

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



3. Consumo de energia elétrica e potencial de conservação

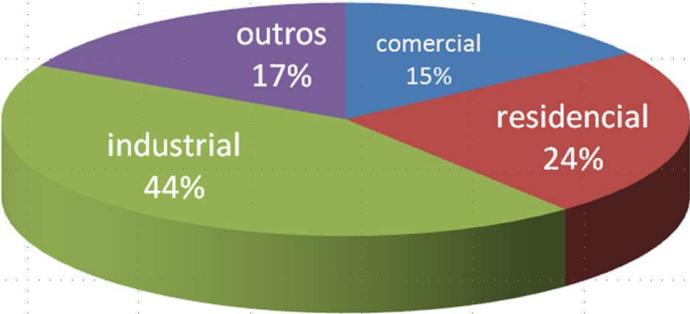
1

1

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Consumo de energia elétrica por setor

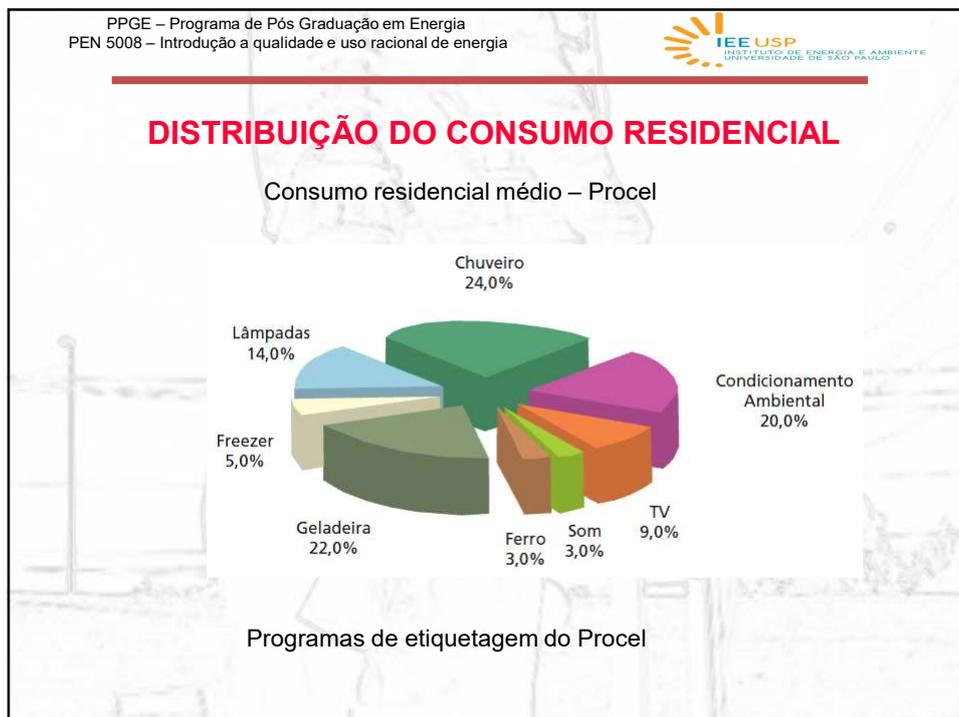


Sector	Percentage
industrial	44%
residencial	24%
outros	17%
comercial	15%

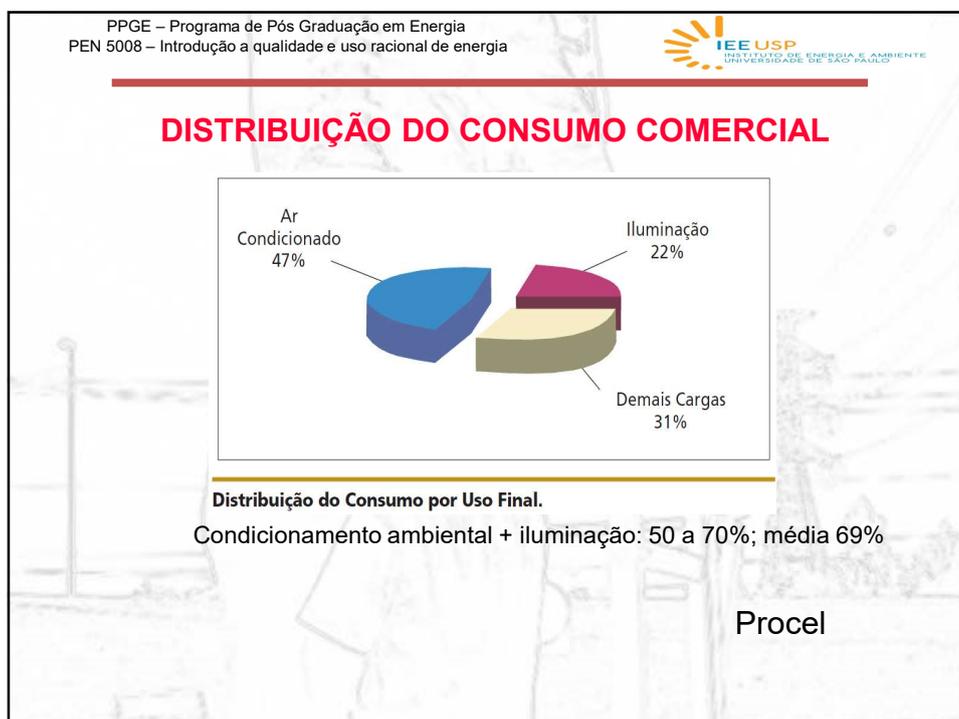
MME-BEN

2

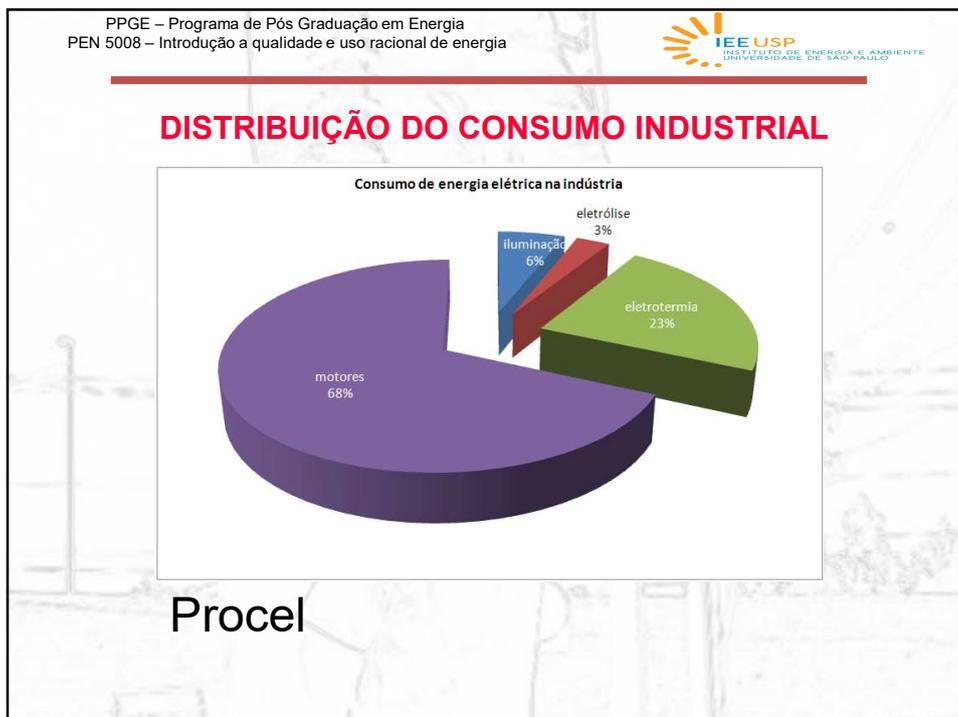
2



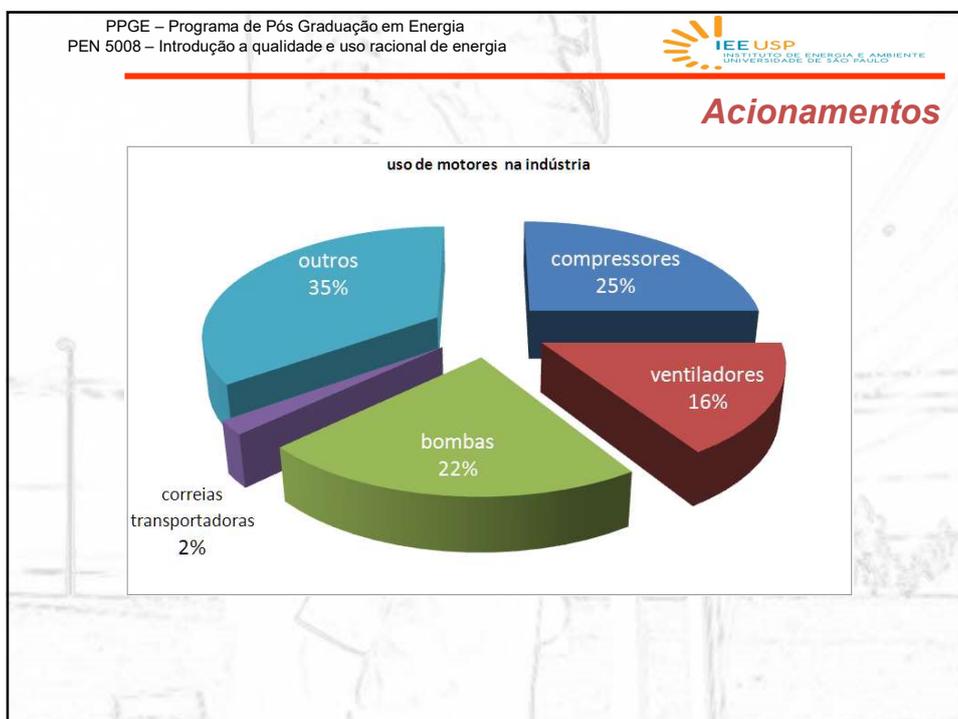
3



4



8



10

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Lei de Eficiência Energética (10295/2001)

Art. 3º "Os fabricantes e os importadores de máquinas e aparelhos consumidores de energia são obrigados a adotar as medidas necessárias para que sejam obedecidos os **níveis máximos de consumo de energia e mínimos de eficiência energética (...)"**

Decreto 4059 de 19 de dezembro de 2001, que regulamenta a Lei

Art. 9º "O INMETRO será responsável pela fiscalização e pelo acompanhamento dos **programas de avaliação da conformidade das máquinas e aparelhos consumidores de energia a serem regulamentados."**

Programa Brasileiro de Etiquetagem

12

12

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Programa Brasileiro de Etiquetagem

Energia (Elétrica)

Fabricante: ABCDEF
Marca: XYZ/Logo

Tipo de equipamento: ABC Autômatos
Modelo/Tensão: WXYZ/220V

Mais eficiente



Menos eficiente

CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mês) XYZ

Válculo do componente refrigerante (l) 000
Válculo do componente do compressor (l) 000
Temperatura do compressor (°C) 18

Indica o tipo de equipamento

Indica o nome do fabricante

Indica a marca comercial ou logomarca

Indica o modelo/tensão

A letra indica a eficiência energética do equipamento

Indica o consumo de energia, em kWh/mês



PROCEL
Indicador de eficiência energética
Estabelecido pelo INMETRO

13

13

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Lei de Eficiência Energética (10295/2001), regulamentada no mesmo ano (Decreto 4059)

níveis máximo de consumo de energia e mínimo de eficiência energética

Tabela 1 – produtos submetidos compulsoriamente ao Programa Brasileiro de Etiquetagem

Produto	Órgão Regulador	Documento Legal e Data	Data D.O.U	Órgão Fiscal	Regra Específica - RE ou Regulamento (ou Requisitos) de Avaliação da Conformidade - RAC	Documento Normativo
Aquecedores de Água a Gás, dos tipos Instantâneo e de Acumulação	Inmetro	Portaria do Inmetro nº 119 de 30/03/07	03/04/2007	RBMLQ	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 119 de 30/03/07	NBR 5899/1995, NBR 10.540/1988, NBR 10.542/1988 e NBR 13103/2006
Bombas e Motobombas Centrifugas	Inmetro	Portaria Inmetro nº 455 de 01/12/2010	03/12/10	RBMLQ	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 455 de 01/12/2010	NBR 626-2, NBR 5383-1 e NBR 5383-2
Condicionadores de ar	Inmetro	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 007 de 04/01/2011	05/01/11	RBMLQ	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 007 de 04/01/2011	NBR 5858, NBR 5882, NBR 12010, IEC 60335-1 e IEC 60335-2-40
Fogões e fornos a gás de uso doméstico	Inmetro	Portaria Inmetro nº 18 de 15/01/08	18/01/08	RBMLQ	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 018 de 15/01/08	NBR 13723 - 1/1999 parte 1, NBR 13723 - 2/1999 parte 2 e NBR 14583/2000
Lâmpadas à Vapor de Sódio a Alta Pressão	Inmetro	Portaria Inmetro nº 483 de 07/12/2010	9/12/2010	RBMLQ	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 483 de 07/12/2010	NBR IEC 60662, NBR 13593, NBR 5461, NBR IEC 60061-1, ABNT IEC 60238 e ABNT NBR 5426

14

14

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Tabela 1 – produtos submetidos compulsoriamente ao Programa Brasileiro de Etiquetagem

Lâmpadas de uso doméstico - Linha Incandescente	Inmetro	Portaria Inmetro nº 283 de 11/08/2008	13/08/08	RBMLQ	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 283 de 11/08/08	NBR 14671, NBR IEC 432-1, NBR IEC 432-2 e NBR IEC 60061-1
Lâmpadas fluorescente compactas com reator integrado à base	Inmetro	Portaria Interministerial nº 132 de 12/06/06	10/12/10	INMETRO e RBMLQ	RAC anexo a Portaria Inmetro nº 489 de 08/12/10	CIE 84:1989, IEC 60061, IEC 60901, IEC 60969, NBR 14538, NBR 14539, NBR IEC 60061-1, NBR 14671
Máquinas de lavar roupa de uso doméstico	Inmetro	Portaria Inmetro nº 185 de 15/09/05	19/09/05	RBMLQ	Regulamento Especifico anexo à Portaria Inmetro nº 185 de 15/09/05	Projeto de Norma ABNT 03:059.05-025 de 07/1999 ; NBR NM-IEC 335-1 / 1998 , IEC 335-2-7 / 02 e IEC 335-2-4 / 01
Motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo	CGIEE, MME, MDIC e MCT	Decreto nº 4.508 de 11/12/02	10/12/10	RBMLQ	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 488 de 08/12/2010	NBR 17094, NBR 5383-1, NBR 5110 e NBR ISO 60034-5
Reatores Eletromagnéticos para Lâmpadas à vapor de sódio e Lâmpadas à vapor metálico (Halogenetos)	Inmetro	Portaria Inmetro nº 454 de 01/12/2010	03/12/10	RBMLQ	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 454 de 01/12/2010	NBR 13593 e NBR 14305

15

15

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Tabela 1 – produtos submetidos compulsoriamente ao Programa Brasileiro de Etiquetagem

Refrigeradores e seus semelhantes, de uso doméstico	Inmetro	Portaria Inmetro nº 20 de 01/02/06	03/02/06	RBMLQ	Regulamento Especifico anexo a Portaria Inmetro nº 20 de 01/02/06	ISO 7371, ISO 8187, ISO 5155, ISO 8561
Sistemas e equipamentos para energia Fotovoltaica (Módulo, controlador de carga, Inversor e bateria)	Inmetro	Portaria Inmetro nº 004 de 04/01/2011	5/1/2011	RBMLQ	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 004 de 04/01/2011	Normas Brasileiras específicas e/ou internacionais. (anexos a Port. 04/2011)
Televisores com tubos de raios catódicos (Cinescópio)	Inmetro	Portaria Inmetro nº 267 de 01/08/08	04/08/08	RBMLQ	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 267 de 01/08/2008	NBR 5258 IEC 60065
Televisores do tipo plasma, LCD e de projeção	Inmetro	Portaria Inmetro nº 85 de 24/03/2009	25/03/09	RBMLQ	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 85 de 24/03/2009	IEC 60065 Ed. 7.1 2005
Ventilador de teto de uso residencial	Inmetro	Portaria Inmetro nº 113 de n7/n4/n8	09/04/08	RBMLQ	RAC anexo à Portaria Inmetro nº 113 de 07/04/08	NBR NM-IEC-335-1/ 1998; IEC 60335-2-80 / 1997; NBR 14532 : 2003; Energy Star / 2002



Energia (Elétrica)

Indica o tipo de equipamento

Indica o nome do fabricante

Indica a marca comercial ou logomarca

Indica o modelo/tensão

A letra indica a eficiência energética do equipamento

Indica o consumo de energia, em kWh/mês



16

16

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Programa Brasileiro de Etiquetagem, considerando a participação voluntária e a compulsória (Inmetro; Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeProdutos.asp>)

- Acumuladores para Fotovoltaico
- Aquecedor de Acumulação Elétrico
- Aquecedores de água a gás, dos tipos instantâneo e de acumulação
- Aquecedores Híbridos de Acumulação Elétricos
- Aquecedores de Hidromassagem Elétricos
- Aquecedores de Passagem Elétricos
- Ar Condicionado Domésticos - Tipo Janela
- Ar Condicionado Tipo Split
- Banheiras de Hidromassagem
- Bombas de Calor
- Bombas Centrífugas
- Chuveiros Elétricos
- Chuveiro Inteligente Elétrico
- Coletores Acoplados
- Coletores Solares Planos - Banho
- Coletores Solares Planos - Piscina
- Congeladores
- Controladores de Carga

- Edifícios Residenciais e Edifícios Comerciais de Serviços e Públicos
- Emissões Veiculares
- Fogões e Fornos Domésticos a gás
- Fornos de Microondas
- Inversores CC/CA
- Lâmpadas Decorativas - Linha Incandescentes
- Lâmpadas Fluorescentes Compactas com Reator Integrado
- Lâmpadas de uso doméstico - Linha Incandescentes
- Lâmpada Vapor de Sódio Alta Pressão
- Máquinas de Lavar Roupa
- Módulo Fotovoltaico
- Motores Elétricos Trifásicos - Tipo Alto Rendimento
- Reatores Eletromagnéticos para Lâmpadas Fluorescentes Tubulares

17

17

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Programa Brasileiro de Etiquetagem, considerando a participação voluntária e a compulsória (Inmetro; Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeProdutos.asp>)

- Reatores Eletromagnéticos para Lâmpadas de Descarga de Alta Intensidade
- Refrigeradores
- Reservatórios Térmicos
- Sistemas para Energia Eólica
- Transformadores de Distribuição em Líquido Isolante
- Televisores (Stand-by)
- Torneiras Elétricas
- Veículos Leves de Passageiros e Comerciais
- Ventiladores de Teto

18

18

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Iluminação totaliza 9% do consumo de EE no Brasil

Motores (de indução 3f) totalizam “pelo menos “ 32% do consumo de EE no Brasil

19

19

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

4. ILUMINAÇÃO

20

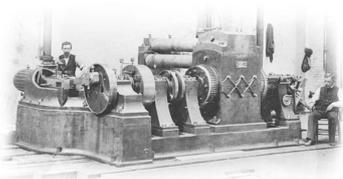
20

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

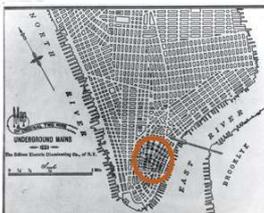
IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Iluminação

- Início da eletrificação
 - Thomas Edison – Pearl Street Station (NY) ~ 1882 (movida a carvão)



Edison's Jumbo dynamo. Source: Edison National Historic Site




400 lâmpadas incandescentes - 82 clientes

21

21

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



ASPECTOS IMPORTANTES RELACIONADOS À ILUMINAÇÃO

- EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES
- MUNICIPALIZAÇÃO DOS ATIVOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA
- TECNOLOGIA LED
- (LEGISLAÇÃO PARA LÂMPADAS INCANDESCENTE E FLUORESCENTE COMPACTA)

22

22

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



ASPECTOS IMPORTANTES RELACIONADOS À ILUMINAÇÃO

- EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (PROCEL-EDIFICA, 2003)
(Melhores condições ambientais com o menor consumo de energia possível)

2009: Lançamento da Etiqueta para Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
(obrigatória na esfera federal desde 2014)

=> sistemas avaliados:

- envoltória: avaliação do envelope da edificação, que separa a parte externa da interna (conjunto de paredes, coberturas e proteções solares, etc.);
- **iluminação**: avaliação do nível de eficiência do sistema de iluminação artificial das áreas internas da edificação;
- condicionamento de ar: determinação do nível de eficiência dos sistema de condicionamento de ar da edificação.

2010: Lançamento da Etiqueta para Edifícios Residenciais

=> sistemas avaliados: envoltória, sistemas de aquecimento de água, **iluminação**, elevadores, bombas centrífugas, etc.

23

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



ASPECTOS IMPORTANTES RELACIONADOS À ILUMINAÇÃO

- **MUNICIPALIZAÇÃO DOS ATIVOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA**
 - A Constituição Federal atribui aos Municípios a responsabilidade de prestação de serviços de interesse local nos termos de seu artigo 30, inciso V.
(obs.: para a ANEEL a iluminação pública está incluída nessa definição)
 - A Resolução Normativa ANEEL n° 414 de 9 de setembro de 2010 estabeleceu que se o sistema de iluminação pública estiver registrado como Ativo Imobilizado em Serviço da concessionária de distribuição de energia elétrica local, então deverá ser transferido ao Município. - 09/09/12 (24 meses a partir da publicação da Resolução 414, 2010)
 - Prazo:
 - 31/01/14 (Resolução Normativa 479 de 3 de abril de 2012)
 - 31/12/14 (Resolução Normativa 587 de 10 de dezembro de 2013)

24

24

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Notícias STF <http://www.stf.jus.br/portal/cms/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=397068>

Quarta-feira, 28 de novembro de 2018

Distribuidoras pedem declaração de constitucionalidade de norma da Aneel sobre municipalização da iluminação pública

A Associação Brasileira dos Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee) ajuizou a Ação Declaratória de Constitucionalidade (ADC) 60, no Supremo Tribunal Federal (STF), buscando pacificar o entendimento do Poder Judiciário sobre norma da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) segundo a qual as distribuidoras devem transferir o sistema de iluminação pública aos municípios. A entidade sustenta haver insegurança jurídica diante das divergências entre tribunais federais e estaduais e entre magistrados de um mesmo tribunal sobre a validade de regra contida no artigo 218 da Resolução Normativa 414/2010, com a redação dada pela Resolução Normativa 479/2012.

A entidade citou, como exemplo, o caso da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), distribuidora que tem contra si duas decisões divergentes – uma mantendo e outra afastando a transferência de ativos de iluminação pública – em ações movidas pelo Município de Hortolândia (SP) na Justiça Federal do Distrito Federal e na Justiça estadual paulista.

AÇÃO DECLARATÓRIA DE CONSTITUCIONALIDADE
Origem: DF - DISTRITO FEDERAL
Relator: MIN. ALEXANDRE DE MORAES
Redator do acórdão:
Relator do último incidente: MIN. ALEXANDRE DE MORAES (ADC-AgR)

25

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ASPECTOS IMPORTANTES RELACIONADOS À ILUMINAÇÃO

- **TECNOLOGIA LED E MUDANÇAS NA LEGISLAÇÃO PARA LÂMPADAS INCANDESCENTE E FLUORESCENTE COMPACTA**

- LED (Light Emitting Diode) : Iluminação Pública (IP) e Iluminação de Interiores
- LI (Lâmpada Incandescente): Níveis mínimos de eficiência energética

PORTARIA INTERMINISTERIAL No 1.007, DE 31 DE DEZEMBRO DE 2010 (MME)

Art. 11. As datas limite para fabricação e importação da Lâmpadas Incandescentes, para fins de comercialização no País, que não atendam ao que está disposto nesta Regulamentação, estão definidas nas Tabelas 1 e 2.

- LFC (Lâmpada Fluorescente Compacta) : Níveis mínimos de eficiência energética

PORTARIA INTERMINISTERIAL No 1.008, DE 31 DE DEZEMBRO DE 2010 (MME)

Art. 4o A data limite para fabricação no País ou importação das Lâmpadas Fluorescentes Compactas sem invólucro, que não atendam ao disposto na Tabela 1 do art. 2o, será 30 de junho de 2012.

Art. 5o A partir da entrada em vigor desta Portaria fica proibida a fabricação, a importação e comercialização no País das Lâmpadas Fluorescentes Compactas com invólucro, refletoras ou para operação em corrente contínua que não atendam ao disposto na Tabela 2 do art. 2o.

26

26

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

L (Lâmpada Incandescente): Níveis mínimos de eficiência energética

TABELA 1 - NÍVEIS MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - 127V
Lâmpadas Incandescentes Domésticas de 127V - 750 horas

POTÊNCIA (W)	EFICIÊNCIA MÍNIMA (lm/W)*				
	30/06/2012	30/06/2013	30/06/2014	30/06/2015	30/06/2016
Acima de 150	20,0	24,0			
101 a 150	19,0	23,0			
76 a 100		17,0	22,0		
61 a 75		16,0	21,0		
41 a 60			15,5	20,0	
26 a 40				14,0	19,0
Até 25				11,0	15,0

* a partir da data indicada, a Lâmpada Incandescente deverá atingir a eficiência mínima.

TABELA 2 - NÍVEIS MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - 220V
Lâmpadas Incandescentes Domésticas de 220V - 1.000 horas

POTÊNCIA (W)	EFICIÊNCIA MÍNIMA (lm/W)*			
	30/06/2012	30/06/2013	30/06/2014	30/06/2015
Acima de 150	18,0	22,0		
101 a 150	17,0	21,0		
76 a 100		14,0	20,0	
61 a 75		14,0	19,0	
41 a 60			13,0	18,0
26 a 40				11,0
Até 25				10,0

27

27

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia
 (Lâmpada Incandescente): Níveis mínimos de eficiência energética

IEE USP
 INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

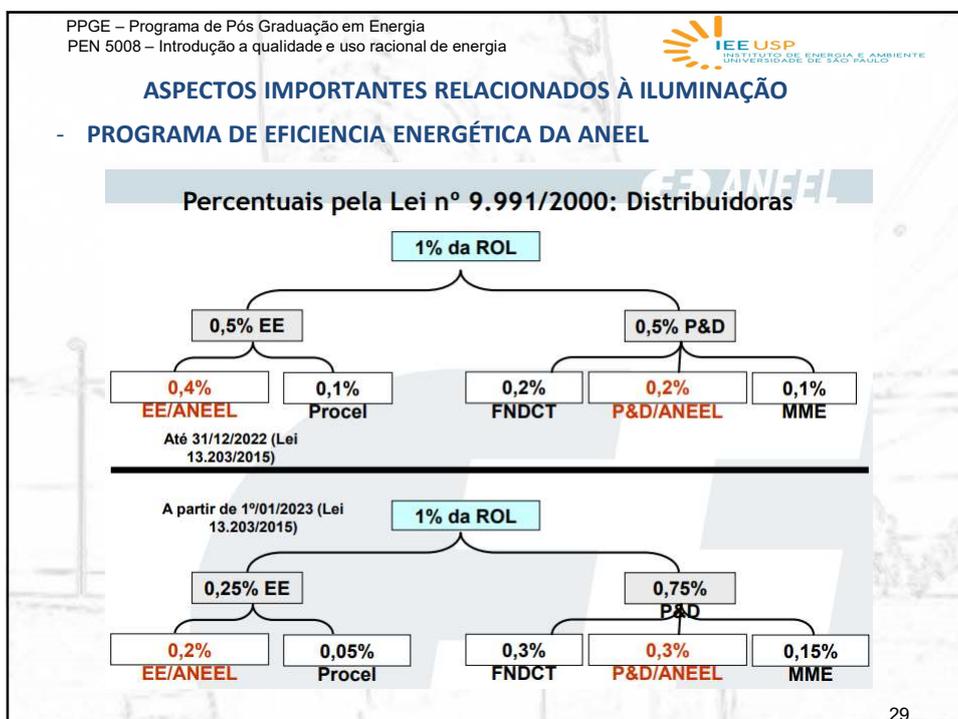
Nota: Detalhes e modelos excluídos estão no texto da Portaria 1007, de 31/12/2010, disponível no site da Abilux: www.abilux.com.br.

Cronograma do banimento das lâmpadas incandescentes de uso geral

Watt	Exemplos	DATAS LIMITE								
		30-jun-12	30-dez-12	30-jun-13	30-dez-13	30-jun-14	30-dez-14	30-jun-15	30-dez-15	30-jun-16
acima de 100	150W 200W 300W	fabricação e importação	comercialização fabricante e importador	comercialização atacadista e varejo						
acima de 60 até 100	75W 100W			fabricação e importação	comercialização fabricante e importador	comercialização atacadista e varejo				
acima de 40 até 60	60W					fabricação e importação	comercialização fabricante e importador	comercialização atacadista e varejo		
40 e abaixo	25W 40W							fabricação e importação	comercialização fabricante e importador	comercialização atacadista e varejo

28

28



29

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

1. INTRODUÇÃO

Iluminação

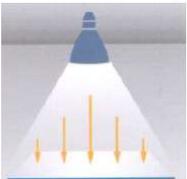
Conceitos Básicos de Projetos Luminotécnicos

Iluminação Natural

Iluminação Artificial



Fluxo Luminoso



Iluminância



5000 K
4200 K
4100 K
5500 K
2800 K
4500 K
4100 K
3100 K
6500 K
2700 K
2700 K
2700 K
2700 K

Temperatura de Cor ou Temperatura de Cor Correlata

Índice de Reprodução de Cor

Eficiência Luminosa

Vida Útil e Vida Mediana



Luminárias Eficientes

30

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

1 ILUMINAÇÃO

- Metas desejáveis em um ambiente

- Melhor conforto visual
- Melhor qualidade
- Menor custo

Quanto menor for o esforço de adaptação do indivíduo, maior será sua sensação de conforto

1.1 Objetivos da iluminação

- . Boas condições de visão associadas à visibilidade, segurança e orientação em um ambiente.
- . Utilização da luz como principal elemento de ambientação do espaço, na criação de efeitos especiais, destaque de objetos e superfícies ou do próprio espaço.

1.2 Sistemas de iluminação →

- Como a luz deverá ser distribuída pelo ambiente ?
- Como a luminária irá distribuir a luz ?
- Qual a ambientação desejável a este espaço ?

31

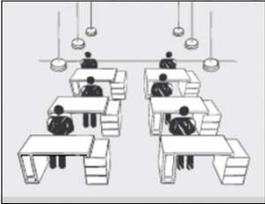
31

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

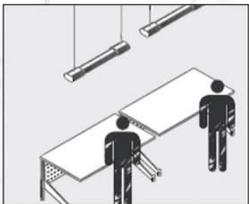
IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

- Sistemas de iluminação ➡ - Como a luz deverá ser distribuída pelo ambiente ?

a) Iluminação geral ➡ Utilizada em grandes escritórios, oficinas, salas de aula, fábricas, supermercados, grandes magazines, etc.




b) Iluminação localizada ➡ Concentra-se a luminária em locais de principal interesse (áreas restritas de trabalho em fábricas).




32

32

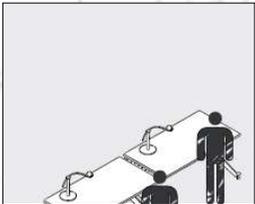
PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

- Sistemas de iluminação ➡ - Como a luz deverá ser distribuída pelo ambiente ?

c) Iluminação de tarefa

. Luminárias perto da tarefa visual e do plano de trabalho, iluminando uma área muito pequena.




Iluminação de tarefa

33

33

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

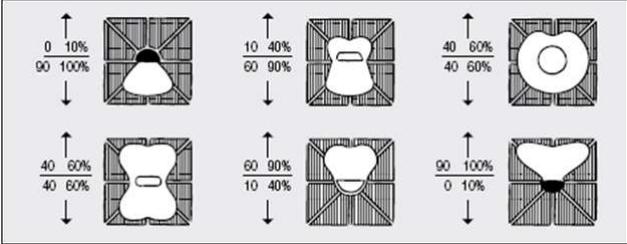
 IEE USP
 INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

- Sistemas de iluminação ➡ - Como a luminária irá distribuir a luz ?

- Com relação à distribuição da luz, os sistemas de iluminação são classificados de acordo com a forma pela qual o fluxo luminoso é irradiado pela luminária;

- Ou, mais precisamente, de acordo com a quantidade do fluxo luminoso irradiado para cima e para baixo do plano horizontal e da luminária.

- Muitos autores classificam os sistemas por: direto, indireto e direto – indireto.



Classificação das luminárias segundo a radiação do fluxo luminoso.

34

34

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
 INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

- Sistemas de iluminação ➡ - Qual a ambientação desejável ao espaço ?

- Um projeto de iluminação pode ser dividido em:

- . Sistema principal: aquele que resolverá as necessidades funcionais (geral, localizado, de tarefa).
- . Sistema secundário: aquele que dará mais ênfase à “personalidade” do espaço, a sua “ambientação” por meio da luz (destaque, efeito, decorativa, arquitetônica, modulação de intensidade).

- Luz de destaque
(ênfase em determinados aspectos)



- Luz de efeito
(objeto de interesse é a própria luz)



- Luz decorativa
(o que importa é o objeto que produz a luz)



- Luz arquitetônica
(luz posicionada dentro de elementos arquitetônicos)



- Modulação de intensidade
(dimerização para modificar a percepção ambiental)

35

35

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

1.3 Conceitos básicos: grandezas fotométricas

1.3.1 Radiação solar e a luz

Luz é a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual e está compreendida entre 380 e 780nm.

Espectro eletromagnético.

36

36

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

- A radiação solar tem três aspectos principais:

- . infravermelho: responsável pela sensação de calor;
- . **espectro visível ou luz;**
- . ultravioleta: responsável pelo efeito higiênico da radiação (mata bactérias e fungos), despigmentação de alguns tipos de tecido, bronzeamento da pele, etc.
É a banda de radiação não ionizante que se situa próxima à radiação ionizante no espectro eletromagnético. E classificada como: UVA (400 – 315 nm), UVB (315 – 280 nm) e UVC (280 – 100 nm). UVA => mais de 90% incide na superfície terrestre.

Curva de sensibilidade do olho humano à radiação monocromática
(Curva da Eficácia Luminosa Espectral).

- A **sensibilidade visual para a luz** varia não só de acordo com o comprimento de onda (λ) da radiação, mas também com a **luminosidade**.

37

37

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

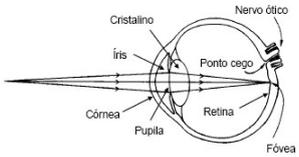
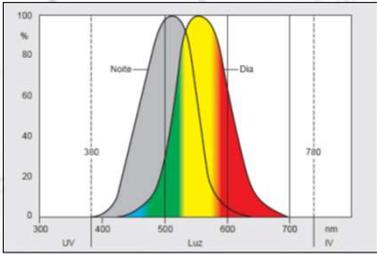


Diagrama esquemático do olho

IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

- córnea => parte anterior transparente e protetora do globo ocular
- íris => coloração do olho, contrai e expande variando a entrada de luz
- pupila => orifício central da íris (preto do olho), controle da luz
- cristalino => sistema de lentes (focalização dos objetos na retina)
- retina => transdutor (luz => impulsos nervosos)
=> possui terminações nervosas (cones e bastonetes)
- nervo óptico => leva os impulsos nervosos para o cérebro



O olho humano possui diferentes sensibilidades para a luz (sensores nervosos na retina: cones e bastonetes)

Durante o dia:
- visão fotópica (cones);
- maior percepção ocorre para 550nm (cores amarelo-esverdeada)

Durante o crepúsculo/noite:
- visão escotópica (bastonetes)
- maior percepção ocorre para 510nm (cores verde-azulada)

38

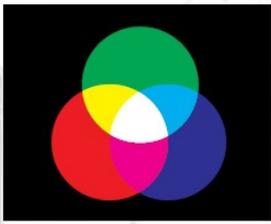
38

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

1.3.2 Luz e cores

- A **aparência** de um objeto é o **resultado da iluminação** incidente sobre ele;
- Sob uma luz branca, a maçã aparenta ser de cor vermelha pois ela tende a refletir a porção do vermelho do espectro, absorvendo a luz nos outros comprimentos de onda;
- Se fosse utilizado um filtro para remover a porção do vermelho da fonte de luz, a maçã refletiria muito pouca luz, parecendo totalmente negra.



Composição das cores da luz.

- A luz é composta por três cores primárias e a composição dessas cores permite a obtenção do branco;
- A combinação de duas cores primárias produz as cores secundárias – magenta, amarelo e ciano;
- Essas três cores, dosadas em diferentes quantidades, permitem a obtenção de outras cores de luz.

- Na **visualização das cores ao longo do dia** surgem diferenças (função das diferenças da luz do sol do meio dia e do crepúsculo);
- As **fontes de luz artificiais também apresentam diferenças**; as lâmpadas incandescentes tendem a reproduzir com maior fidelidade as cores vermelha e amarela, aparentando ter uma luz mais "quente".

39

39

1.3.3 Fluxo luminoso

O olho funciona como um filtro seletivo que aproveita somente uma parcela da energia recebida. Portanto para efeito de iluminação, uma fonte de luz é caracterizada pelo seu fluxo luminoso ϕ , definido pela convolução da distribuição espectral $S(\lambda)$ da fonte luminosa com a curva de sensibilidade fotóptica $V(\lambda)$ do observador padrão:

$$\phi = 683 \cdot \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$



Fluxo luminoso de uma lâmpada

O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens, na tensão nominal de funcionamento.

- Símbolo: ϕ

- Unidade: lúmen (lm)

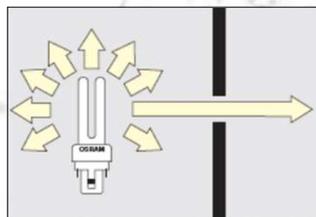
40

40

1.3.4 Intensidade luminosa

Se a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o fluxo luminoso seria distribuído na forma de uma esfera.

Na prática, isso não acontece => é necessária a medição do valor dos lúmens emitidos em cada direção.



Intensidade luminosa é o fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto

Essa direção é representada por vetores, cujos comprimentos indicam as intensidades luminosas.

- Símbolo: I

- Unidade: candela (cd)

41

41

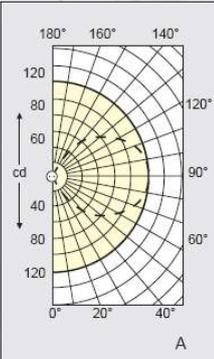
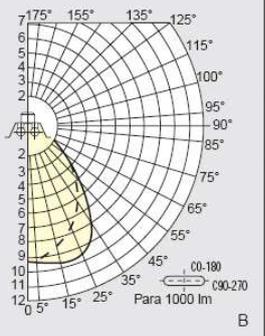
PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Curva de distribuição de intensidade luminosa

A **curva de distribuição** é a **representação da intensidade luminosa** em todos os ângulos em que ela é direcionada em um plano.

Em um **plano transversal à lâmpada**, todos os **vetores** que dela se originam tem suas extremidades ligadas por um traço => **curva de distribuição**.

Curva de distribuição de intensidades luminosas no plano transversal e longitudinal para uma lâmpada fluorescente isolada (A) ou associada a um refletor (B).
 linha cheia = transversal; linha tracejada = longitudinal

Na **curva de distribuição**, geralmente, os valores são referidos a 1000 lm.

42

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



1.3.5 Iluminância

- Símbolo: E

- Unidade: lux (lx)

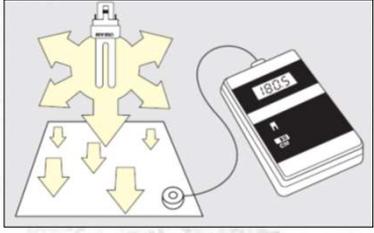
- É o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância dessa fonte.

$$E = \frac{\phi}{S} (\text{lm/m}^2)$$

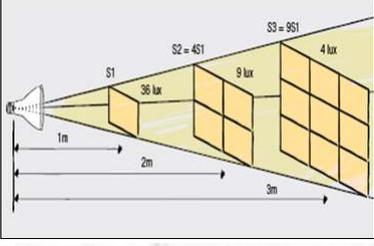
- Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente e pode ser medida com um luxímetro.

- Como o fluxo luminoso não é distribuído uniformemente, a iluminância não será a mesma em todos os pontos.

- As normas (ABNT) especificam valores mínimos de iluminância média, em função da atividade exercida.



Iluminância



Lei do inverso do quadrado da distância

43

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

1.3.6 Luminância

- Símbolo: L

- Unidade: cd/m²

- Refere-se aos raios de luz refletidos em uma superfície, transmitindo uma sensação de claridade.

- Como é difícil medir, recorre-se à seguinte fórmula:

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

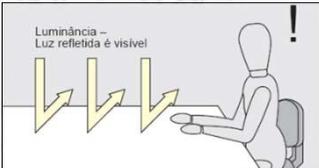
- onde:
ρ = refletância ou coeficiente de reflexão (valores dados em tabelas e são função das cores e dos materiais utilizados);
E = iluminância sobre essa superfície.

Iluminância – Luz incidente não é visível



Iluminância

Luminância – Luz refletida é visível



Luminância

44

44

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

1.3.7 Potência total instalada

- Símbolo: Pt

- Unidade: W ou kW

- Somatória da potência de todos os aparelhos instalados na iluminação, incluindo reatores, transformadores, ignitores.

1.3.7.1 Densidade de potência

- Símbolo: D

- Unidade: W/m²

- É a potência total instalada para cada metro quadrado de área.

- Um sistema luminotécnico só é mais eficiente do que outro se apresentar, para o mesmo nível de iluminância, menor consumo por metro quadrado.

1.3.7.2 Densidade de potência relativa

- Símbolo: D_r

- Unidade: W/m² para 100 lux

- É a densidade de potência total instalada para cada 100 lx de iluminância.

- No exemplo, a instalação 1 é mais eficiente. A instalação 2 consome mais energia por metro quadrado e fornece menos luz.

Instalação 1	≠	Instalação 2
1		2
A = 50 m ²		A = 70 m ²
E = 750 lx		E = 400 lx
Pt = 1,5 Kw		Pt = 1,4 Kw
D = 30 W/m ²		D = 20 W/m ²
D _r = 4 W/m ² por 100 lx		D _r = 5 W/m ² por 100 lx

46

46

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



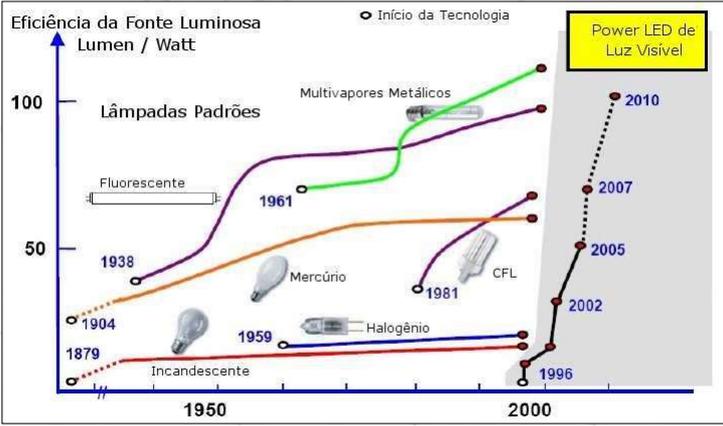
1.3.8 Eficiência

- . Eficiência luminosa;
- . Eficiência da luminária;
- . Eficiência do recinto.

1.3.8.1 Eficiência luminosa → - Unidade: lm/W

○ Início da Tecnologia

Eficiência da Fonte Luminosa
Lumen / Watt



Fonte: Skyled, 2009

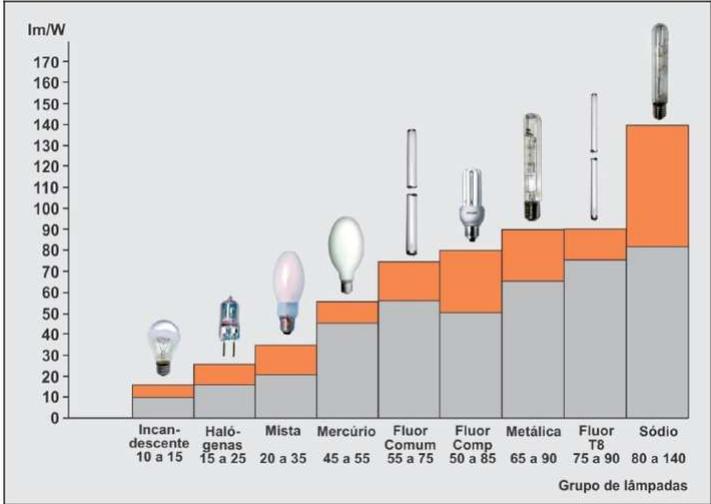
47

47

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



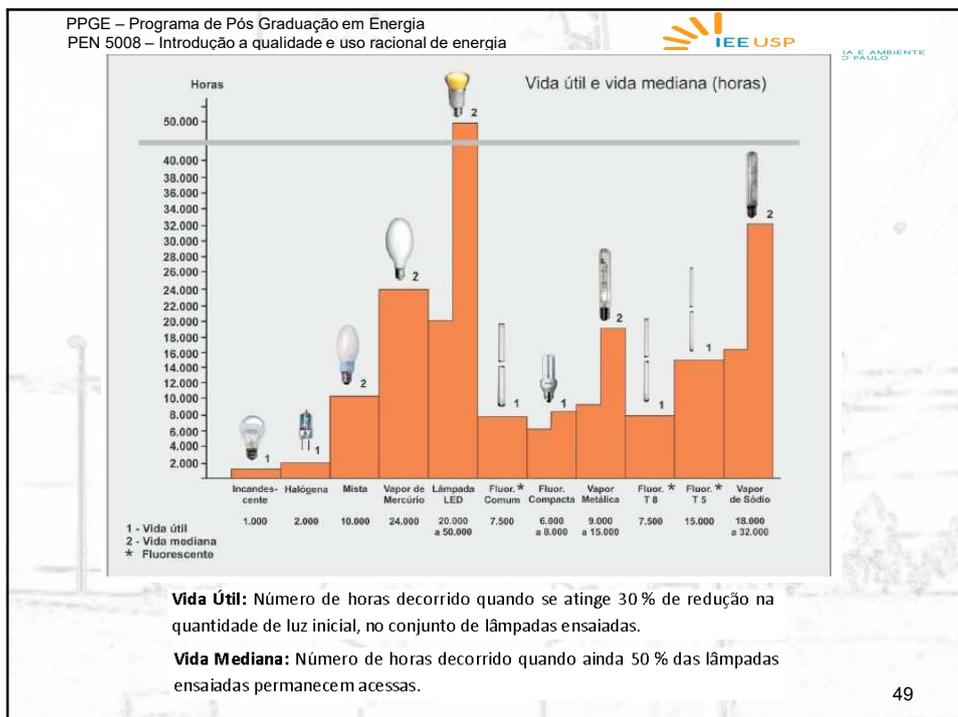
Im/W



Grupo de lâmpadas

48

48



49

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

1.3.8.2 Eficiência da luminária

- Geralmente, a lâmpada é instalada dentro de luminárias => o **fluxo luminoso final é menor** do que o irradiado pela lâmpada;
- O motivo é a absorção, reflexão e transmissão da luz pelo material utilizado na fabricação das luminárias;
- A **eficiência da luminária** é obtida dividindo-se o fluxo luminoso da luminária em serviço pelo fluxo luminoso da lâmpada (a eficiência é normalmente indicada pelo fabricante);

1.3.8.3 Eficiência do recinto

- Índice do recinto

(é a relação entre as dimensões do local)

→

$$k_r = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

(para iluminação direta)

- a = comprimento;
- b = largura;
- h = pé direito útil.

Representação do pé direito útil (h).

- Fator de utilização: F_u

- . O fluxo luminoso final (útil) que irá incidir sobre o plano de trabalho é avaliado pelo fator de utilização;
- . O fator indica a **eficiência luminosa do conjunto lâmpada, luminária e recinto.**

50

50

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Obtenção do fator de utilização através de tabelas

- Os catálogos fornecem, para **cada tipo de luminária**, os **valores do fator de utilização**, sendo obtido pela intersecção do índice do recinto (kr) e das refletâncias do teto, paredes e piso, nesta ordem.

$$k_r = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

Teto e paredes de cores claras

TETO (%)	70	50			30			0	
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
PISO (%)	10	10			10			0	
Kr	Fator de utilização								
0,60	34	29	26	33	29	26	29	26	25
0,80	40	36	33	39	35	32	35	32	31
1,00	45	41	38	44	41	38	40	38	36
1,25	50	46	43	49	45	43	45	42	41
1,50	53	50	47	52	49	46	48	46	45
2,00	58	55	52	56	54	52	53	51	50
2,50	60	58	56	59	57	55	56	55	53
3,00	62	60	58	61	59	58	58	57	55
4,00	64	63	61	63	62	60	61	59	58
5,00	66	64	63	64	63	62	62	61	59

Fator de utilização (Fu).

51

51

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



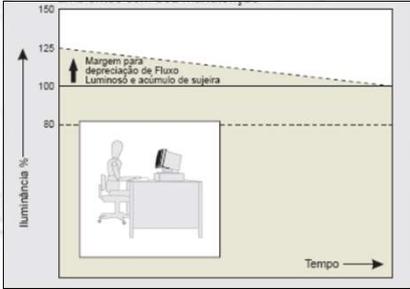
- Fator de depreciação: F_d

- Todo sistema de iluminação tem uma **depreciação no nível de iluminância** ao longo do tempo:

- . Depreciação do **fluxo luminoso** da lâmpada;
- . Acúmulo de **poeira** sobre as lâmpadas e luminárias.

- Portanto, quando do cálculo do número de luminárias, estabelece-se um **Fator de Depreciação (Fd)**, elevando o **número previsto de luminárias**;

- Deste modo, evita-se que, com o desgaste, o nível de iluminância atinja valores abaixo do mínimo recomendado.



Utilização do fator de depreciação.

Determinação do número de luminárias para um recinto

a) $E = \frac{\phi}{S} \text{ (lm/m}^2\text{)}$ → $\phi = E \cdot S \text{ (lm)}$
Especificado pela ABNT

b) $\phi = \frac{E \cdot S}{F_u \cdot F_d} \text{ (lm)}$ → $n^\circ \text{ luminárias} = \frac{\phi}{\phi_{lim}}$

(Fu e Fd são < 1)

52

52

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP

Níveis de iluminância recomendáveis para interiores

Exemplificação da Norma NBR-5413

Obs.: os valores são fornecidos para observadores com idade entre 40 e 55 anos, praticando tarefas que demandam velocidade e precisão médias

Descrição da Atividade	Em (lx)
Depósito	200
Circulação/corredor/escadas	150
Garagem	150
Residências (cômodos gerais)	150
Sala de leitura (biblioteca)	500
Sala de aula (escola)	300
Sala de espera (foyer)	100
Escritórios	500
Sala de desenhos (arquit. e eng.)	1000
Editoras (impressoras)	1000
Lojas (vitrines)	1000
Lojas (sala de vendas)	500
Padarias (sala de preparação)	200
Lavandérias	200
Restaurantes (geral)	150
Laboratórios	500
Museus (geral)	100
Indústria/montagem (ativ. visual de precisão média)	500
Indústria/inspeção (ativ. de controle de qualidade)	1000
Indústria (geral)	200
Indústria/soldagem (ativ. de muita precisão)	2000

53

53

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP

Coefficiente de reflexão de alguns materiais e cores

Materiais

Materiais	%
Rocha	60
Tijolos	5.25
Cimento	15.40
Madeira clara	40
Esmalte branco	65.75
Vidro transparente	6.8
Madeira aglomerada	50.60
Azulejos brancos	60.75
Madeira escura	15.20
Gesso	80

Cores

Cores	%
Branco	70.80
Creme claro	70.80
Amarelo claro	55.65
Rosa	45.50
Verde claro	45.50
Azul celeste	40.45
Cinza claro	40.45
Bege	25.35
Amarelo escuro	25.35
Marrom claro	25.35
Verde oliva	25.35
Laranja	20.25
Vermelho	20.35
Cinza médio	20.35
Verde escuro	10.15
Azul escuro	10.15
Vermelho escuro	10.15
Cinza escuro	10.15
Azul marinho	5.10
Preto	5.10

Fator de depreciação

TIPO LUMINÁRIA	CONDIÇÃO DO AMBIENTE	FATOR DE DEPRECIAÇÃO (FD)
Aberta para iluminação de interiores	muito limpo	0.95
	limpo	0.89
	médio	0.81
	sujo	0.72
	muito sujo	0.61
Fechada para iluminação de interiores	muito limpo	0.94
	limpo	0.88
	médio	0.82
	sujo	0.77
Fechada para iluminação de áreas externas		0.71
		0.87

54

54

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



1.3.9 Índice de reprodução de cor ➔ - Símbolo: IRC ou Ra

- . O IRC é **estabelecido em função da luz natural**, o qual possui reprodução fiel, ou seja, 100;
- . No caso das lâmpadas, o IRC é estabelecido entre 0 a 100, comparando-se a sua propriedade de reprodução de cor à luz natural (sol). Existem normas que regulamentam esses índices.

Índice de reprodução de cores e exemplos de aplicação.	100	Nível 1	1a	Ra 90 - 100	Testes de cor - Floricultura - Escritórios - Residências - Lojas
	80		1b	Ra 80 - 89	
	60	Nível 2	2a	Ra 70 - 79	Áreas de circulação - Escadas - Oficinas - Ginásios esportivos
	40		2b	Ra 60 - 69	
40	Nível 3	Ra 40 - 59		Depósitos - Postos de gasolina - Pátio de montagem industrial	
Ruim	Nível 4	Ra 20 - 39		Vias de tráfego - Canteiro de obras - Estacionamentos	

Classificação

Nível - Índice Ra

Exemplos de aplicação

OSRAM - Linha de produtos

Normas ABNT - 5413

55

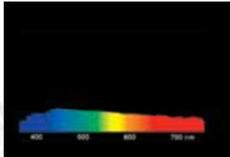
55

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Espectro de radiação visível

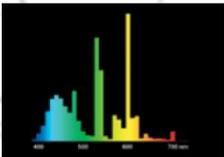
. A luz é uma faixa de radiação eletromagnética, com comprimento de onda entre 380 a 780 nm; ➔



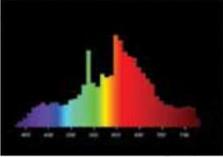
Espectro da luz natural

. Espectros contínuos ou descontínuos resultam em fonte de luz com presença de comprimentos de onda de cores distintas.

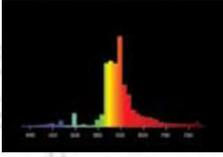
. A **cor de um objeto é determinada pela reflexão de parte do espectro de luz que incide sobre ele** => uma boa reprodução de cor está diretamente ligada à qualidade de luz incidente (distribuição equilibrada do espectro).



Espectro da lâmpada fluorescente LUMILUX 860



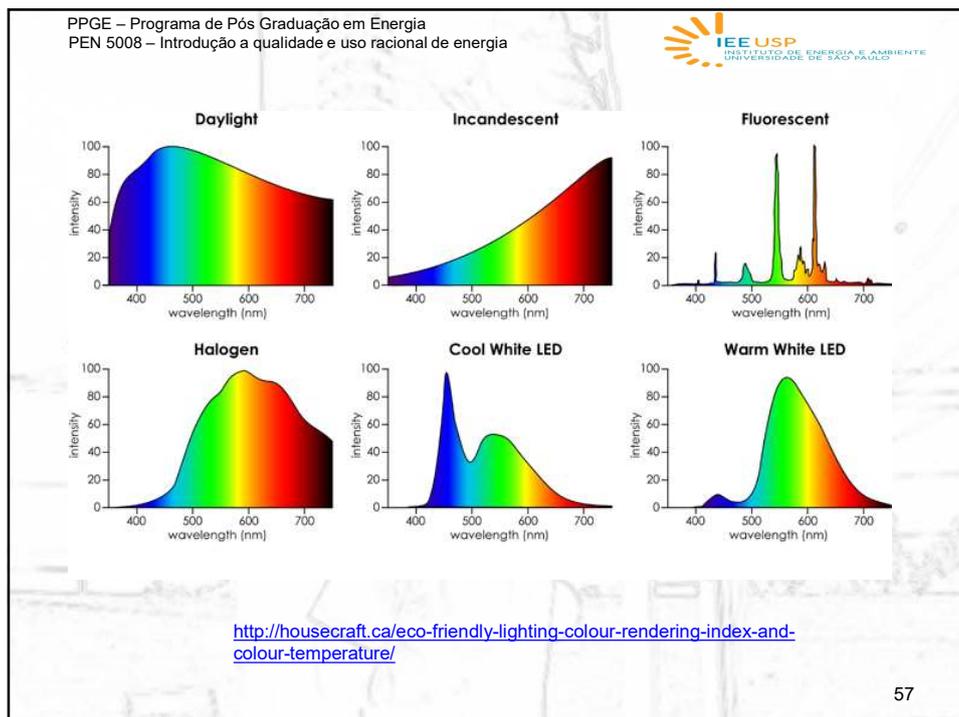
Espectro da lâmpada POWERSTAR HCI 930 (multivapor metálico)



Espectro da lâmpada de sódio NAV

56

56



57

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

1.3.10 Temperatura de cor ⇒ - Símbolo: T - Unidade: K (Kelvin)

- . A temperatura de cor corresponde à **temperatura absoluta de um corpo negro** (fonte ideal de luz) que, em seu aquecimento, passa desde o vermelho até o branco (aprox. 6500 K);
- . A lâmpada incandescente opera com temperatura em torno de 2700 K (luz amarelada).
- . A **cor da luz está diretamente relacionada com a temperatura de trabalho**, entretanto, para as **lâmpadas de descarga**, essa afirmação não é válida (o princípio de produção de luz não é a incandescência).
- . Surge então o termo **temperatura de cor correlata**, que é a temperatura absoluta, cuja cor **percebida** se assemelha ao mais próximo possível com aquela apresentada pela fonte luminosa.

Temperatura de cor

Luz quente

Luz fria

2700 K

4000 K

6000 K

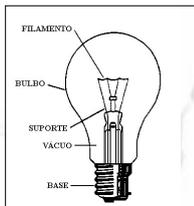
58

58

1.4 Lâmpadas elétricas

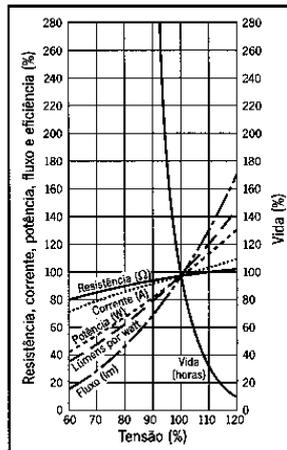
- Classificação de acordo com o mecanismo de produção de luz: => incandescentes; descarga; LED
- As lâmpadas são caracterizadas pela potência elétrica absorvida (W); fluxo luminoso produzido (lm); temperatura de cor (K) e índice de reprodução de cor.

Lâmpada incandescente



- A luz é produzida por um filamento aquecido pela passagem de corrente elétrica.
- A luz é somente uma parcela da energia irradiada pela transição de elétrons excitados para órbitas de maior energia.

- => Ao ligar a lâmpada, a corrente é cerca de 15 vezes a corrente nominal em regime.
- => Ligações muito frequentes reduzem a vida útil da lâmpada, pois o filamento geralmente não apresenta diâmetro constante.
- => A tensão de alimentação atua diretamente sobre a temperatura do filamento, o qual determina a vida útil da lâmpada.



Lâmpada de descarga

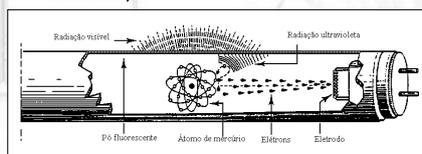
- A luz é produzida pela radiação emitida pela descarga elétrica através de uma mistura gasosa (gás inerte(s) e vapor(es) metálico(s));
- A corrente elétrica através da descarga é formada por elétrons emitidos pelo eletrodo negativo, que são acelerados pela diferença de potencial externa (tensão) em direção ao eletrodo positivo;

- => Colisões com os átomos do vapor metálico {
 - => ionização => novos elétrons são gerados
 - => elétrons são excitados para órbitas mais elevadas (maior energia) e a transição para a órbita original => emissão de radiação

- A radiação é utilizada como fonte de luz ou absorvida por um revestimento (fósforo) na parede do tubo de descarga, emitindo uma radiação com distribuição espectral mais adequada.

- As lâmpadas podem ser classificadas pela pressão no interior do tubo com a lâmpada em operação em:

- => Lâmpadas de descarga de baixa pressão (fluorescente e fluorescente compacta)
- => Lâmpadas de descarga de alta pressão (mista, vapor de mercúrio, vapor de sódio, multivapores metálicos).



Lâmpada fluorescente tubular.

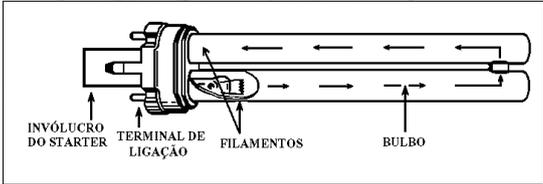


Produção de luz.

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

IEE USP
 INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Lâmpada fluorescente compacta



- A lâmpada fluorescente compacta, em geral só apresenta duas conexões elétricas, uma vez que os filamentos encontram-se ligados em série através de um "starter", o qual fica alojado num invólucro na base da lâmpada. A estabilização da lâmpada é feita através de um reator indutivo, conectado externamente

- As lâmpadas já apresentam um reator incorporado na sua base, em geral do tipo rosca Edison, que é utilizada em lâmpadas incandescentes. O reator eletrônico é leve de forma a reduzir o peso do conjunto.

62

62

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

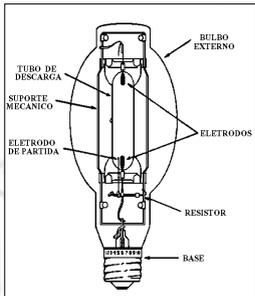
IEE USP
 INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Lâmpada de descarga de alta pressão

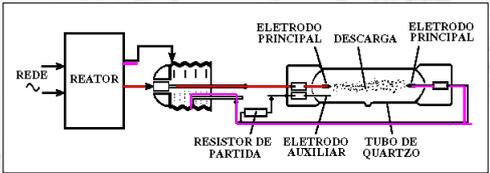
- Vapor de mercúrio



Lâmpadas de descarga com aparência branco-azulada.



- Princípio de funcionamento



63

63

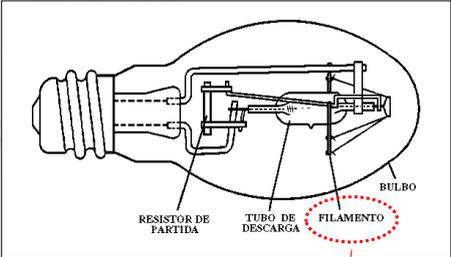
PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

IEE USP
 INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Lâmpada de descarga de alta pressão

- Lâmpada de luz mista





HWL®
 Alternativa de maior eficiência para substituição de incandescentes de alta potência.

É uma lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão que dispensa reator, substituído por filamento interno (semelhante ao de uma lâmpada incandescente), localizado no interior do bulbo conectado em série com o tubo de descarga.

HWL® - Mista

- Lâmpadas para tensão de rede 220V que funcionam sem necessidade de reator.

64

64

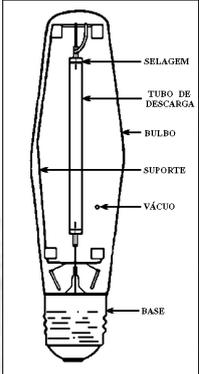
PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

IEE USP
 INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Lâmpada de descarga de alta pressão

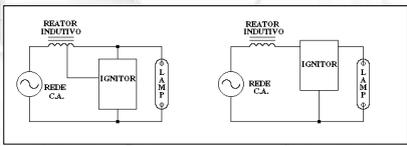
- Vapor de sódio

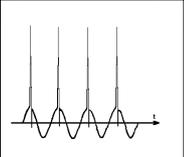




As lâmpadas de vapor de sódio VIALOX® NAV® 4Y® representam as mais econômicas e práticas alternativas para a iluminação de exteriores e interiores.

- Princípio de funcionamento





65

65

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
 INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Leds (Diodos Emissores de Luz)

- Emissão de luz de um componente eletrônico semicondutor (luz é obtida de um material sólido)
- origem: utilização como iluminação indicativa
- hoje: iluminação de ambientes; etc. (maior potência e eficácia luminosa)



Dentro do diodo emissor de luz

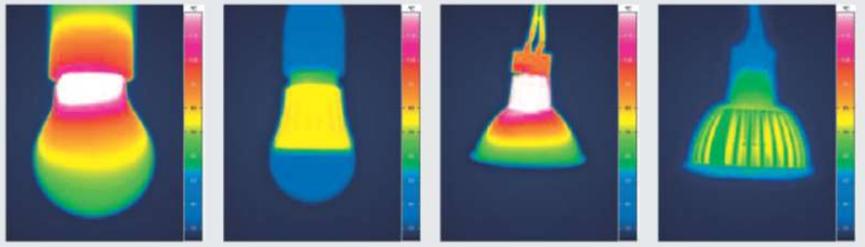
©2002 HowStuffWorks

66

66

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
 INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
 UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



Incandescent lamp 40W OSRAM PARATHOM® CLASSIC A 40 Halogen lamp 20W OSRAM PARATHOM® MR16 20

Fig. 5: These thermographic images show that LED lamps emit very little heat.

<p>Incandescent Lamp GLS Classic A 40 W Lifetime: 1,000 h</p> <p>25 x </p>	<p>Compact Fluorescent Lamp CFL DULUX Superstar Classic A 8 W Lifetime: 10,000 h</p> <p>2.5 x </p>	<p>LED Lamp Parathom A55 with Golden Dragon LEDs 8 W Lifetime: 25,000 h</p> <p>1 x </p>
--	--	--

Figure 2: Type of lamps compared in the Life Cycle Assessment: a 40 W incandescent lamp, a compact fluorescent DULUX Superstar and a Parathom LED lamp

LEDs

67

67

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Princípio básico do LED (diodo de emissão de luz)

Um diodo de emissão de luz consiste de múltiplas camadas de material semicondutor.

Em contraste com as lâmpadas de refletor incandescentes, que emitem um espectro contínuo, um LED emite luz em uma cor específica. A cor da luz depende do material semicondutor usado.

Os LEDs são cristais semicondutores. Dependendo da composição dos componentes de cristal, eles emitem luz nas cores vermelha, verde, amarela e azul, quando a corrente flui através deles.

Vantagens da tecnologia de LED

- Consumo de energia baixo
- Nível de eficiência alto
- Vida longa
- Dimerização contínua combinada com ECG (mecanismo de controle eletrônico)
- As menores dimensões possíveis
- Resistência alta aos ciclos de comutação
- Luz imediata ao ligar
- Faixa da temperatura de operação ampla
- Alto impacto e resistência à vibração
- Sem radiação de UV ou infravermelha
- Nível de saturação de cor alto sem filtro
- Sem mercúrio

http://www.osram.com.br/osram_br/

69

69

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



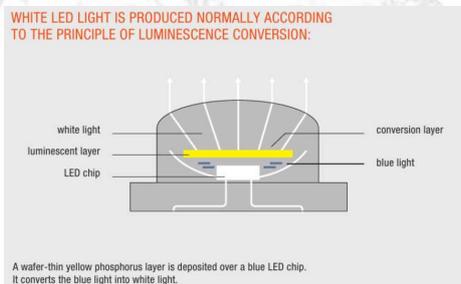
Há dois métodos para produzir luz de LED branca: fotoluminescência e mistura adicional de cores.

Fotoluminescência:

Uma camada fina de fósforo é aplicada à parte superior do LED azul.

O tom da cor da luz branca pode variar com a medida do corante do fósforo.

Diferentes tons de branco como, por exemplo, o branco quente, branco neutro ou branco frio são assim produzidos.



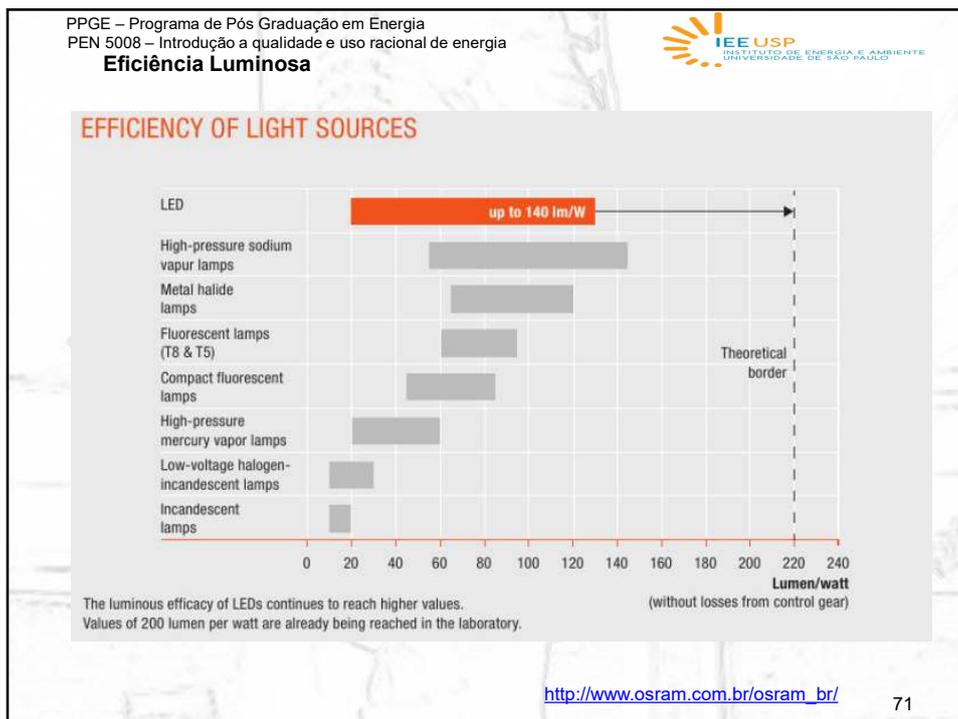
Mistura adicional de cores

A luz branca é produzida pela mistura das luzes vermelha, verde e azul (RGB) em diferentes comprimentos de cor.

http://www.osram.com.br/osram_br/

70

70



71

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

Comparação entre uma lâmpada incandescente 60 watt (W) e lâmpadas mais eficientes, considerando fluxo luminoso similar.

	60W Traditional Incandescent	43W Energy-Saving Incandescent	15W CFL		12W LED	
			60W Traditional	43W Halogen	60W Traditional	43W Halogen
Energy \$ Saved (%)	-	~25%	~75%	~65%	~75%-80%	~72%
Annual Energy Cost*	\$4.80	\$3.50	\$1.20		\$1.00	
Bulb Life	1000 hours	1000 to 3000 hours	10,000 hours		25,000 hours	

*Baseado em 2 hrs/dia de uso e custo da energia de 11 centavos por kWh (U.S. dollars)

<https://energy.gov/energysaver/how-energy-efficient-light-bulbs-compare-traditional-incandescents>

72

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

luminárias mais eficientes




Luminária reflexiva Luminária aço pintado

Notação: T XX
T – lâmpada tubular
XX - Diâmetro das lâmpadas em oitavos de polegada

exemplos:
Lâmpada de 40W – T12
Lâmpada de 32W – T8

4. ILUMINAÇÃO ⁷³

73

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

 IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Tab. I – Estudo comparativo – Luminária para duas lâmpadas fluorescentes tubulares

Lâmpadas	Refletor	Rendimento (%)	Eficiência (lm/W)	Redução do consumo de energia (%)
2 x 40 W	Aço pintado com tinta branca	58,0	42,0	0,0
2 x 32 W	Aço pintado com tinta branca	60,0	51,6	20,0
2 x 40 W	Alumínio polido e anodizado	75,0	55,4	23,0
2 x 32 W	Alumínio polido e anodizado	76,4	64,5	38,0
2 x 40 W	Filme reflexivo	86,0	63,0	33,0
2 x 32 W	Filme reflexivo	87,0	77,0	50,0

Rendimento: relação entre fluxo luminoso da luminária (direto e indireto) e fluxo luminoso total fornecido pelas lâmpadas

4. ILUMINAÇÃO ⁷⁴

74

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Exemplo - Local de trabalho
nível de iluminação médio de **500 lux**.
luminárias e lâmpadas instaladas a **1,8 metros do plano de trabalho**
O ambiente possui teto, paredes e piso claros (**Reflexões 80 %, 70% e 30%** respectivamente)
Dimensões: **comprimento = 25 metros e largura = 20 metros**

Opção 1 – Luminária tipo decorativa de chapa pintada branca com refletor em alumínio anodizado fosco com lâmpada de vapor metálico de 150 W e reator eletromagnético.

Opção 2 – Luminária tipo comercial de chapa pintada branca com refletor em chapa pintada branca com 2 lâmpadas fluorescentes de 40 W e reator eletromagnético.

Opção 3 – Luminária tipo comercial de chapa pintada branca com refletor de alumínio espelhado com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W e reator eletrônico.

75

75

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Opção 1 – Luminária tipo decorativa de chapa pintada branca com refletor em alumínio anodizado fosco com lâmpada de vapor metálico de 150 W e reator eletromagnético.
Opção 2 – Luminária tipo comercial de chapa pintada branca com refletor em chapa pintada branca com 2 lâmpadas fluorescentes de 40 W e reator eletromagnético.
Opção 3 – Luminária tipo comercial de chapa pintada branca com refletor de alumínio espelhado com 2 lâmpadas fluorescentes de 32 W e reator eletrônico.

	Nº luminárias	Iluminância em serviço lux	Potência instalada (lâmpada + reator) W	Densidade de potência W/m ²
Opção 1	56	558	9.072	18,14
Opção 2	81	557	7.574	15,15
Opção 3	64	523	4.160	8,32

Considerando um uso mensal de **250 h / mês** os custos da energia consumida são os seguintes para um consumidor alimentado em baixa tensão (**R\$0,29144 / kWh**)

	Consumo Mensal (kWh)	Custo Energia Mensal (R\$)	Percentual
Opção 1	2.268	661	100
Opção 2	1.894	552	83
Opção 3	1.040	303	46

76

76

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia

2 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA



- Fogo, óleo de origem animal, gás;
- Lâmpada Incandescente;
- Lâmpada vapor de mercúrio alta pressão;
- Lâmpada vapor de sódio alta pressão;
- Lâmpada de multi-vapores metálico;
- Lâmpada indução magnética;
- Lâmpada com tecnologia de estado sólido LED.

Distribuição de lâmpadas de IP instaladas no Brasil

TIPO DE LÂMPADA	PORCENTAGEM
VAPOR DE SÓDIO	63%
VAPOR DE MERCÚRIO	32%
OUTRAS	5%

Fonte: Eletrobrás, 2009.

15,3 milhões de pontos de iluminação pública
(Dados de 2010 – PROCEL/INMETRO/ELETROBRÁS)

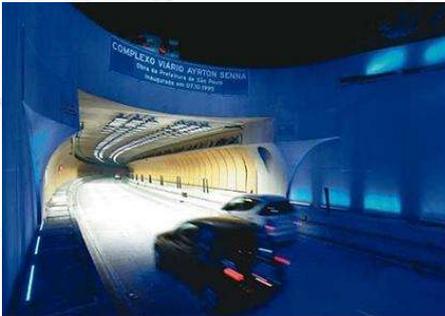
9/35

77

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia



Túnel Ayrton Senna: Iluminação com Sódio e com LED



Fonte: Prefeitura de São Paulo.

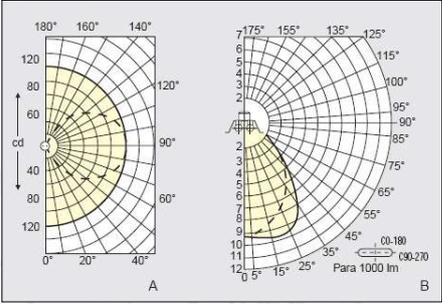
78

78

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia.

3 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO EM UM LABORATÓRIO DE FOTOMETRIA

Goniofotômetro

IEE/USP – Instituto de Energia e Ambiente / USP

- Obtenção da Curva de Distribuição da Intensidade Luminosa (diferentes planos e direções)
- Determinação do Fluxo Luminoso emitido pela luminária (a partir da curva de distribuição luminosa)

79

79

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
 PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia.

Esfera integradora




PTB – The National Metrology Institute of Germany

Fluxo luminoso de uma lâmpada

Determinação do fluxo luminoso Φ_e da lâmpada sob ensaio.

A lâmpada sob ensaio é colocada no interior da esfera e mede-se a Iluminância (E_e), em lux, através de um sensor.

Utilizando-se como referência o valor conhecido do fluxo luminoso de uma lâmpada padrão (Φ_p) e seu respectivo valor da Iluminância (E_p), medida na esfera, obtém-se:

$$\phi_e = \phi_p \times \frac{E_e}{E_p} \text{ (lúmens)}$$

80

80

PPGE – Programa de Pós Graduação em Energia
PEN 5008 – Introdução a qualidade e uso racional de energia
Bibliografia



- Costa, G. J. C. Iluminação Econômica – Cálculo e Avaliação. EDIPUCRS, 2005.
- Cotrim, A. A. M. B. Instalações Elétricas, 4ª edição. Editora Pearson Education do Brasil, 2003.
- Catálogos OSRAM, http://www.osram.com.br/osram_br/, Agosto/2009.
- Apostila Conceitos e Projetos, OSRAM, http://www.osram.com.br/osram_br/, Agosto/2009.
- Apostilas PROCOBRE, <http://www.procobre.org/pr/index.html>, Agosto/2009.

81