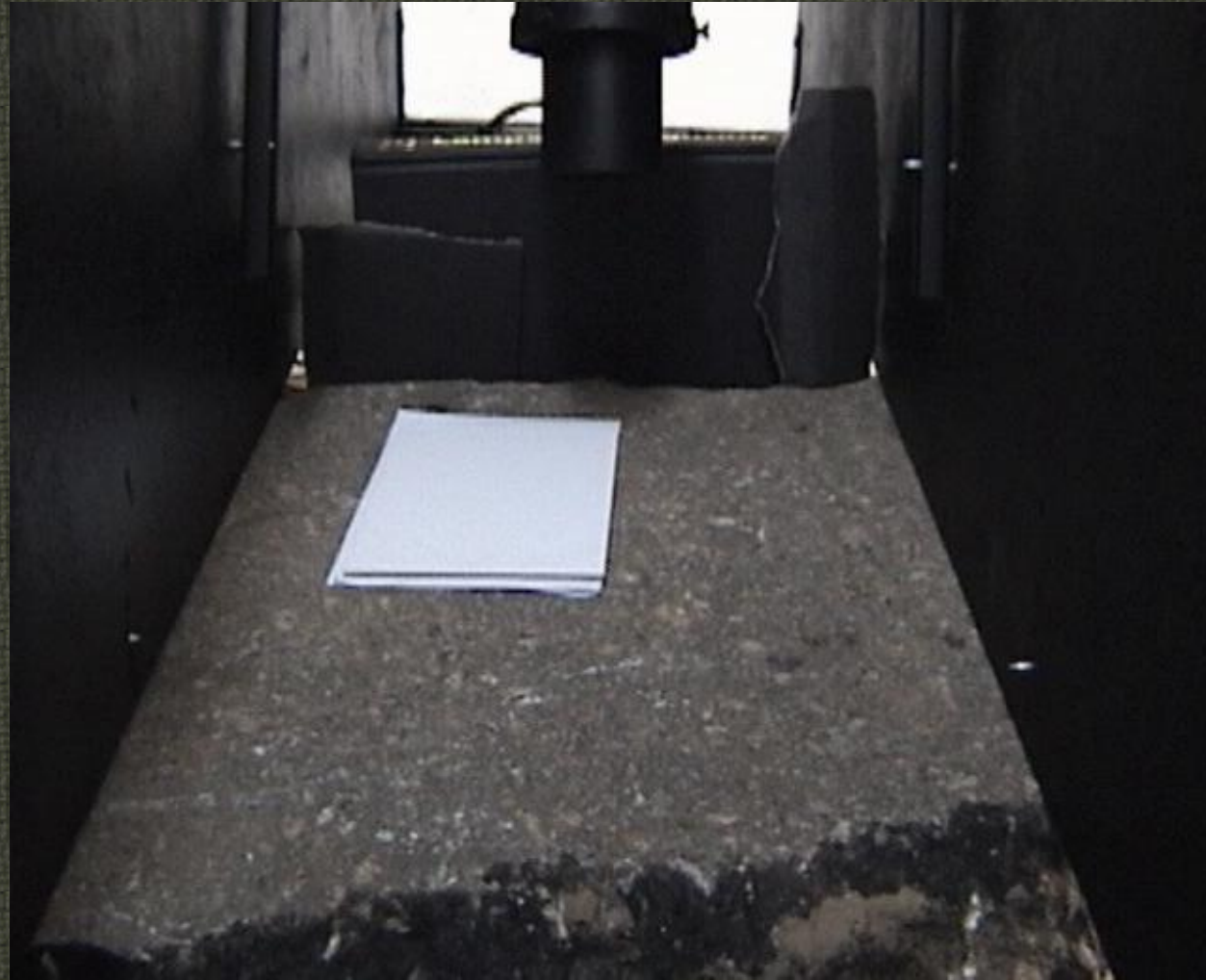


Figura - Imagem de pavimento: Anhanguera, S.P. e referencial (papel vergê, cor branca) durante procedimento de medição (angular). Ref.: Foto

ENE 5701-3 pelo autor 06, maio, 2003

187



Figura – Resultado com amostra da rodovia Anhanguera, S.P., coletada em 27/jun./2001 (Anel viário), em um plano, da variação do fator de luminância (“angular”) em relação ao ângulo de incidência da fonte de luz incandescente e sensor posicionado a 80 graus em relação a normal.

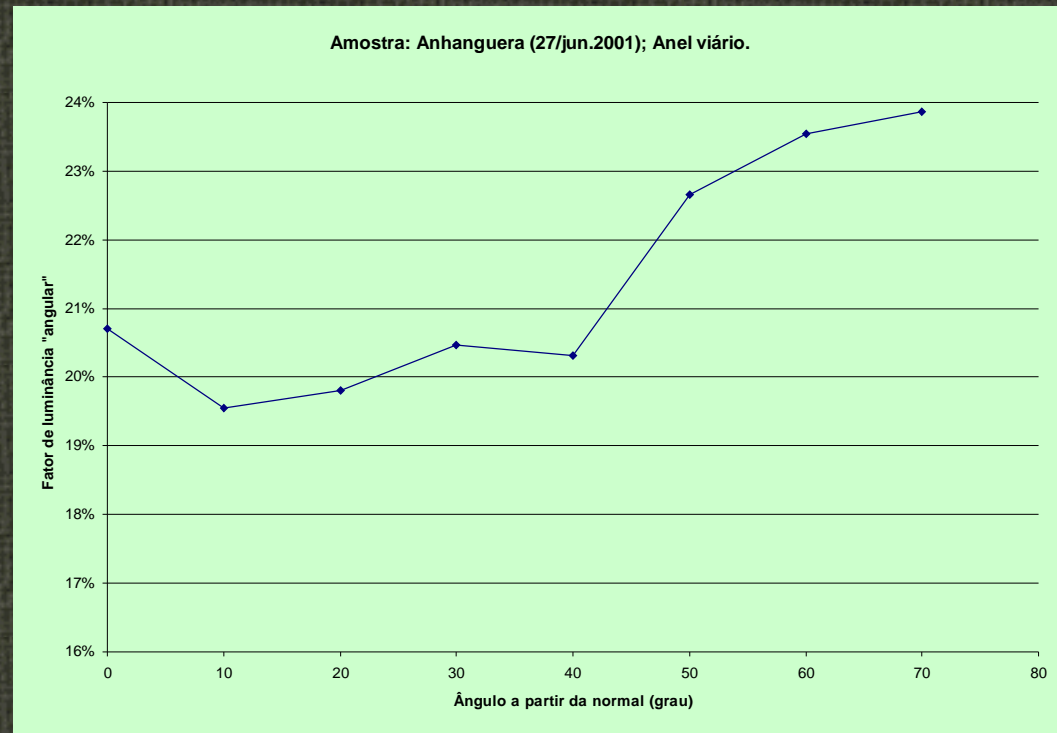


Tabela - Fator de luminância (angular) médio para amostra denominada Anhanguera, coletada em 27/jun./2001, no Anel viário SP. Ref.: p. 196; Tab. 7.

ângulo (grau)		fator de luminância b_v (%)	
incidência	visada		
0; 10; 20; 40	10; 20; 80	(19,6 ± 0,3)	
> 40	10; 20; 80	{lei de Fresnel}	
0; 10; 20; 40	80	(20,2 ± 0,5)	{ $b_{v,80}$ }
0; 10; 20; 40	10; 20	(18,6 ± 0,6)	{ $b_{v,10/20}$ }

Nota: O desvio associado ao valor médio do fator de luminância é relativo a um sigma e a referência angular (0) é a direção da normal.

ENE 5701-3, 06, maio, 2003



Detecção de radiação óptica

(fotometria)

O primeiro fotômetro visual

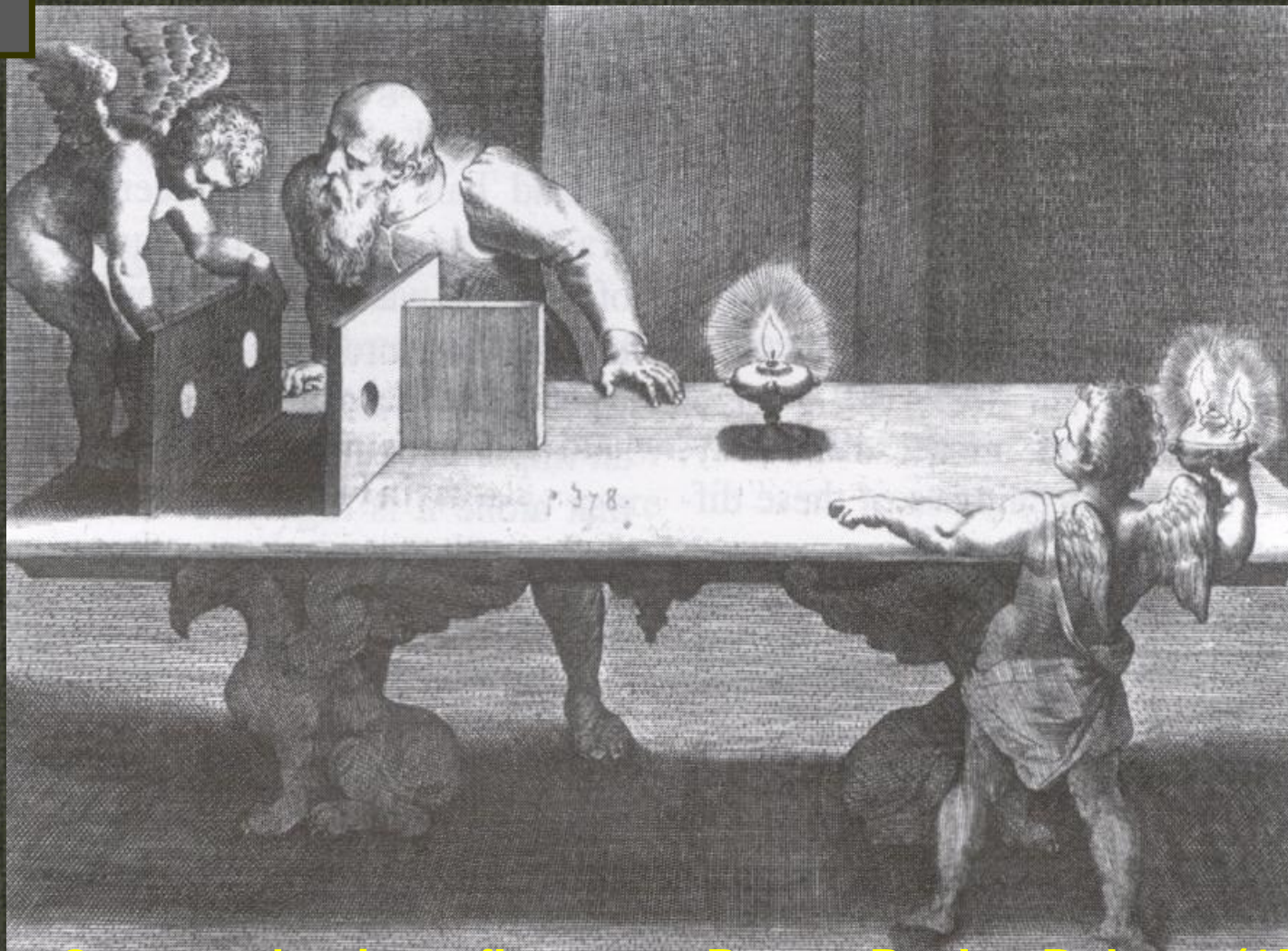


Figura – Gravura do pintor flamengo Pretus Paulus Rubens (1577-1640) do processo experimental usado para explorar a relação distância e iluminância (1613). Fonte: Lighting Res. Technol., v.34, n.1, p.83-84, 2002.



Tipo de câmera utilizada



Figura – A camera digital CCD: fotômetro.

Resultado de metodologia para amostragem utilizando imagem em tons de cinza e matriz de intensidade de pixel de uma região.



60	59	63	70	71	68	66	73	71	66	64	69	72	72	75	80	85	86	73	67	74	64	86
54	55	61	70	72	68	71	78	76	70	67	70	74	78	85	92	104	92	78	74	80	89	91
60	56	57	62	63	64	75	90	103	97	93	91	88	86	85	86	86	78	65	59	58	63	75
70	61	57	59	60	61	75	92	108	109	108	106	103	98	89	82	75	67	62	62	57	54	66
69	63	64	70	69	64	67	77	81	88	96	101	107	106	102	92	82	78	85	97	96	80	75
75	69	72	78	73	64	58	55	57	64	78	95	107	109	105	101	86	61	97	107	109	102	89
72	65	67	70	60	47	38	33	46	54	63	68	70	76	90	102	106	98	98	116	115	101	102
84	71	65	64	56	44	36	30	42	52	62	64	60	66	88	109	116	108	100	115	109	102	105
105	81	67	74	85	92	94	89	91	98	104	101	90	87	100	117	124	113	106	126	128	122	117
125	97	79	92	119	130	143	136	138	141	144	137	134	107	116	132	136	127	128	148	137	148	132
148	151	107	123	138	168	168	150	159	167	174	165	141	122	126	141	128	136	137	167	169	162	182
159	149	146	161	178	188	189	183	183	185	186	176	153	156	154	146	175	181	181	182	175	172	176
171	164	168	178	179	176	175	174	174	164	154	148	143	137	144	168	183	189	188	185	177	176	183
177	180	187	192	183	168	163	168	169	182	180	181	176	181	187	173	192	192	188	184	183	184	183
171	171	178	186	180	184	189	187	181	187	229	188	184	182	163	176	189	188	184	179	178	181	183
164	163	172	184	181	182	182	182	187	182	183	188	181	166	171	178	186	185	180	176	175	179	183
165	163	171	184	183	162	186	186	186	180	187	165	179	181	178	178	183	182	179	175	174	178	181
174	168	168	176	176	180	187	185	186	184	188	178	182	182	178	179	180	180	180	177	175	177	178
181	174	165	167	167	187	184	182	180	181	184	194	190	182	178	178	182	184	182	180	179	178	178

Figura – Imagens (arquivo original e modificado) e matriz dos valores numéricos de pixel. Ref.: Montagem realizada a partir de imagem digital com luz do dia e software: Microsoft Paint e Pixel calculator.

ENE 5701-3 06, maio, 2003

192

Resultados de metodologia para amostragem utilizando segmento de reta: RGB e intensidade.

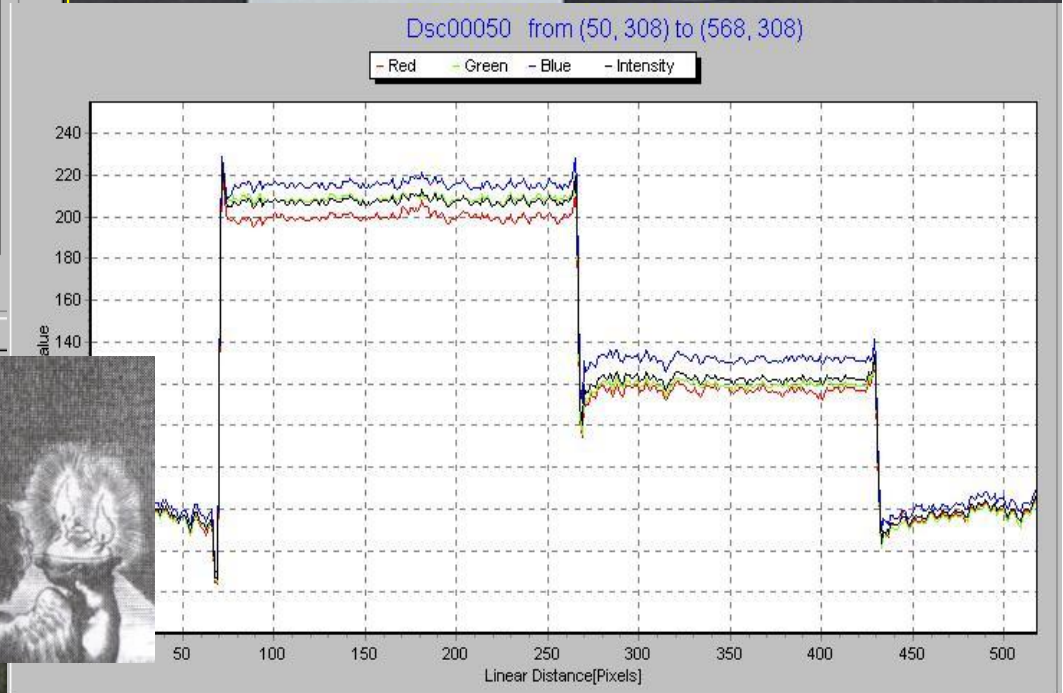
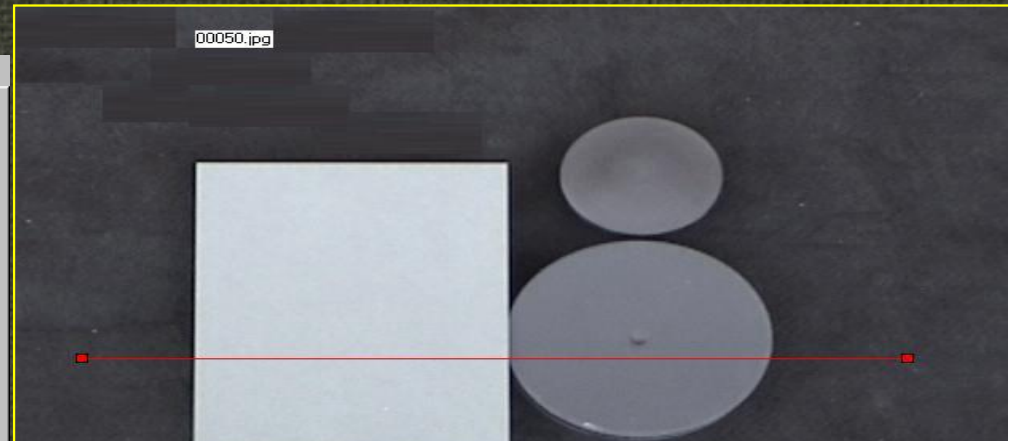
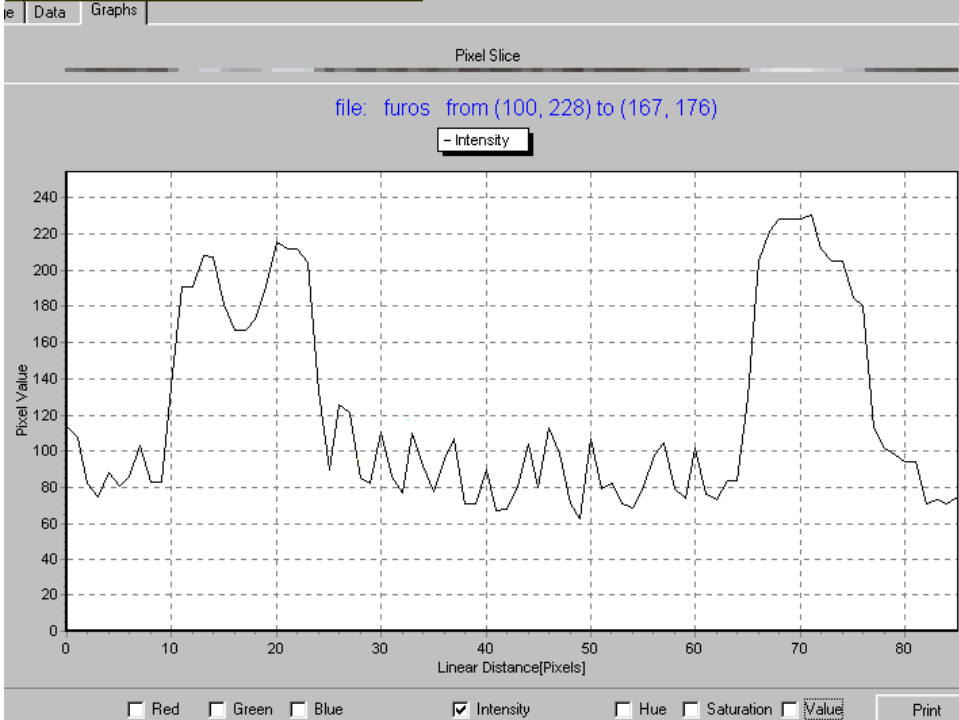


Figura – Curvas do valor numérico de pixel (canais: RGB e/ou intensidade). Ref.: À direita montagem realizada a partir de foto do autor e software aberto: pixel view.

Amostras de pavimento e distribuição resultante

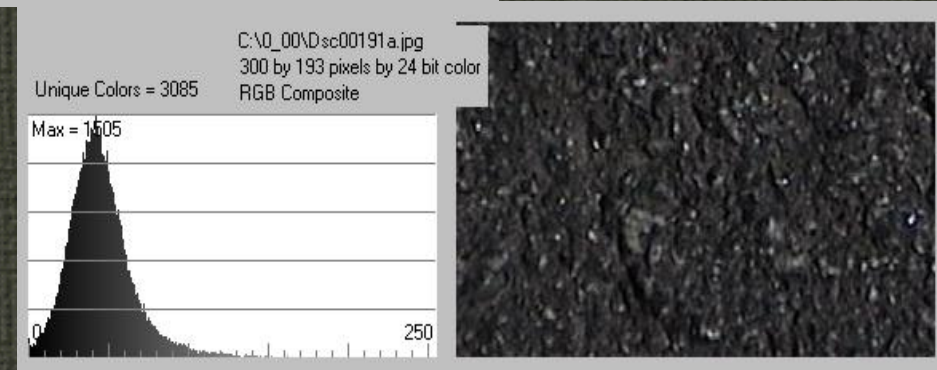
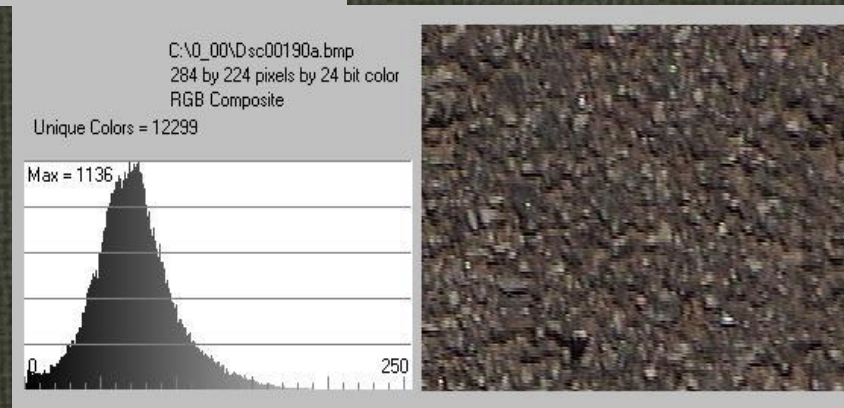
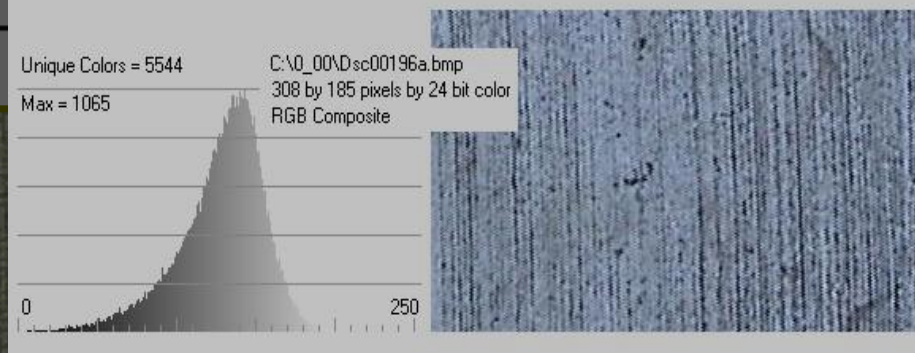


Figura – Etapa do processamento de imagens (superior: concreto *with topping*, USP; centro rodovia Anhanguera; inferior: CUASO), durante o procedimento de cálculo do fator de luminância. Iluminante: LD.

ENR 57018 06 maio 2009
elaborados pelo autor.

Ref.: Araújo e foto
194



Refletância:

desenvolvimento de equipamento



Esfera integradora especial

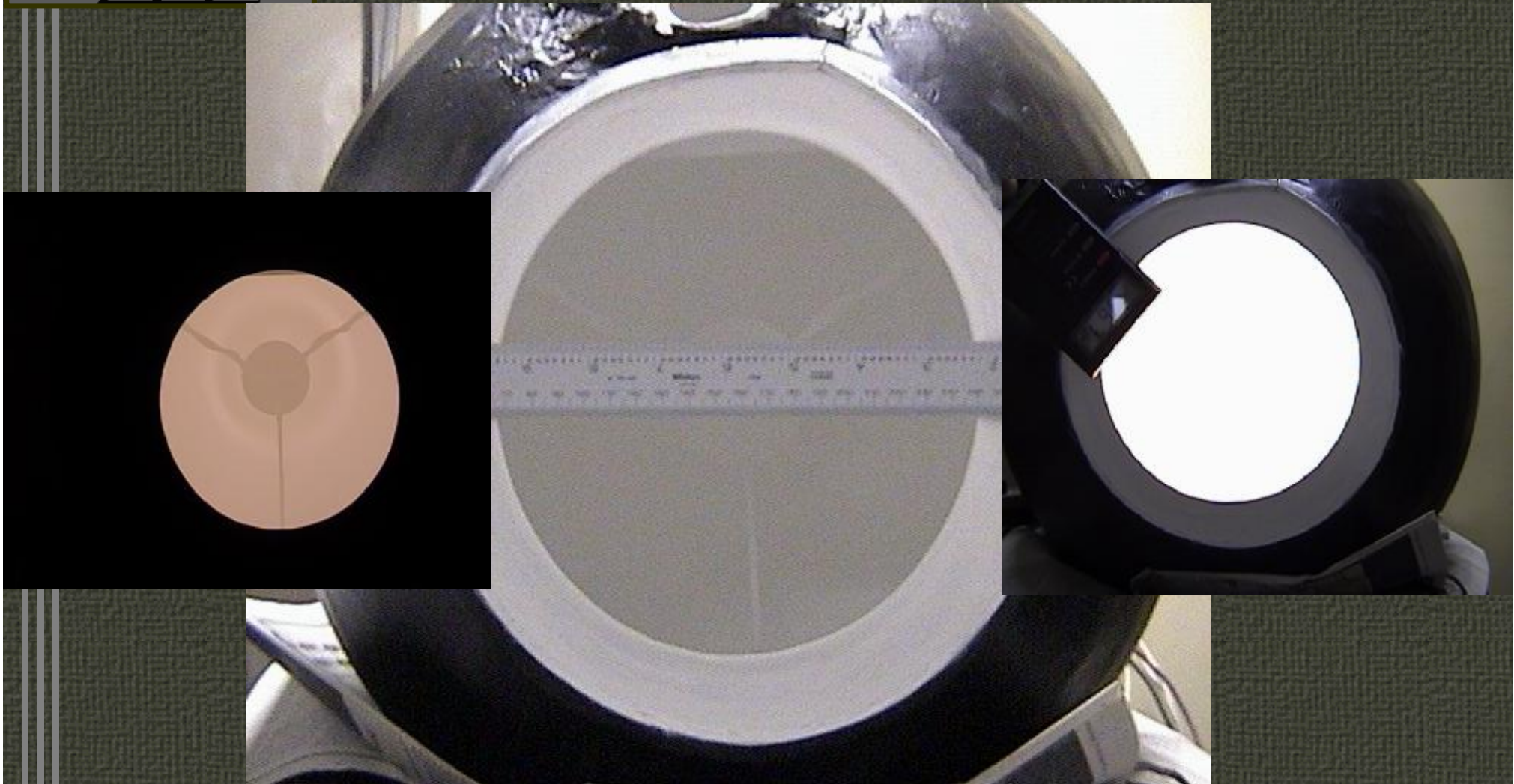


Figura – Esfera integradora especial (duas portas), régua na abertura para amostras e fonte de luz desligada. As imagens laterais (menores) mostram situações com intensidades luminosas diferentes.

ENE 5701-3 06, maio, 2003

196

Ref.:

Desenvolvimento tecnológico e fotos realizados pelo autor.



Amostra de pavimento



Figura – Imagem da “mascara” (referencial) durante procedimento de aproximação da imagem (trecho norte do Anel viário Mario Covas, em São Paulo, referencial branco utilizado apenas para fins de maior contraste). Ref.: Aranjo e foto elaborados pelo autor.

“Função de transferência” para a câmera digital utilizada



Calibração: resultado projeto mascara (fundo: 76 pixels)

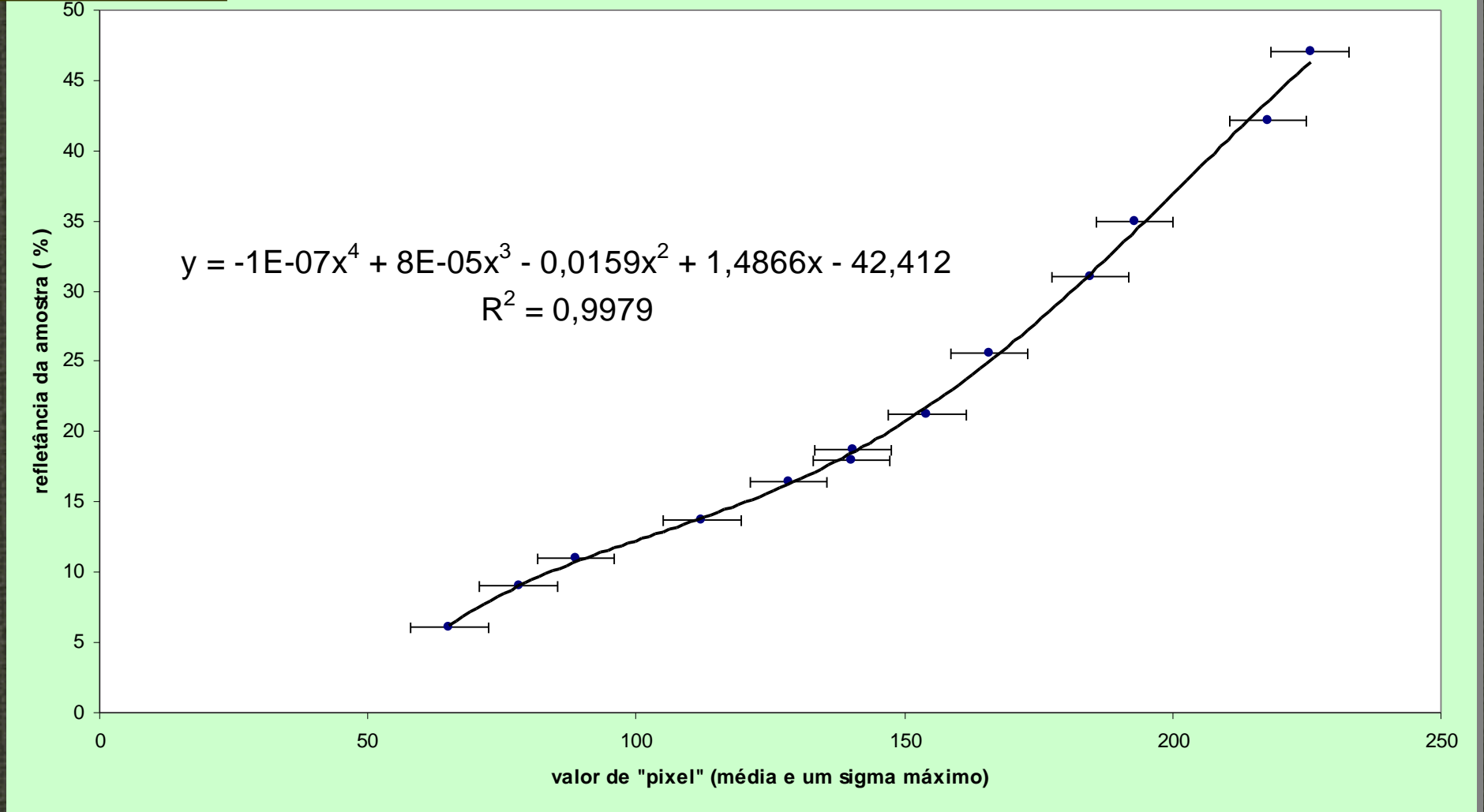


Figura – Curva para calibração (substrato refletância 84 %, fundo projetado com valor de “pixel” 76 e referencial para controle, cartão com refletância de 18 %) da resposta da câmera digital (F1,6 e (1/100)s), função de transferência.

EN 17043:2009, maio, 2009



Tabela - Fator de luminância de pavimentos [figuras: 3.(1.3.2; 2.2.2 e 5.1)]. Ref.: p. 201; Tab. 8.

Tipo (amostra)	Fator de luminância (refletância) (%)
concreto withetopping (Rua Matão)	(25,0 ± 1,3)
Anhanguera	(19,3 ± 1,5)
CUASO/USP (arq.: 38)	(10,7 ± 2,4)
Anel viário: asfalto	(11,4 ± 2,0)
Anel viário: concreto	(25,7 ± 1,2)



Um Sistema para a Iluminação (IP)

Registros de medição em São Carlos, SP, nov., 08, 2001.



Figura – Abaixo, à esquerda: Av 7 set. com “apagão”. Ref.: fotos do autor. 201



Coeficiente de luminância: pavimento no CUASO/USP

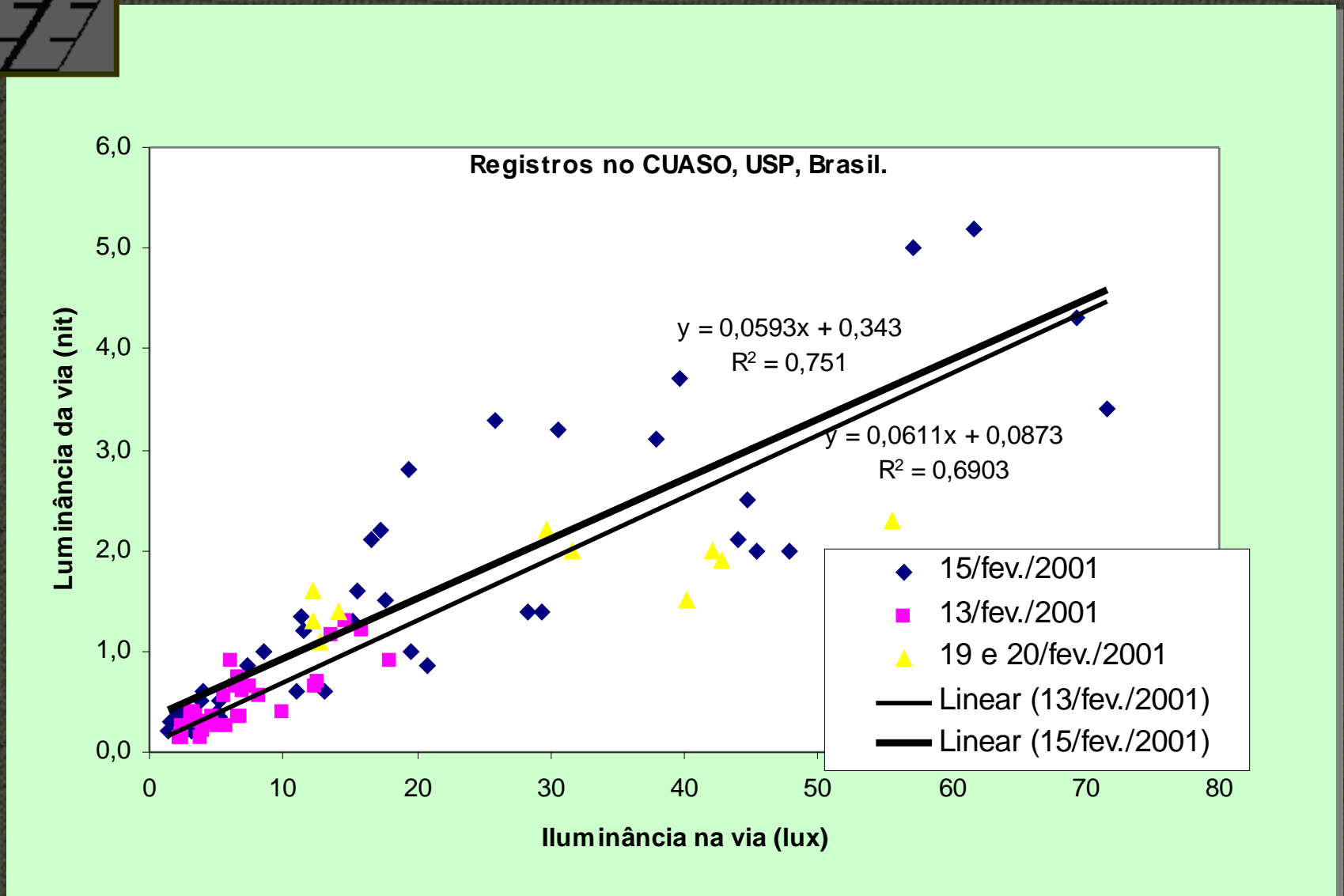


Figura – Correlação entre o fluxo luminoso incidente, por unidade de área, na superfície, e a luminância no mesmo ponto da via, da posição do observador (83,15 m), 3 sistemas iluminantes e as 10 posições da esfera.



Coeficientes de luminância: USP/São Paulo e CETE/Rouen

Todos os registros: Brasil e França.

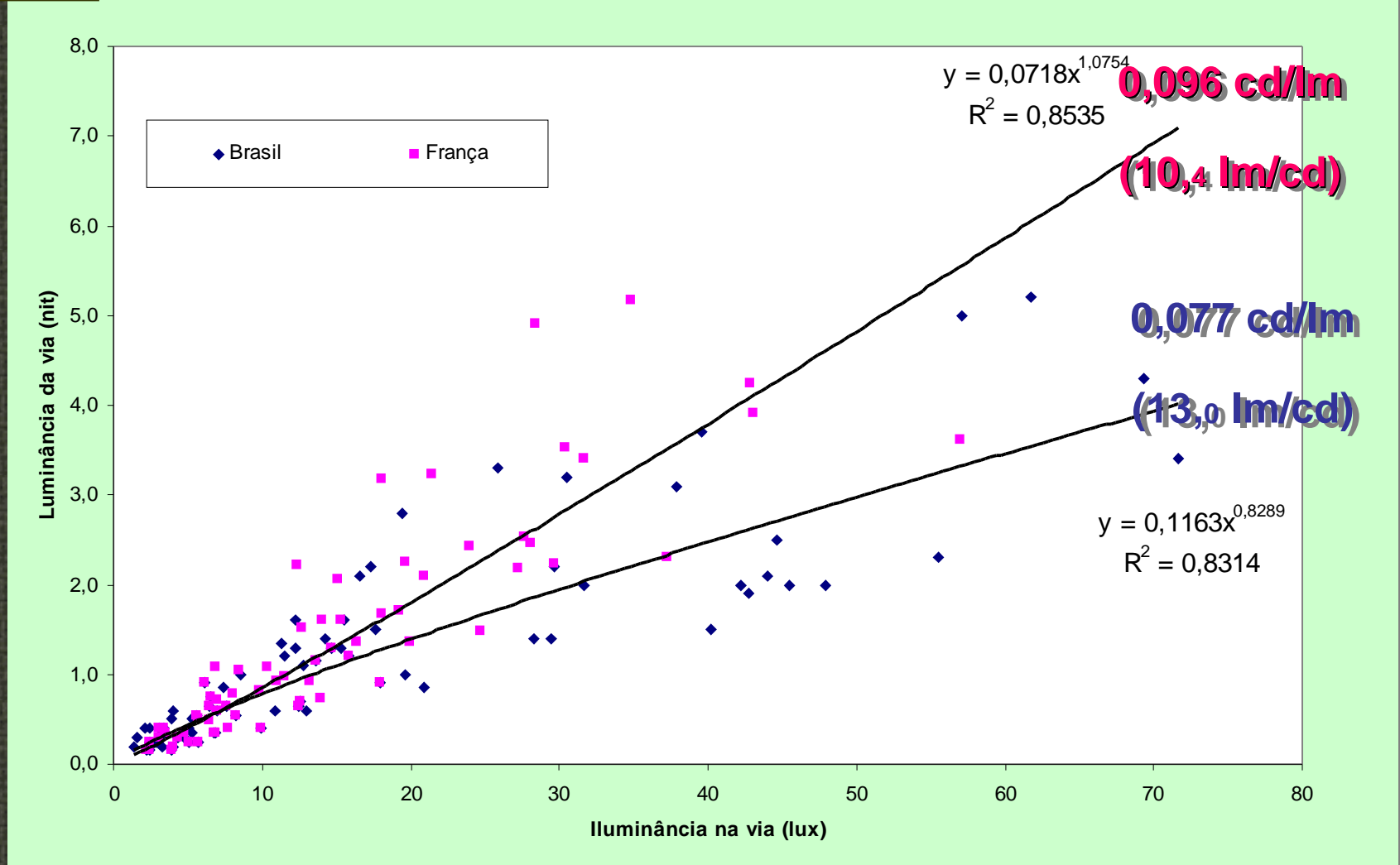


Figura – Relação entre o fluxo luminoso incidente por unidade de área da superfície, E, e a L da superfície da via na posição do observador. Sistemas iluminantes diferentes e todas as 10 posições em que a esfera foi colocada.

ENE 5701-3 06 maio 2003

203



Conclusões

Um projeto de iluminação necessita considerar possível alteração na sensibilidade do olho humano devida a própria iluminação.

Foram identificadas necessidades para o setor da iluminação de países em desenvolvimento, realizado desenvolvimento que permitiu conhecimentos (ainda não disponíveis) para avaliação de uso final da energia e para elaboração de projetos, inclusa proposta original para avaliação simplificada de (luminância) refletância de superfícies, particularmente daquelas que são típicas junto à IP no Brasil.

A luminância e visibilidade são conceitos recomendados para integrarem (efetivamente) a NBR 5101, (2003 ?) e serem utilizados como ponto de partida a um monitoramento periódico para manutenção de padrão de qualidade a ser estabelecido na IP.



Conclusões

É possível estabelecer correlação entre a resposta de usuários da IP, sob adaptação visual mesópica e medições físicas tradicionais, iluminância e luminância; entre ambas as medições e um sistema para a iluminação;

Um sistema de IP que fornece, continuamente, mais de 3cd/m^2 , conforme o resultado apresentado pela pesquisa, não traz qualquer melhoria à visibilidade, e

sob o ponto de vista do uso energético pode ser considerado desperdício de recurso.



Conclusão

- Com base no experimento realizado, o valor de 1 cd/m² (suficiente para “reconhecimento médio” a objeto hemisférico, em vias urbanas, com pouco tráfego e tempo bom) foi relacionado ao consumo de energia elétrica, medida, de aproximadamente 163 W (65 % do valor nominal de sistema VSAP 250 W ou redução de cerca de 50 % no fluxo luminoso disponível sob condição nominal).



Conclusões da avaliação a “alvo hemisférico”

Com base no índice (R) que indica a qualidade da correlação podemos dizer que critério com base em iluminância não deve ser o melhor, sendo preferível, caso seja possível (e praticável), o uso da luminância para termos “reconhecimento médio” a objeto com forma hemisférica (visibilidade).

O valor de luminância estabelecido neste trabalho (1 cd/m^2), isoladamente pode ser considerado pouco significativo e talvez questionado por ser demasiadamente baixo. Tais afirmações não poderão ser sustentadas quando fazemos referência, por exemplo, ao universo utilizado por Mace [10], onde cerca de 77 % das instalações de IP apresentadas têm luminância média igual ou inferior ao valor de $1,3 \text{ cd/m}^2$ [anteriormente estabelecido como capaz de suprir, em base média, resposta de valor 2, necessidade visual, humana, de usuários a $(98 \pm 15) \text{ m}$].



Enfatizando e complementando o que foi dito; contribuição ao estado da arte

- @ A pesquisa elaborada encerra estudo teórico e experimento que estabeleceu correlação, principalmente, entre a satisfação de usuários da iluminação pública, sob adaptação visual real, em campo, e medições físicas tradicionais, iluminância (usual) e luminância (pretendida em revisão normativa em curso); e indicou caminho factível para avaliar a melhoria da eficiência energética, num horizonte ampliado, aos sistemas de IP para países em desenvolvimento como o Brasil.**

- @ A busca pela eficiência do uso energético em IP, apenas com base na troca de elementos da instalação é limitada, não tem ocorrido com velocidade suficiente (em certas regiões), nem com a racionalidade desejável e possui dependência de tecnologia gerada no exterior.**



Contribuição ao estado da arte

@ O trabalho apresentado não mudará o cenário atual, radicalmente, ele aponta para uma outra direção (que possui interface com a infra estrutura, área de suporte aos transportes viários), mostra que uma solução pode ser implementada localmente, cujo resultado pode ter impacto significativo no balanço energético do meio urbano também no período diurno, ilhas de calor.



Em resumo:

- # Foi estabelecida correlação entre necessidades visuais externadas por usuários de IP e medição física associada (resultado em conformidade com a lei de Fechner);
- # Foi estudado o critério de qualidade luminância e refletância, em relação à energia utilizada para iluminação de vias públicas; indicada alternativa ao padrão de consumo energético da IP, sem redução da visibilidade provida por padrões em uso;
- # Verificada ocorrência de saturação para as respostas de usuários próximo ao valor teórico de luminância atribuído à transição entre condição de visão escotópica para visão fotópica;
- # Foi identificado para uma via urbana, em termos de satisfação mediana da resposta de seus usuários para visibilidade a objeto hemisférico, a luminância de 1 cd/m^2 e consumo energético de uma instalação VSAP 150 W típica;
- # Foram construídos e utilizados refletômetros (referenciais de cinza e tinta especial);



Em resumo:

- # O refletômetro a CCD (e sua metodologia) é ferramenta viável;
- # Foram implementados métodos para a determinação do fator (e coeficiente) de luminância (refletância) de amostras diversas, inclusa superfície de pavimentos típicos;
- # O fator de reflexão obtido para pavimentos indica existir relação da ordem de 2,2 para o concreto, quando comparado ao asfalto convencional. Para a superfície do pavimento original de rodovia paulista (denominada Anhanguera), considerada variação angular de incidência da fonte de luz e observação, 0,2 é o fator de luminância típico determinado (patamar próximo ao dobro do asfalto convencional);
- # O critério de luminância é superior ao de iluminância, porém não é definitivo, um critério de visibilidade (com base em contraste de luminâncias) deve ser investigado para aplicação futura.



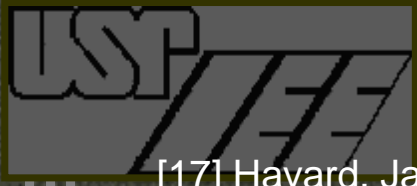
Referências bibliograficas (minuta)

- [1] Internet , museu virtual.
- [2] Internet , NASA.
- [3] Isobe, Syuzo, Energy Loss of Light Ejected into Space, 3rd European Conference on Energy-Efficient Lighting, 1996.
- [4] Burini, Elvo Calixto, Junior; A. Bacelar, D.Chatelier, /Visibility and Energy Savings in lighting”, apresentado no IESNA Annual Conference, Ottawa, Canada, em 7 de agosto, 2001/.
- [5] Burini, Elvo Calixto, Junior / EFICIÊNCIA EM USO FINAL DE ENERGIA RADIANTE E REQUISITOS LUMINOTÉCNICOS PARA VISIBILIDADE apresentado na disciplina Seminário Geral do PIPGE, em 30/nov., São Paulo, Brasil, 2001/.
- [6] NBR 5101 – Iluminação Pública – Procedimento, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Agosto 1992.
- [7] CIE TC 4-37 - Road Transport Lighting for Developing Countries.
- [8] Catálogo de fabricante.
- [9] Catálogo DERSA: Sistema Rodoviário Trabalhadores.
- [10] Halsted, Charles P. Brightness, Luminance, and Confusion (<http://www.crompton.com/wa3dsp/light/lumin.html>).
- [11] Sweet, Sweet, Arthur J. Fundamentals of Rural Highway Lighting, Transactions I.E.S., p.481-506, may, 1936.
- [12] Barrows, William E. Light, Photometry, and Illuminating Engineering, Third Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London, 1951.
- [13] Reid, Kirk M.; Chanon, H.J. Studies in Fundamentals of Highway Lighting, Transactions I.E.S., p.119-162, february, 1936.
- [14] Recommendations on Public Lighting, Commission on Public Lighting of the “Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde” (Netherlands Foundation on Illumination), 73p., translation, May, 1959.
- [15] <http://radsite.lbl.gov/adeline/adbr9.htm>.
- [16] Rea, Mark; Van Derlofske, John; Lingard, Robert /Roadway Lighting as a System: New Opportunities 19th IESNA Street and Area Lighting Conference, Minneapolis, Minnesota, EUA, sept. 2000/.

ENE 5701-3 06, maio, 2003

212





Referências bibliograficas (minuta)

- [17] Havard, James Visibility and Lighting Parameters in Roadway Lighting, Proceedings of the Symposium CIE Division 4 and 5 Meeting, Toronto, Canada, September 3-8, p.47-53, 2000.
- [18] Cool Pavements Lower Temperatures (<http://www.eetd.lbl.gov/HeatIsland/Pavements/LowerTemps/>).
- [19] Rea, Mark S. Lighting Handbook, Reference & Application, IESNA – Illuminating Engineering Society of North America, 9TH Edition, 2000 .
- [20] Night Vision (<http://www.lrc.rpi.edu/Projects/night.html>).
- [21] A. Bacelar, D. Chatelier, E.C. Burini, /Visibility and Energy Savings in public lighting “, E.C. Burini, A. Bacelar, D.Chatelier, apresentado no Congresso Internacional de Iluminação, Istanbul, Turquia, set., 2001/.
- [22] Fischer, D. European approach to the luminance aspect of roadway lighting, JOURNAL of the ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY - JIES, p.111-119, january, 1975.
- [23] Barbosa, H. “Iluminação de Interiores” Separata do Boletim do Instituto de Engenharia de São Paulo, 1932.
- [24] BS 5252: BSI, London.
- [25] BURINI JUNIOR, Elvo Calixto; BURANI, Geraldo Francisco; SAUER, Ildo Luís; FERREIRA, Milton Martins e BACELAR, Alexis. Requisitos à Iluminação Pública – IP para o transporte viário no Brasil. Trabalho apresentado a 6. Conferência Pan-Americana de Iluminação – Lux América 2002, 2002, San Miguel de Tucumán, Argentina, 24-27, Junho, 2002.





Referências bibliograficas (minuta)

- [1] Internet , museu virtual.
- [2] Internet , NASA.
- [3] Isobe, Syuzo, Energy Loss of Light Ejected into Space, 3rd European Conference on Energy-Efficient Lighting, 1996.
- [4] Burini, Elvo Calixto, Junior; A. Bacelar, D.Chatelier, /Visibility and Energy Savings in lighting”, apresentado no IESNA Annual Conference, Ottawa, Canada, em 7 de agosto, 2001/.
- [5] Burini, Elvo Calixto, Junior / EFICIÊNCIA EM USO FINAL DE ENERGIA RADIANTE E REQUISITOS LUMINOTÉCNICOS PARA VISIBILIDADE apresentado na disciplina Seminário Geral do PIPGE, em 30/nov., São Paulo, Brasil, 2001/.
- [6] NBR 5101 – Iluminação Pública – Procedimento, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Agosto 1992.
- [7] CIE TC 4-37 - Road Transport Lighting for Developing Countries.
- [8] Lighting Design + Application, www.iesna.org, Illuminating Engineering Society, 2000.
- [9] Tecnologia e Conservação da Iluminação, Workshop Iluminação Pública e Qualidade de Vida, Sala do Conselho da USP, São Paulo, 15 de junho de 1999.
- [10] Internet , CIE div.8.
- [11] Halsted, Charles P. Brightness, Luminance, and Confusion (<http://www.crompton.com/wa3dsp/light/lumin.html>).
- [12] Sweet, Sweet, Arthur J. Fundamentals of Rural Highway Lighting, Transactions I.E.S., p.481-506, may, 1936.
- [13] Barrows, William E. Light, Photometry, and Illuminating Engineering, Third Edition, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London, 1951.
- [14] Reid, Kirk M.; Chanon, H.J. Studies in Fundamentals of Highway Lighting, Transactions I.E.S., p.119-162, february, 1936.
- [15] Recommendations on Public Lighting, Commission on Public Lighting of the “Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde” (Netherlands Foundation on Illumination), 73p., translation, May, 1959.
- [16] Finnish Road Surface Monitoring System (<http://www.vti.se/Nordic/3-99mapp/399fi1.html>).
- [17] van Bommel, Wout ROAD-LIGHTING RESEARCH OVER THE PAST 80 YEARS; WHAT LESSONS CAN WE TAKE WITH US INTO THE NEXT MILLENNIUM? CIE 24TH SESSION - WARSAW, p.174-178, 1999.
- [18] Rea, Mark; Van Derlofske, John; Lingard, Robert /Roadway Lighting as a System: New Opportunities 19th IESNA Street and Area Lighting Conference, Minneapolis, Minnesota, EUA, sept. 2000/.



Referências bibliograficas (minuta)

- [19] Rea, Mark S. Lighting Handbook, Reference & Application, IESNA – Illuminating Engineering Society of North America, 9TH Edition, 2000 .
- [20] Night Vision (<http://www.lrc.rpi.edu/Projects/night.html>).
- [21] Dynamic public lighting, Ministry of Transport of the Netherlands, Transport research center (AVV), Cover report, March 1999, 30 p.
- [22] Sweet, Kirk M.; Chanon, H.J. Studies in Fundamentals of Highway Lighting, Transactions I.E.S., p.119-162, february, 1936.
- [23] A. Bacelar, D. Chatelier, E.C. Burini, /Visibility and Energy Savings in public lighting “, E.C. Burini, A. Bacelar, D.Chatelier, apresentado no Congresso Internacional de Iluminação, Istanbul, Turquia, set., 2001/.
- [24] MOREIRA, V. A. ILUMINAÇÃO E FOTOMETRIA teoria e aplicação, Ed. Edgard Blucher Ltda, 1976.
- [25] Tanner, A. E. Light Trespass? Lighting Design + Application, IESNA, p.22-23, April 1986.
- [26] Barbosa, H. “Iluminação de Interiores” Separata do Boletim do Instituto de Engenharia de São Paulo, 1932.
- [27] MEDIÇÕES DA LUZ DO DIA EM TORNO DE 23° S - 47° O Anais da I CONFERÊNCIA PANAMERICANA DE ILUMINAÇÃO - LUX AMÉRICA, 25 a 27 de agosto de 1992, Abilux e Cobei, p.44-49, 1993.
- [28] ANALISE ECONÔMICA DE ALTERNATIVAS PARA ILUMINAÇÃO, ANAIS do VI Congresso Brasileiro de Energia, v. 3, parte D. Produção, Conversão e Uso da Energia, p.799-810, 1993.
- [29] Competitividade entre as alternativas tecnológicas para iluminação, Revista Eletricidade Moderna, Andara Editora Técnica e Cultural Ltda, Ano 21, nº 234, p.26-34, SETEMBRO, 1993.
- [30] BASES PARA POLÍTICA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA – ESTUDO DE CASO, /Apresentado em Seminário ENE 715, PIPGE, São Paulo, USP, 165p., agosto, 1994/.