

Notas ampliadas sobre a história da Iluminação



Adnei Melges de Andrade

Sumário

Iluminantes artificiais

- Evolução de iluminantes – combustão;
- A eletricidade na iluminação;
- Dois conceitos selecionados:
 - Temperatura de cor correlata (T_{cp});
 - Distribuição espectral (de radiação óptica);
- A eletrônica na iluminação;
- A eficiência luminosa de fontes de luz artificial;
- Anexo sobre a história da lâmpada incandescente.

Iluminação Natural



Os primeiros iluminantes artificiais

~ 70 mil anos

Lâmpada paleolítica de pedra



Período Magdalenense
~ 15.000 anos a.C.

Lâmpada de Lascaux



Grécia século VII a.C.

lâmpadas de barro cozido com pavio de fibras



Lâmpadas gregas e romanas

“Lâmpada” tem origem no grego *lampas* = tocha



Utilizavam óleos vegetais (de oliva, noz, gergelim, mamona...) e de origem animal.

Utilização tardia – Século XX

Candeia



Candeeiro



Ainda eram usados, com os mesmos óleos vegetais (oliva, noz, gergelim, mamona...).

A lenta evolução dos iluminantes

3.000 a.C. – Invenção da vela, que persistiu como principal iluminante até os séculos XVII/XVIII.



A lenta evolução dos iluminantes - 1

Século IX – Utilização de óleo mineral para iluminação (destilado de afloramentos naturais=*naftatah*) por Al-Razi (Muhammad ibn Zakariyā Rāzī, **865 – 925**), em Bagdá.

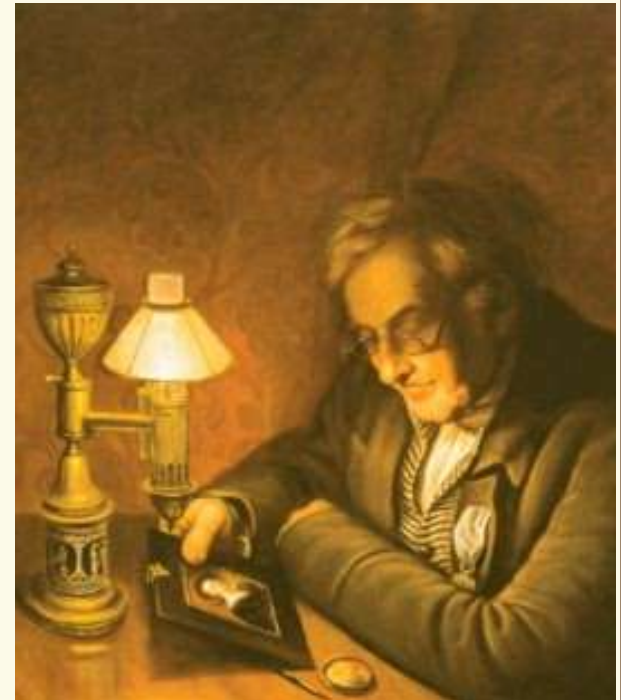
Devido a dificuldade de obtenção de combustíveis pouco viscosos, como o querosene, o iluminante de Al-Razi demorou muitos séculos até ser utilizado em maior escala.

A partir de **1850**, com a popularização do querosene e queimadores eficientes, estes revolucionam a iluminação.

A lenta evolução dos iluminantes - 2

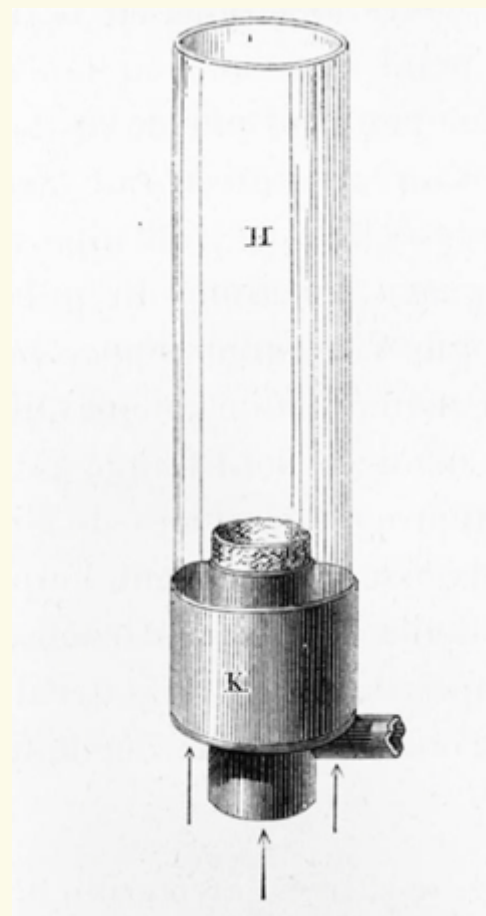
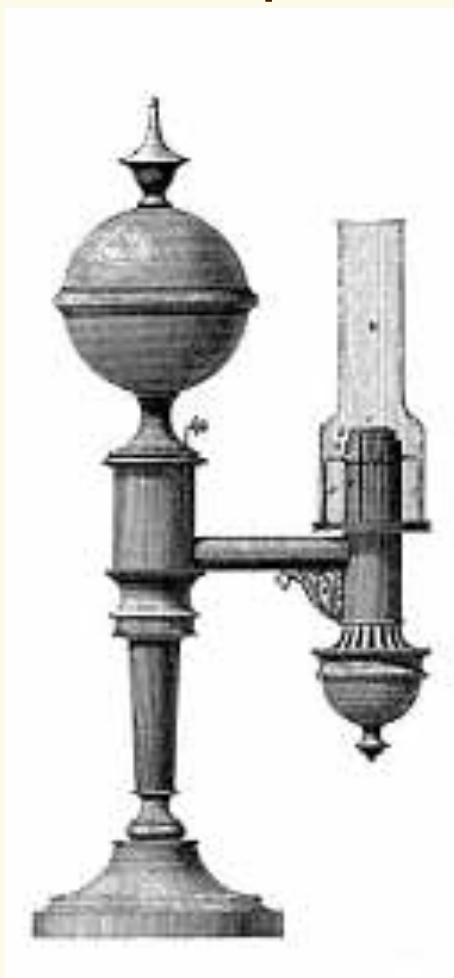
Séc. XVIII – Em **1780** Aimé Argand, um químico suíço desenvolve uma lâmpada mais eficiente para a queima de óleo de baleia.

Argand adicionou uma chaminé de vidro e um pavio em forma circular. A inovação aumentou a área iluminante e permitiu melhor queima do óleo, reduzindo a emissão de particulado.



A lenta evolução dos iluminantes - 3

Lâmpada de Argand/Quinquet



A lenta evolução dos iluminantes – 4 ainda no século XX



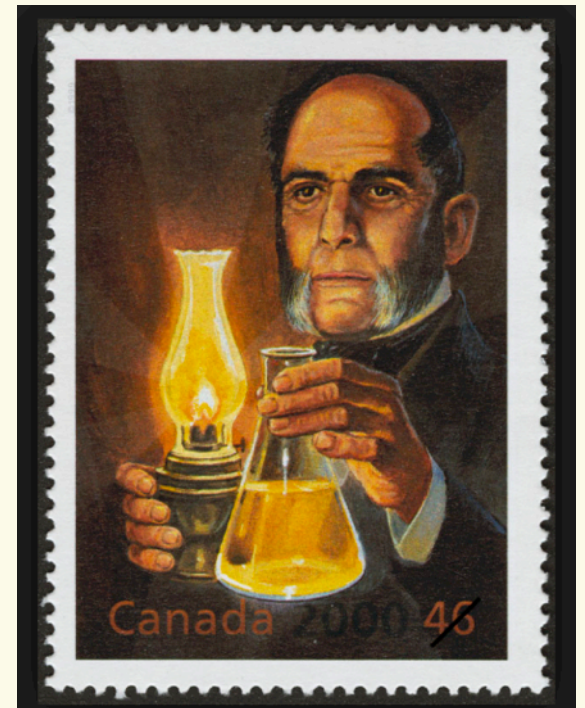
Queimador de fita



Queimador de Argand

O querosene na iluminação

1846 - Abraham GESNER desenvolveu técnicas para obter o que denominou KEROSENE, uma alternativa ao dispendioso óleo de baleia para iluminação. As matérias primas utilizadas eram o carvão mineral, betume e óleo de folhelho (xisto).



1850 – Gesner criou a Kerosene Gaslight Company no Canadá, que iniciou a iluminação pública em Halifax e outras cidades.

1854 – Estabeleceu uma segunda fábrica em Long Island, New York, a North American Kerosene Gas Light Company.

O petróleo

A descoberta e exploração do petróleo, a partir de 1859, veio a facilitar os processos de obtenção e redução de custo do querosene, que se tornou muito popular na iluminação doméstica e iluminação pública.

É importante constatar que a indústria do petróleo surgiu das necessidades da iluminação. Os motores a explosão só seriam desenvolvidos cerca de três décadas mais tarde.



Uso de gás na iluminação – 1

Em 1792 William Murdoch, que trabalhava com James Watt e Matthew Boulton, destilou carvão mineral em uma retorta, recolheu o gás e fez uso de sua flamabilidade para iluminação.

Por volta de 1820 cidades norte-americanas e europeias já tinham iluminação pública com uso de gás de carvão. Esse iluminante ficou em uso até ~ 1930.

Na segunda metade do século XIX, ocorreu a introdução do gás como iluminante no ambiente doméstico.

Nas grandes cidades havia gasômetros e distribuição canalizada até meados do século XX.

Uso de gás na iluminação – 2

Inicialmente o gás era queimado sem uso de luminárias sofisticadas.



Embora prático no uso, sua **eficiência era baixa** com tais queimadores

Uso de gás na iluminação – 3a a inovação de Carl Auer von Welsbach

Camisa (manto) – Introduzida c. 1885.



A camisa incandescente de Auer

A camisa Auer, uma tela de tecido impregnada de óxidos de tório e cério, foi uma inovação que aumentou em muito a eficiência das luminárias a querosene e gás.



**Reservatório
pressurizado** →



O uso da camisa incandescente foi o ponto mais alto da evolução das luminárias a querosene e gás.

Uso de gás na iluminação – 4

Camisa (manta) de Auer – Iluminação pública



Iluminação com gás acetileno

Para uso em veículos havia geradores de gás acetileno a partir de "carbureto".

A reação de água com **carbeto de cálcio** produz acetileno, gás inflamável.

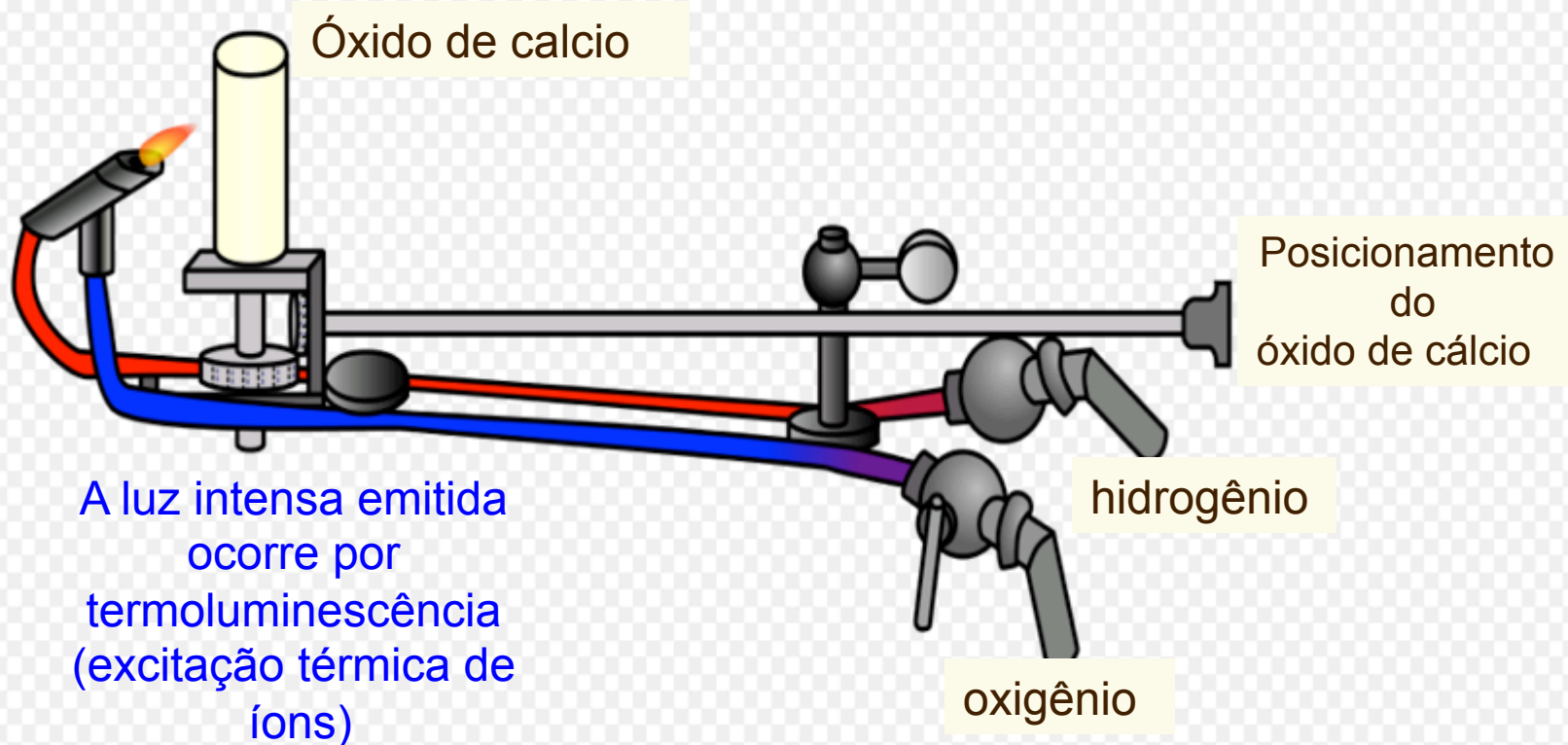
Sua chama intensa foi utilizada em faróis de automóveis, bicicletas e outros veículos.



Limelight – Óxido de cálcio

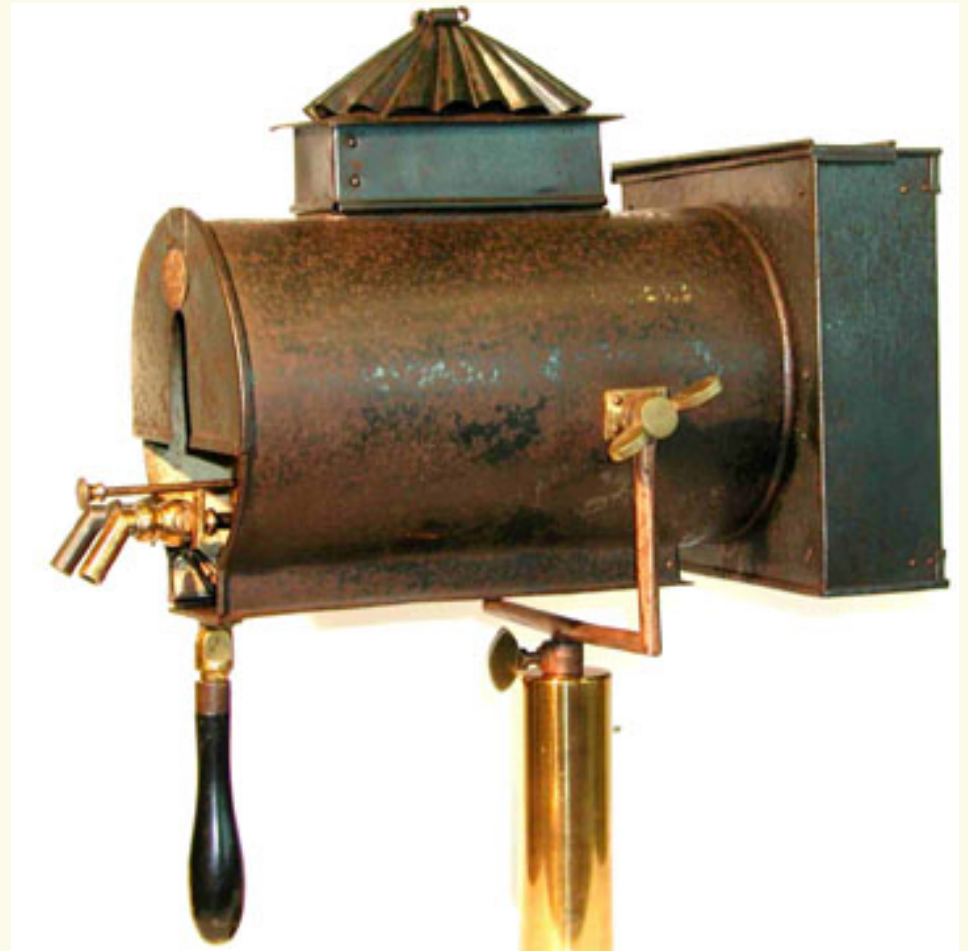
uma curiosidade

Fonte de luz desenvolvida em 1826 por Thomas Drummond, torna-se popular a partir de 1850 para iluminação de palco de teatros



Limelight – Óxido de cálcio

Projektor de luz do Séc. XIX



Limelight – Óxido de cálcio

“Lime” = cal virgem

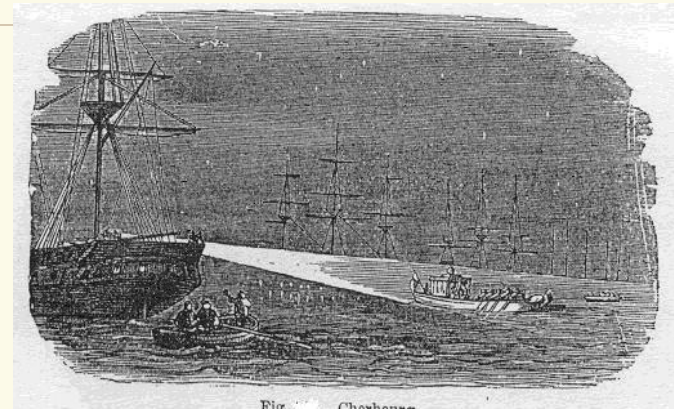
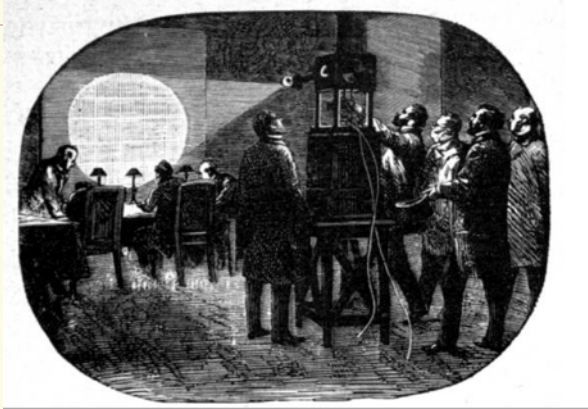


Fig. 100. Cheberson.



Fig. 101. H.

THE USE OF ELECTRICITY ON THE STAGE

A eletricidade na iluminação – 1a

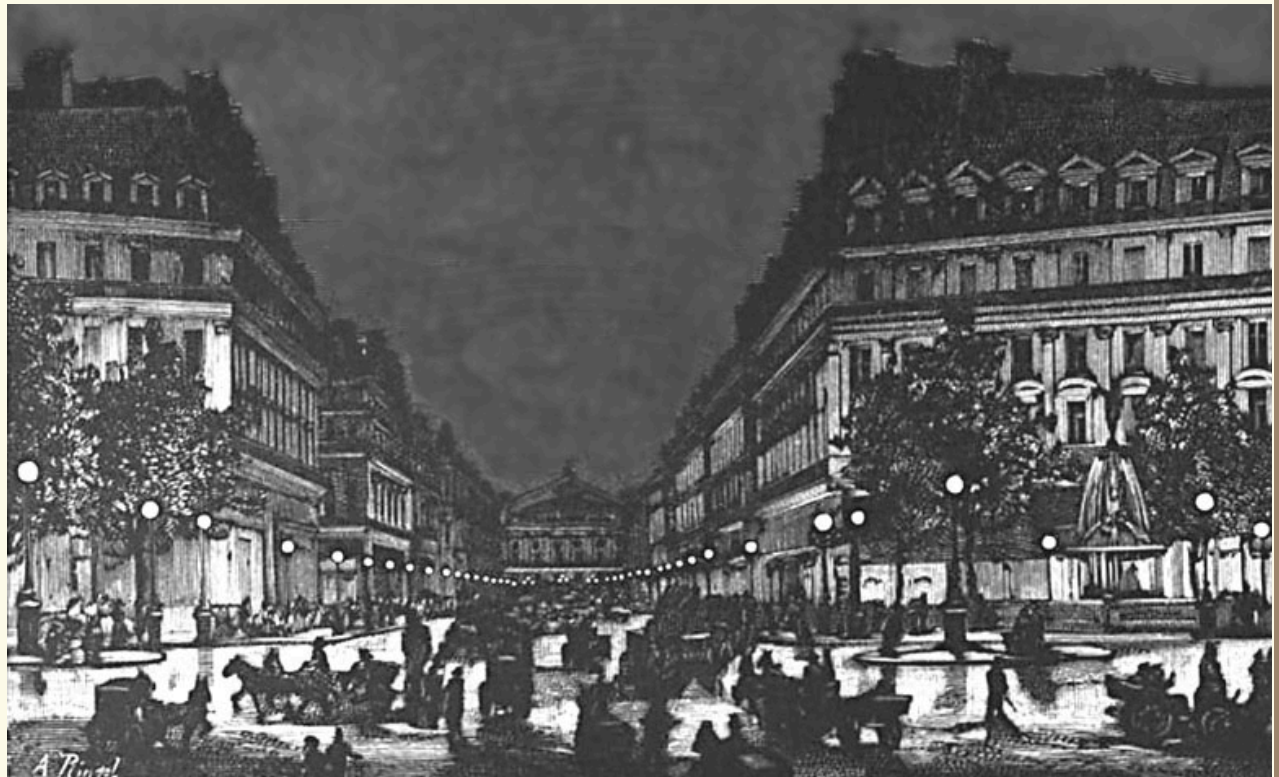
Iluminação pública

As primeiras utilizações da eletricidade em iluminação pública foram feitas com lâmpadas a arco voltaico. Em 1878 Paris inaugurou sistema com “velas” de Yablochkov.



“arco” voltaico

A Ópera em Paris



A eletricidade na iluminação – 1b

as “velas” de Yablochkov

O arco elétrico produzido vaporiza o carbono, que emite luz com elevada intensidade. Os eletrodos eram consumidos em poucas horas (~8h na época).

Mas as lâmpadas podiam conter várias “velas”. O fluxo luminoso

Era de ~7 lumens/W por “vela”.

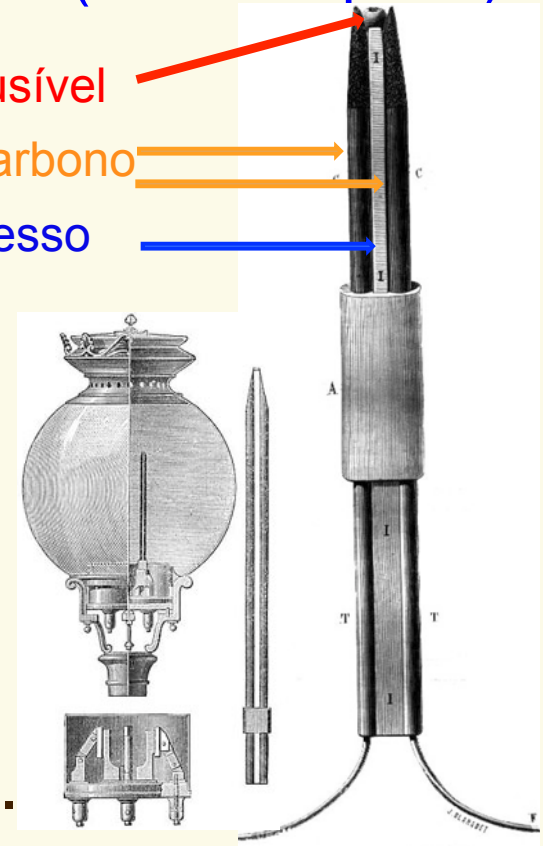
Os mecanismos de controle dos eletrodos de carvão foram muito aperfeiçoados e a duração dos eletrodos chegou a 175 horas.

Inicialmente energizadas com baterias, se tornaram populares com o uso do **dínamo de Gramme**.

Fusível

Carbono

Gesso



A eletricidade na iluminação – 1c

Iluminação pública

As lâmpadas a arco de carbono tiveram sua importância entre 1880~1930

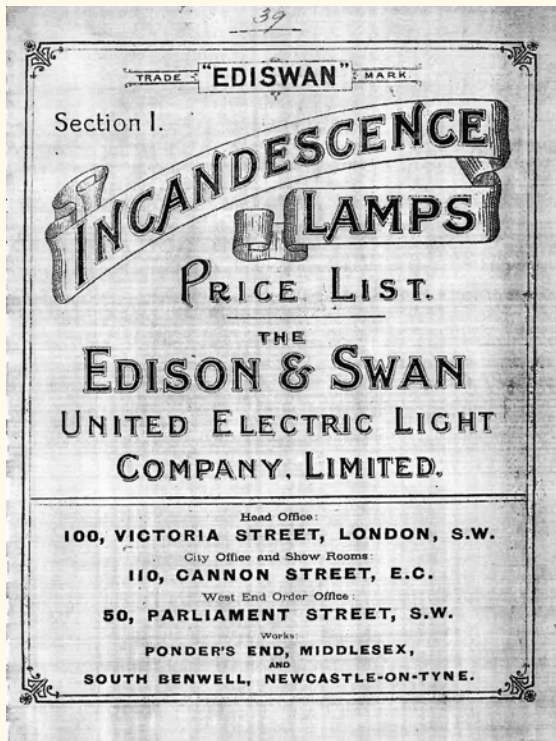


A eletricidade na iluminação – 2

lâmpadas incandescentes

Joseph Swan (1878) e Thomas Alva Edison (1879) patentaram suas lâmpadas incandescentes.

Na década de 1890 a lâmpada de filamento de carvão, selada sob vácuo, começou a se popularizar.



Base Edison

Base da lâmpada Edison, ~ 1890

Prototipo original, 1880, da lâmpada com sua base de rosca (tirada de uma lata de querosene).



A competição – 2a

iluminação com gás x iluminação elétrica

Em 1892 a revista londrina, The Strand, apregoava a vantagem da iluminação a gás sobre a luz elétrica. Em 1900 o custo da eletricidade era cerca de 25 vezes maior por unidade de energia do que o do gás, mas era apenas 7 vezes mais eficiente.

Em 1930, o custo da energia elétrica já era apenas 5 vezes o custo do gás, mas a lâmpada já era 10 vezes mais eficiente.


ADVERTISEMENTS. XXV

If you want
Brilliant Light
**SUPERIOR TO
ELECTRICITY.**
FOR
lighting Private
Houses **EFFECTIVELY** and
ECONOMICALLY, adopt the
**INCANDESCENT GAS-LIGHT
BURNERS.**

No alteration in Gas Fittings.
Reduces the Gas Bill by one-
half. Superior to Electricity,
at a **TITHE** of the **COST.**

**INCANDESCENT GAS-LIGHT
COMPANY, LTD.,**
16, PALMER ST., WESTMINSTER, LONDON, S.W.

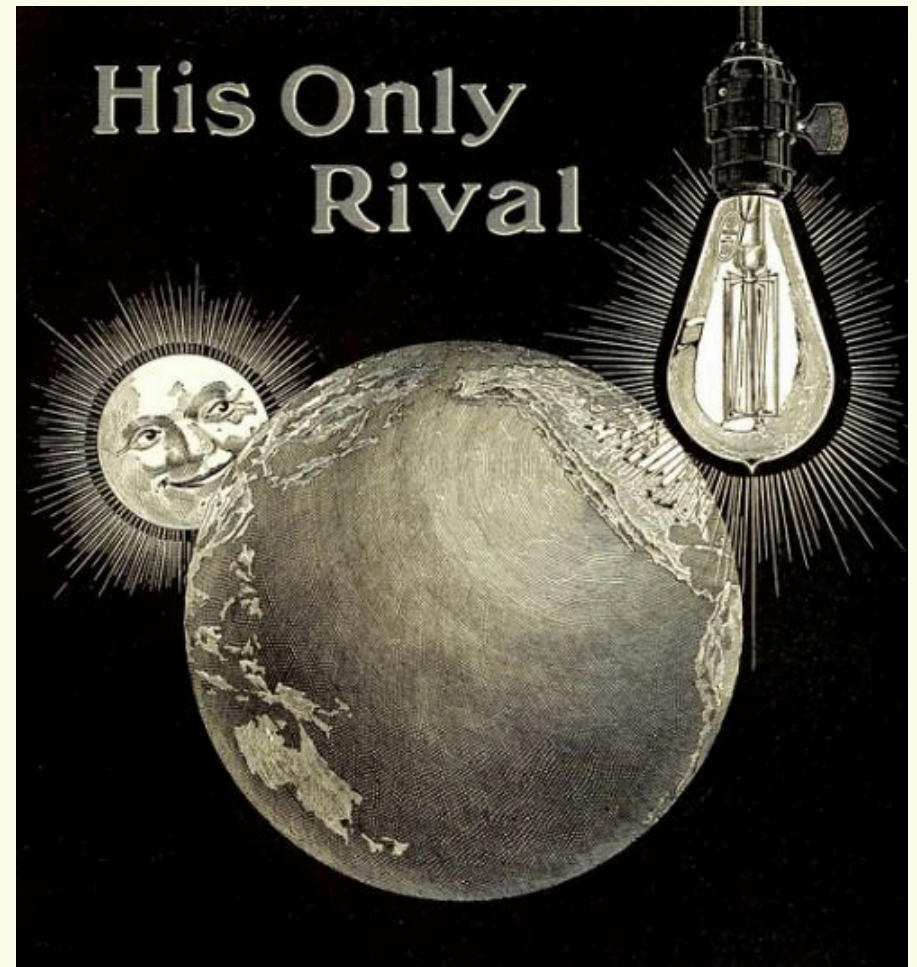
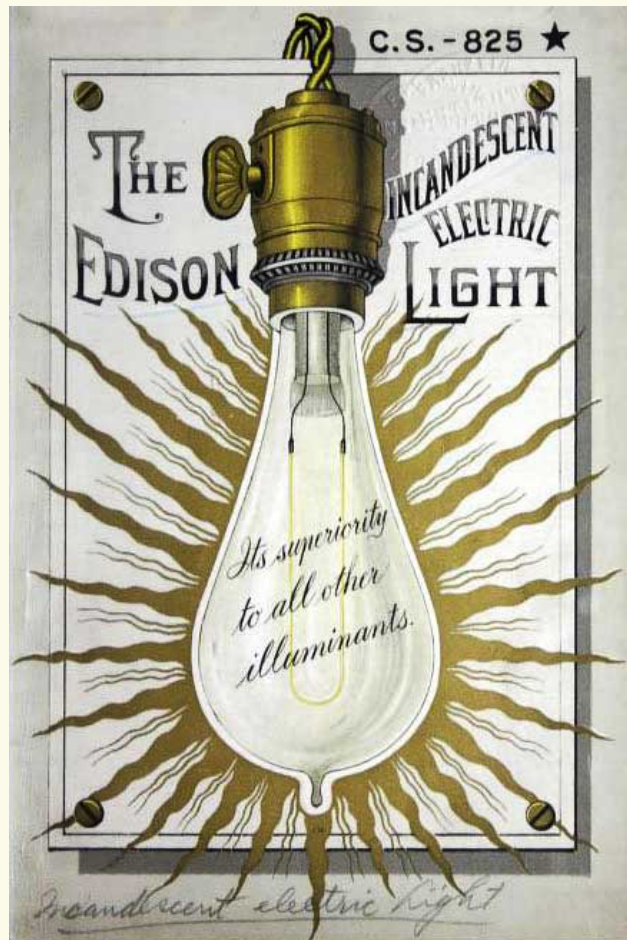
*THESE LAMPS CAN BE FIXED
IN LONDON ON RECEIPT OF
ADVERTISED PRICES. THEY
MAY BE SEEN IN OPERATION
AT THE COMPANY'S OFFICES
IN GREAT VARIETY.
SPECIAL DESIGNS FOR
DRAWING-ROOMS, BILLIARD-
ROOMS, LIBRARIES, &c.*



OPTIC LAMP, 12 G. BOSTON LAMP, 12 G.
ICE LAMP, 10 G.
NELSON LAMP, 13 G.
PINEAPPLE LAMP, 12 G. PHILADELPHIA LAMP, 13 G.

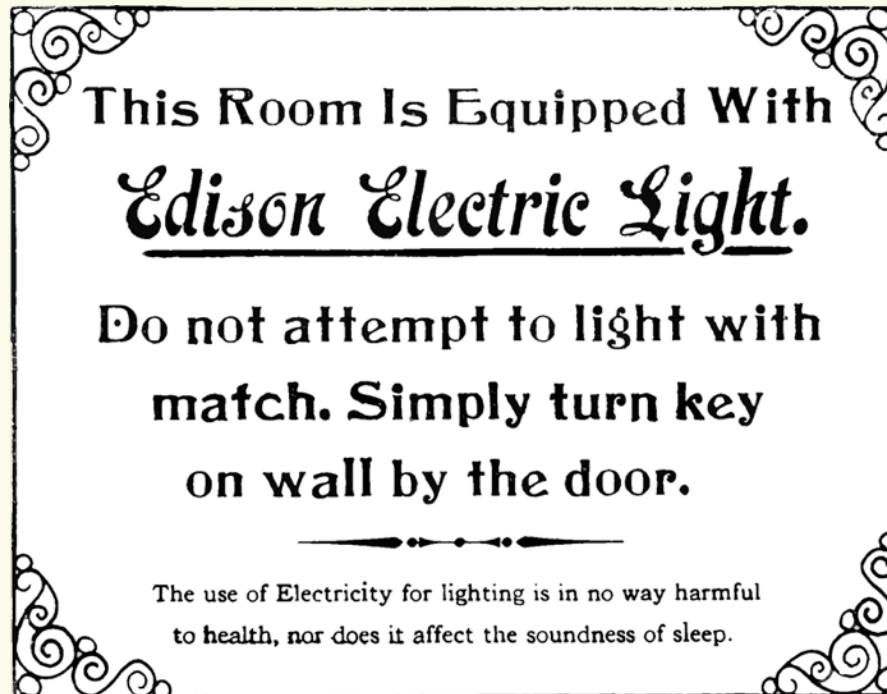
A competição – 2b

Catálogo Edison ~1887



A eletricidade na iluminação – 2c

Aceitação da inovação - Iluminação de interiores



This Room Is Equipped With
Edison Electric Light.

Do not attempt to light with
match. Simply turn key
on wall by the door.

— — — — —

The use of Electricity for lighting is in no way harmful
to health, nor does it affect the soundness of sleep.

Cartaz em hotel c. 1895

A inovação passava a ser aceita

Mazda – filamento
metalizado – 1904/1907



Use 3 lights at the
old cost of One

For the same money
that you now pay for
current for the old-style
carbon lamp, you can have your choice of
3 times as much light in each room—or
3 times as many rooms lighted—or
3 times as many hours of light
if, instead of the carbon lamp, you use
Edison Mazda Lamps

Do you know the difference between the Edison
Mazda Lamp and the old-style carbon lamp?
Look at the pictures. Note the difference in internal
construction of these two kinds of lamps. Then look at
your lamp. Which kind are you using?
Your nearest electrical dealer or lighting company will
gladly show you the various sizes of Edison Mazda Lamps.

General Electric Company
Largest Electrical Manufacturer in the World
Sole Offices in all Large Cities. Agencies Everywhere.

Big Girl
Evalu

The Standard of
Electricity

The Standard of
Electricity

A eletricidade na iluminação – 3

A importância do desenvolvimento de Edison permanece até nossos dias. A base da lâmpada, conhecida por E-27 ainda é usada.



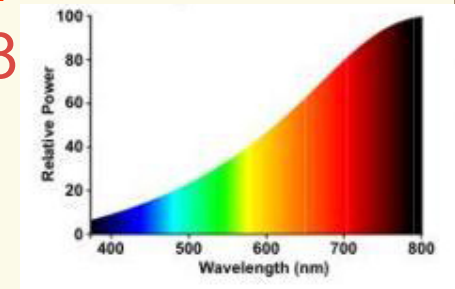
Auer esteve na origem do uso do Ósmio (1903) e do tungstênio (Wolfram) em lâmpadas e outros desenvolvimentos para iluminação.

A eletricidade na iluminação – 3a

Evolução das lâmpadas incandescentes

Lúmen – uma medida da emissão luminosa (SI)

- Filamento de carvão -1880-1904(1,4 a 4 lm/W)
- Filamento de ósmio -1903 (5 lm/W)
- Filamento de tântalo -1902-1911 (6 lm/W)
- Filamento de tungstênio – a partir de 1908
- Filamento espiralado - 1912 (12 lm/W)



- Filamento com dupla espiral - 1921 (14 lm/W)



- Introdução de halogênios (iodo/bromo) -1960 (24 lm/W)



A eletricidade na iluminação – 3b

Baixa eficácia luminosa de lâmpadas incandescentes

Devido à **baixa eficácia** de conversão de energia elétrica em luz, lâmpadas incandescentes eram usadas em **aquecedores** de ambiente.

A eficácia luminosa máxima calculada é 683 lm/W. A eficácia na prática depende do espectro.

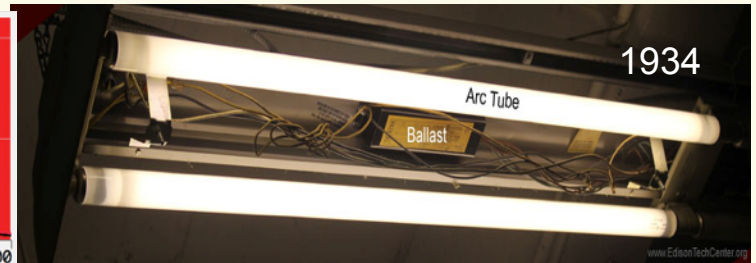
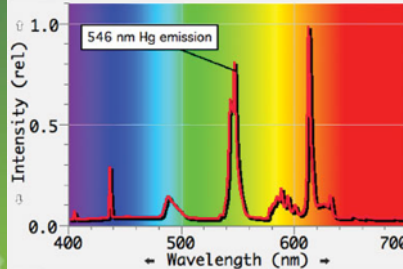
A eficácia máxima de lâmpadas incandescentes é cerca de 3,5%.



A eletricidade na iluminação – 4

lâmpadas a descarga

•Fluorescentes



30 lm/W

- Fluorescente compacta 23W → 60 lm/watt
- Fluorescente T5 - 28W(1996) → 100 lm/watt

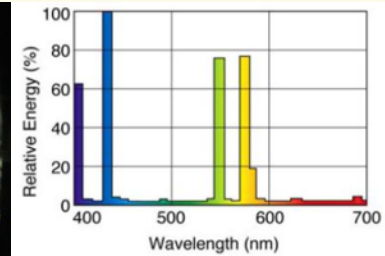
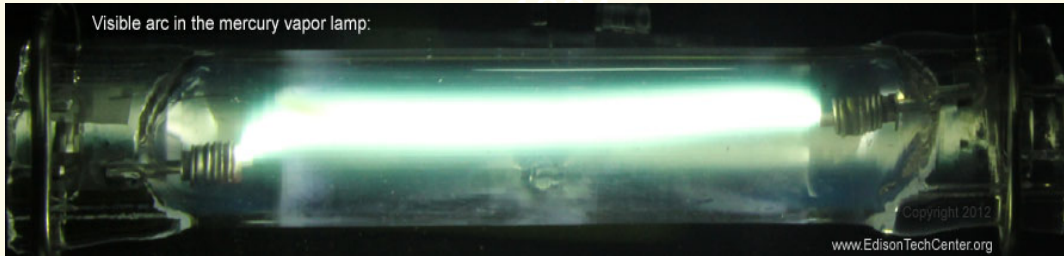
- Vapor de mercúrio
- Vapor de sódio
- Lâmpadas mistas

Baixa reprodução de cores



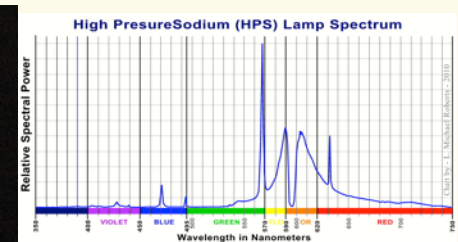
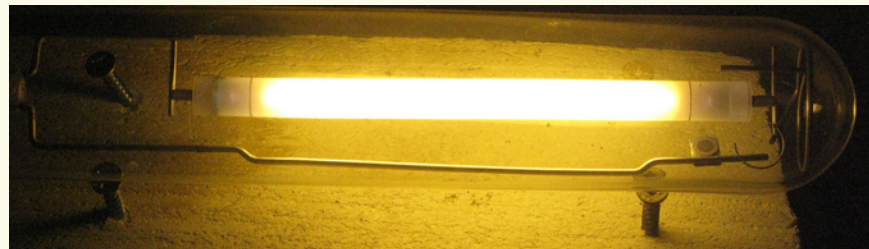
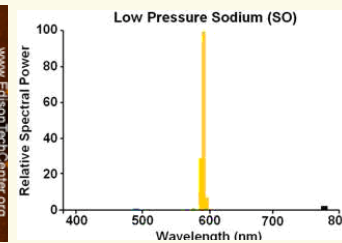
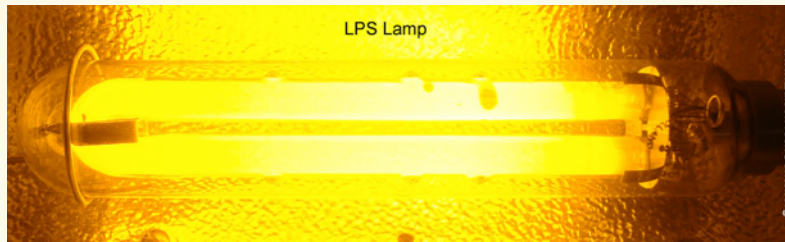
A eletricidade na iluminação – 5

Lâmpadas a vapor de mercúrio e de sódio



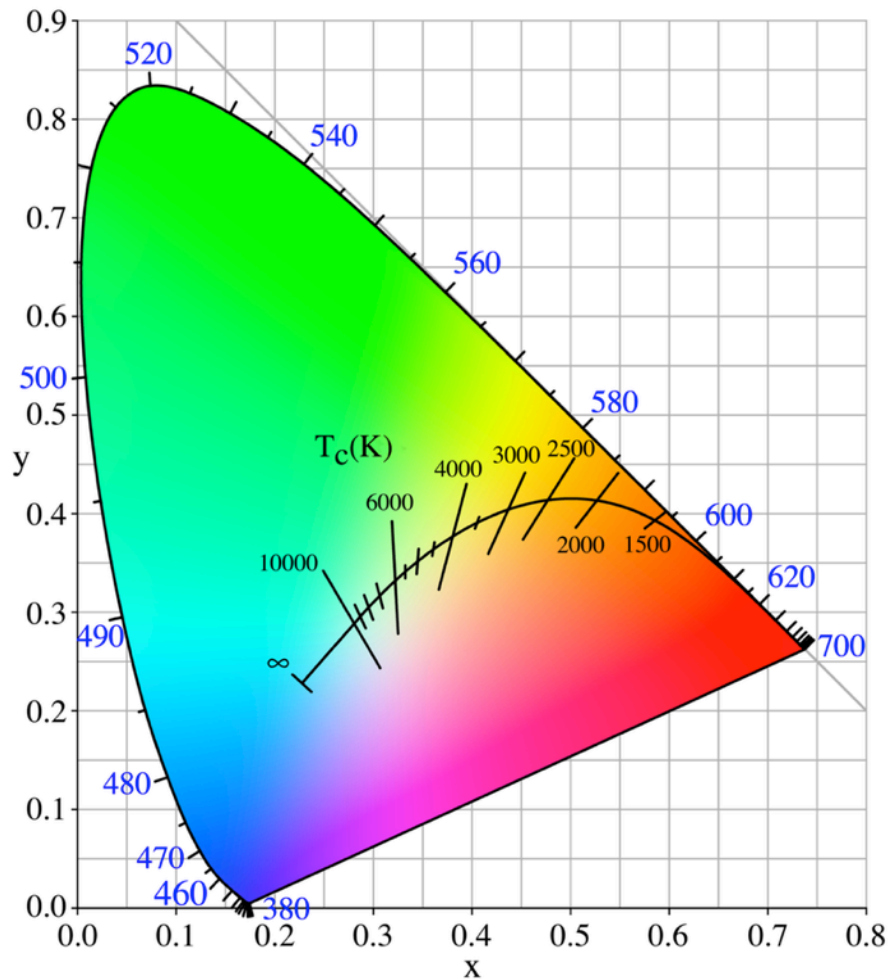
Lâmpadas de mercúrio: 30~60 lm/watt (6800 K)

Lâmpadas de sódio, LPS e HPS: 80~190 lm/watt (1800 K)



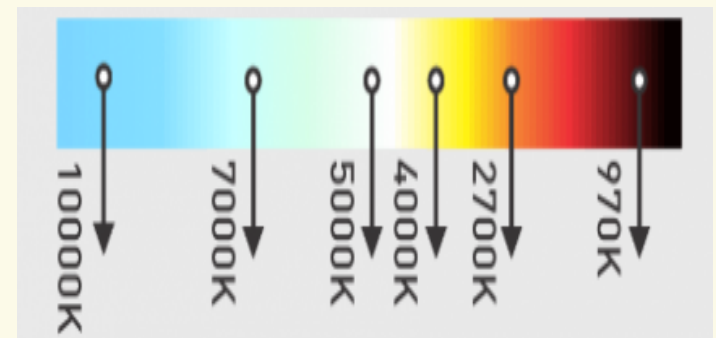
Temperatura de cor correlata T_{cp}

diagrama de cromaticidade - CIE1931



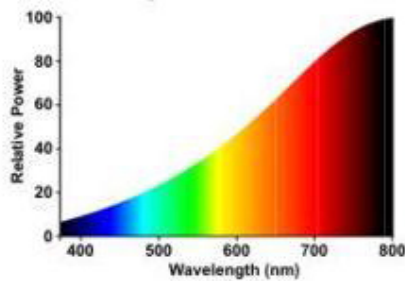
Temperatura de cor é associada à luz visível e dá informação importante para a iluminação, fotografia, editoração e outros campos. A temperatura de cor de uma fonte luminosa equivale à temperatura de um radiador de corpo negro ideal que produz luz com matiz comparável à fonte considerada. Unidades em kelvin, K.

	x	y
vermelho	0,64	0,33
verde	0,30	0,60
azul	0,15	0,06
ponto branco	0,3127	0,3290

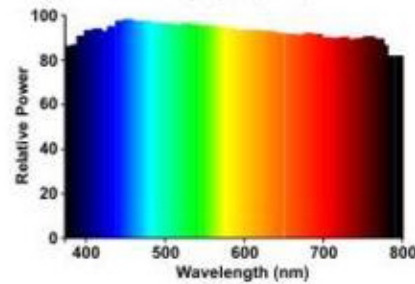


Distribuição espectral de diferentes tipos de iluminantes (lâmpadas)

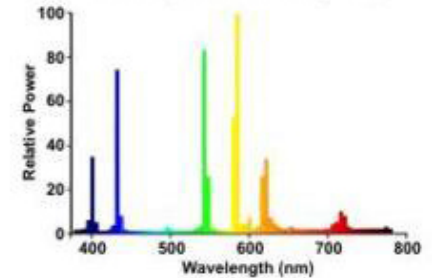
incandescente – tungstênio



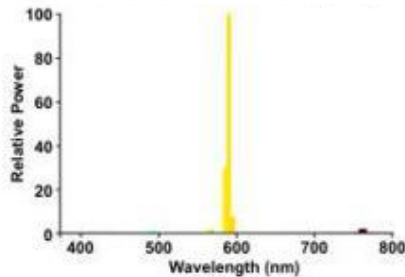
luz do dia(D65)



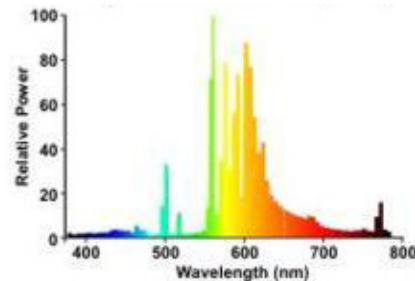
fluorescente de mercúrio



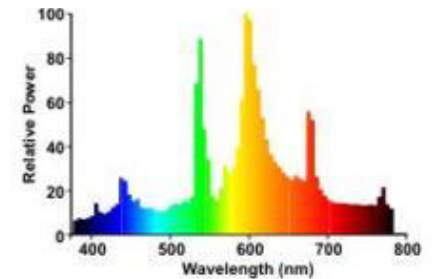
sódio baixa pressão(SOX)



sódio alta pressão(HPS)



haletos metálicos 3000K



A eletrônica na Iluminação - 1

LEDs – a inovação

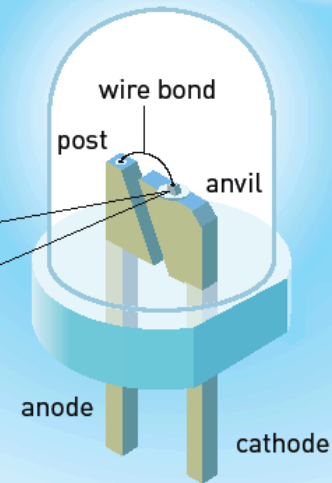
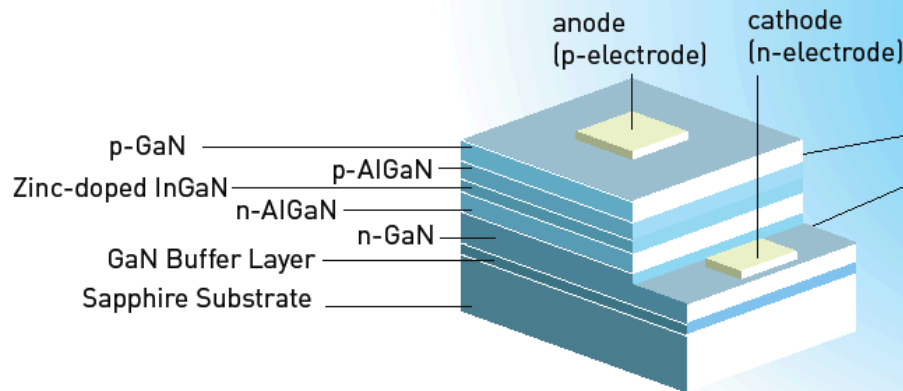
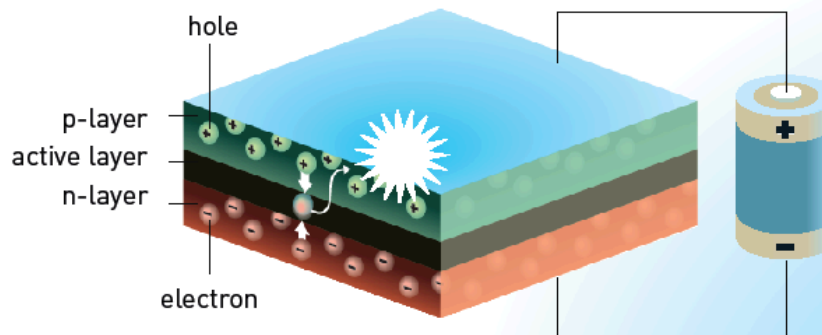
Em outubro de 2014 Isamu Akasaki
Hiroshi Amano e
Shuji Nakamura

receberam o prêmio Nobel de Física pelo desenvolvimento dos LEDs azuis no início da década de 1990:

“for the invention of efficient blue light-emitting diodes which has enabled bright and energy-saving white light sources”

A eletrônica na Iluminação – 2

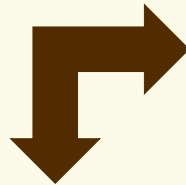
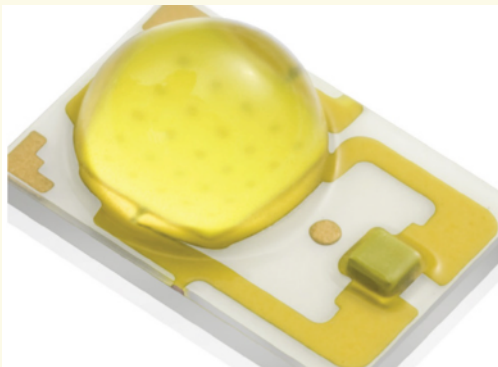
diodo LED



A eletrônica na Iluminação – 3

Lâmpadas LED

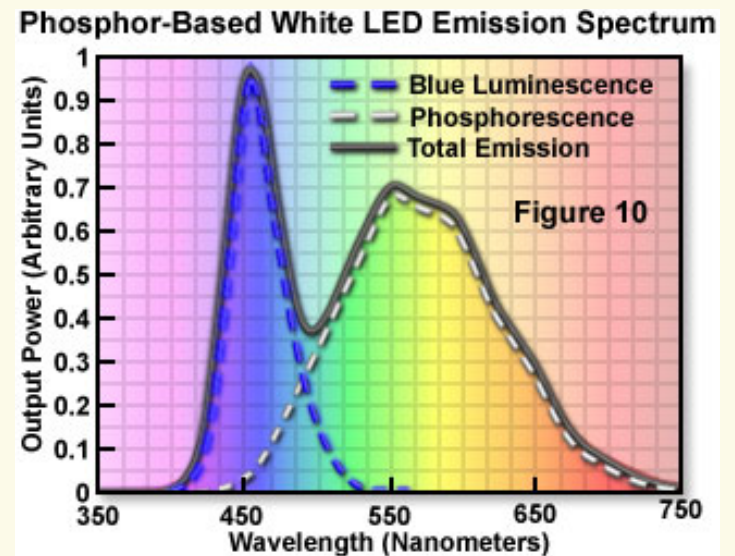
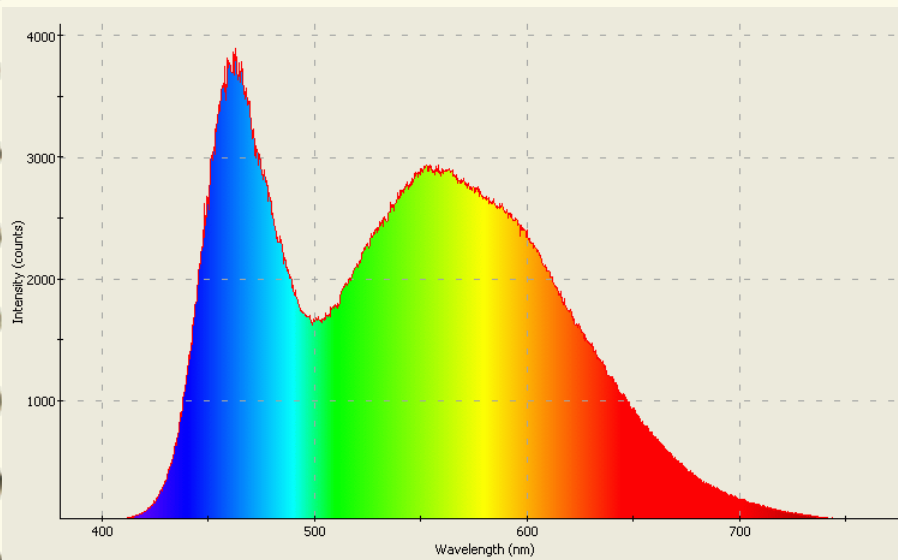
Unidade básica LED



A eletrônica na Iluminação – 4

diodo LED – luz branca

Os LEDs azuis, que emitem na faixa de 440 a 470nm são os utilizados para a emissão da luz branca. Utilizam uma camada de compostos de fósforo, que converte **parte da emissão** em outras cores. O resultado é percebido pela visão humana como luz branca.



A eletrônica na Iluminação - 5

Os LEDs e o meio ambiente

Recordes recentes de eficiência luminosa dos LEDs chegam a > 200 lumens/watt. Cerca de 40% da potência elétrica é convertida em luz branca.

A importância dos LEDs se deve a que cerca de $\frac{1}{4}$ de toda eletricidade no mundo era consumida em iluminação! A vida dos LEDs pode chegar a 100mil horas, contra 1mil das incandescentes e 10mil das fluorescentes

→ LEDs economizam recursos do planeta.

A eletrônica na Iluminação - 6

Eficácia luminosa dos LEDs - 1

A eficácia luminosa depende do espectro considerado.

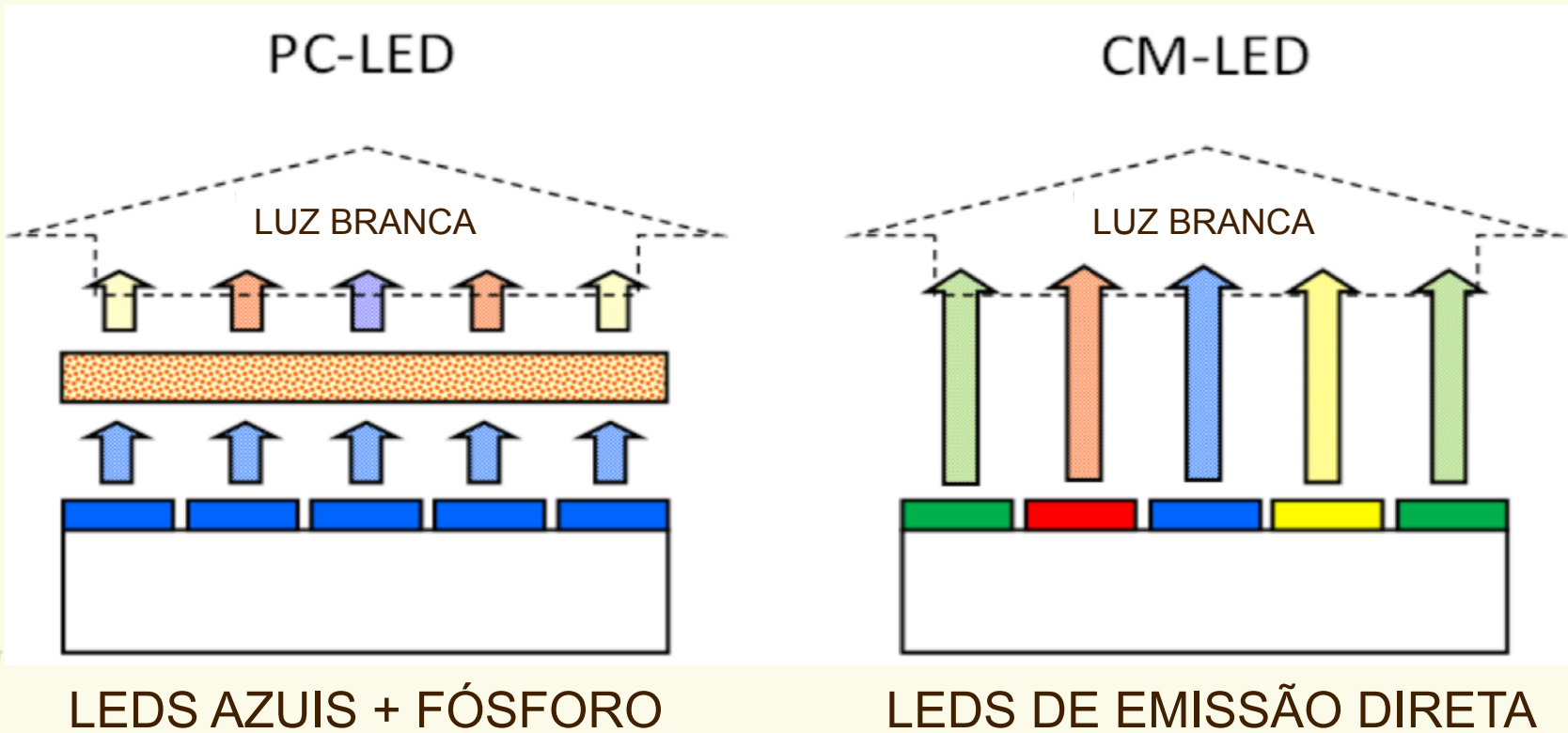
Embora a eficácia luminosa dos LEDs brancos já atinja, em 2020, >200 lumens/watt, é importante notar que há limites práticos para a eficácia dos LEDs. Parte da energia é convertida em calor.

A eficácia máxima prática é diferente para os dois tipos mais comuns de arquitetura de LEDs para emissão de luz branca.

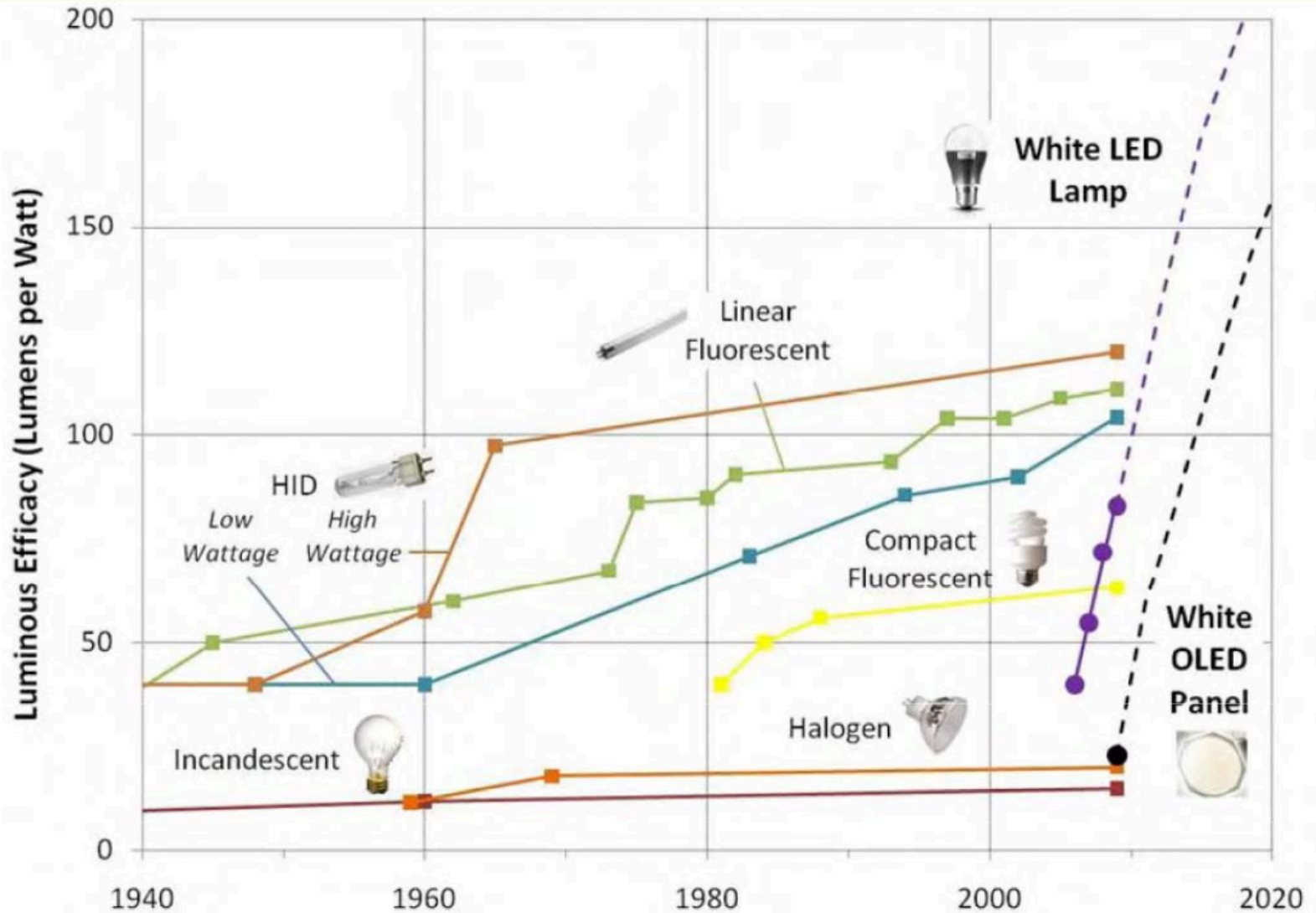
A eletrônica na Iluminação - 6

Eficácia luminosa dos LEDs brancos - 2

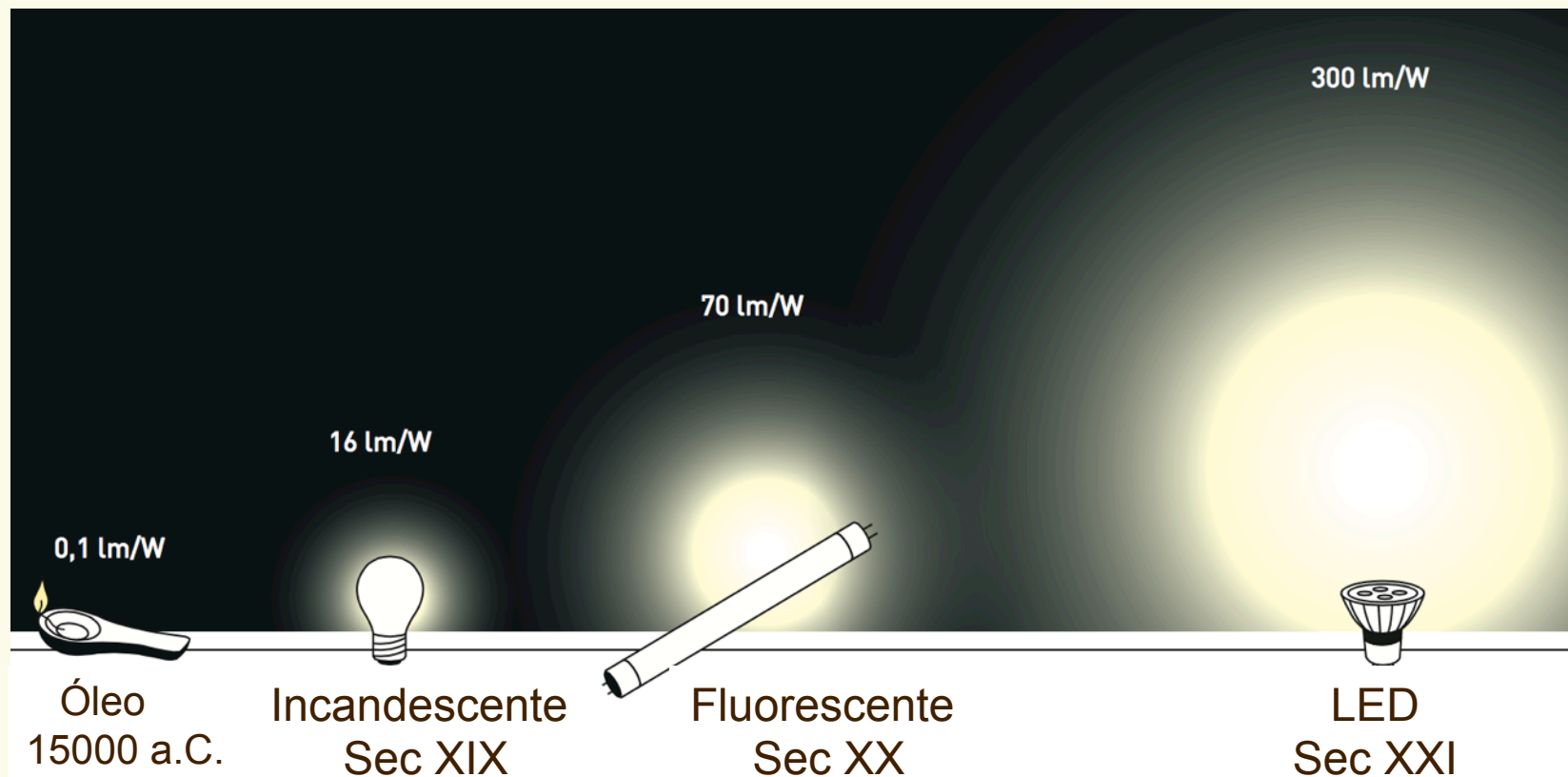
- LEDs brancos com conversão por fósforo (PC) ~255 lm/W.
- LEDs brancos de mistura de cores (CM) ~ 325 lm/W .



A evolução das fontes de luz



A eficácia de fontes de luz



Notas ampliadas sobre a história da Iluminação

Grato pela atenção

IEE/USP – 29/09/2020

ANEXO

A HISTORIA DA LAMPADA INCANDESCENTE - 1

1801 – Humphrey Davy, na Inglaterra, demonstrou o princípio da incandescência de filamentos para produzir luz. Utilizando uma bateria, produziu luz estabelecendo corrente elétrica em um filamento de **platina**.

1835 – James Brown Lindsay, em Dundee, Escócia, fez demonstração pública de uma lâmpada incandescente.

1841 – Warren de la Rue, utilizando filamento de **platina** em um tubo sob vácuo, demonstrou a eficiência de lâmpadas incandescentes. O elevado custo da platina não favoreceu a popularização destas lâmpadas.

1841 – Frederick de Moleyns, na Inglaterra, patenteou uma lâmpada incandescente que utilizava **carvão em pó** aquecido entre dois **filamentos de platina** selados em uma ampola sob vácuo.

1845, John Wellington Starr, nos EUA, patenteou uma lâmpada incandescente utilizando filamentos de **carbono**. Além da patente, pouco se sabe sobre as referidas lâmpadas.

ANEXO

2 - A HISTORIA DA LAMPADA INCANDESCENTE

1851 – Robert Houdin, na França, demonstrou o funcionamento de lâmpadas incandescentes. Suas lâmpadas estão em exposição no museu do Castelo de Blois.

1872 – Alexandre Nikolayevich Lodygin patenteou uma lâmpada incandescente e a patenteou em 1874.

Joseph Wilson Swan (1828-1914) – Em **1850**, na Inglaterra, iniciou pesquisas de lâmpadas com filamento de carbono em ampolas sob vácuo. Em **1860** realizou demonstrações de seu funcionamento, mas a má qualidade do vácuo obtido resultava em vida muito curta de suas lâmpadas. Com **melhores bombas de vácuo**, Swan retomou suas pesquisas nos anos **1870** e em **1873** fez novas demonstrações. Em **1877** passou a usar finas hastes de carbono. No início dos anos **1880** Swan iniciou a produção comercial de suas lâmpadas.

ANEXO

A HISTORIA DA LAMPADA INCANDESCENTE 3 - O filamento de carbono

1874 – **Henry Woodward e Matthew Evans**, no Canadá, patentearam uma lâmpada incandescente com filamentos de carbono em bulbos cheios com nitrogênio. Não tiveram sucesso na sua comercialização.

Thomas Alva Edison, entretanto, considerou a abordagem de Woodward e Evans promissora e comprou a patente por US\$5.000. Para obter financiamento para o posterior desenvolvimento da patente, Edison informou a imprensa que tinha inventado a lâmpada e necessitava de recurso para produzi-la.

A partir da patente Edison testou diversos metais para filamento, entre eles platina. Tendo retornado ao carbono, em 21 de outubro de **1879** Edison fez o primeiro teste de sucesso, sua lâmpada durou treze horas e meia.

Edison continuou a melhorar do processo e em 1880 patenteou a lâmpada com filamento de bambu carbonizado que poderia durar 1200 horas.

ANEXO

A HISTORIA DA LAMPADA INCANDESCENTE 4 - O filamento de carbono

1882 – Lewis Latimer, nos Estados Unidos, patenteou um processo para produzir filamentos de carbono para lâmpadas.

1882 – Na Inglaterra, as companhias de Edison e Swan se juntaram, formando a Ediswan, posteriormente controlada por Edison.

Não é possível atribuir a invenção da lâmpada a uma pessoa, pois mais de vinte pesquisadores, e suas equipes, pesquisaram e desenvolveram lâmpadas incandescentes desde o início do século XIX.

O que destaca **Edison** dentre os pioneiros da lâmpada incandescente é o fato de que ele **desenvolveu um filamento eficiente para a incandescência**, sua lâmpada era robusta e mais; ele **criou todo um sistema de iluminação** que envolvia a geração e distribuição de energia elétrica de forma viável para a iluminação.

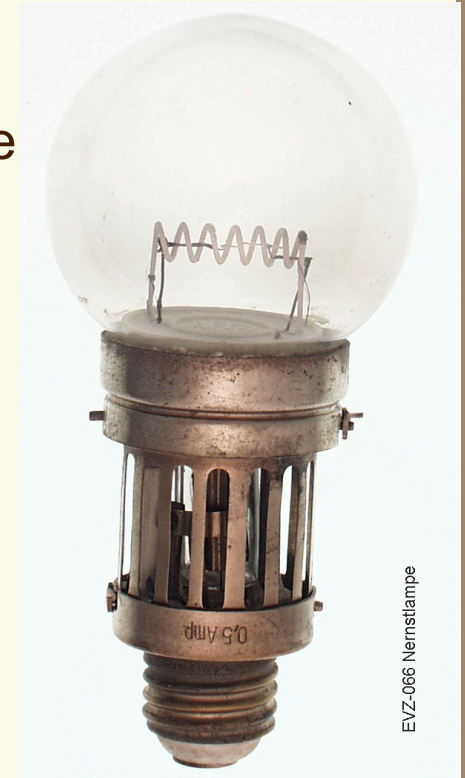
ANEXO

5 - NOVOS MATERIAIS PARA FILAMENTO

1897 – Walther Nernst, Alemanha, introduziu um tipo de lâmpada incandescente, muito mais eficiente que as que utilizavam filamento de carbono.

A lâmpada de Nernst, em que **cerâmica** é aquecida com um sistema auxiliar, passava a conduzir e chegava à incandescência. Dada sua complexidade sua presença no mercado foi curta.

1898 – Carl Auer von Welsbach, na Austria, desenvolveu uma lâmpada eficiente com filamento metálico, de **ósmio**.



ANEXO

6 - NOVOS MATERIAIS PARA FILAMENTO

1903 – Werner von Bolton, Alemanha, desenvolve uma lâmpada com filamento de **tântalo**, que produz mais luz, com menor consumo de energia do que as lâmpadas com filamento de carbono. A pressão de vapor do tântalo, mais baixa do que a do carbono, permite trabalhar em temperaturas mais elevadas, aumentando a eficiência para cerca de 6 lm/W, o dobro das de filamento de carbono. Era, porém inadequada para uso em corrente alternada. Os ciclos de expansão-contração devido à corrente alternada resultavam em mudanças estruturais do filamento, que aumentava de comprimento levava a curto-circuitos entre seus segmentos, conduzindo a falhas prematuras.



ANEXO

7 - NOVOS MATERIAIS PARA FILAMENTO

1903 – Willis Withney desenvolveu um processo para revestir os **filamentos de carbono** com uma **camada metálica**, que reduzia o enegrecimento da superfície interna da lâmpada, diminuindo sua eficiência luminosa.

1904 – Franjo Hannaman patenteou, Budapest, a primeira lâmpada com filamento de tungstênio

1906 – A General Electric patenteou um método para produzir filamentos de tungstênio.

1910 – William D. Coolidge aperfeiçoou método para produzir **tungstênio dúctil**, que barateou o caro processo de fazer filamentos.

ANEXO

A HISTORIA DA LAMPADA INCANDESCENTE

8 – Efeitos do bulbo com gás e filamento espiralado

1912 – Irving Langmuir, Estados Unidos, percebeu no início de suas experiências com lâmpadas incandescentes, que vácuo não era a melhor condição para o funcionamento e duração das lâmpadas. Langmuir trabalhava com física das superfícies e mostrou que mesmo submetida à condição de vácuo, traços de água eram responsáveis pelo “enegrecimento” das lâmpadas e uma vida curta. Na temperatura de funcionamento do filamento, água se dissocia e o oxigênio oxida o filamento, ao mesmo tempo em que o hidrogênio, que dissociava em hidrogênio molecular, altamente reativo, tornava o tungstênio friável, se desintegrando com facilidade e enegrecendo o interior da lâmpada. Sua contribuição foi a de introduzir gás não-reativo, inicialmente nitrogênio ou argônio e mais tarde uma mistura de nitrogênio-argônio, presente em todas as lâmpadas fabricadas desde então. Também é dele a introdução do filamento em espiral, que evita a perda de calor pelo filamento, aumentando a emissão de luz.

ANEXO

9 – Efeitos do bulbo com gás e filamento espiralado

Langmuir, estudando o desempenho da lâmpadas preenchidas com gás, observou perda da eficiência luminosa. Concluiu que o gás em convecção resfriava o filamento. Estudando o perfil de temperaturas dentro do bulbo observou que nas proximidades do filamento não ocorriam variações de temperatura. Identificou uma camada de gás estagnado, que recebeu posteriormente o nome de “bainha de Langmuir”, ou “Langmuir *sheath*”. Sua proposta para sanar o efeito foi o de aumentar esse volume estagnado e assim permitir maiores temperaturas no filamento, gerando maior fluxo luminoso. Sua solução, muito simples, foi a de espiralar o filamento, logo adotada pela companhia em que trabalhava, a General Electric. As figuras a seguir mostram a influência do espiralamento do filamento sobre a movimentação do gás no bulbo. Se o espaçamento entre as espiras consecutivas for menor do que a bainha de Langmuir, as camadas estagnadas sucessivas se superpõe e o gás não circula entre as espiras, deixando de esfriar o filamento.

ANEXO

10 - Bulbos preenchidos com gás e bulbos sob vácuo

Vácuo



Argônio/Nitrogênio



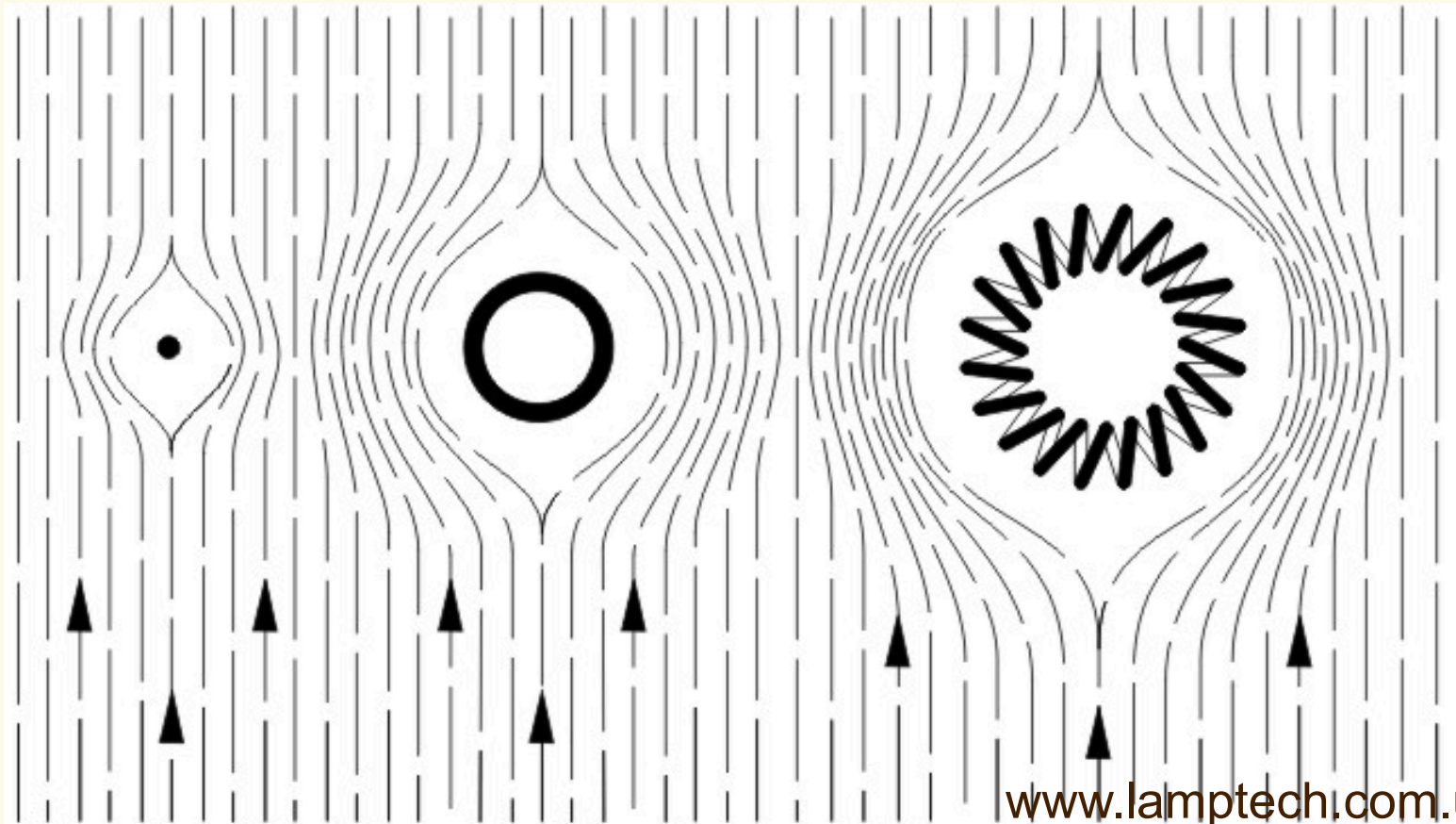
ANEXO

11 - Convecção do gás no bulbo, segundo Langmuir

filamento simples

filamento espiralado

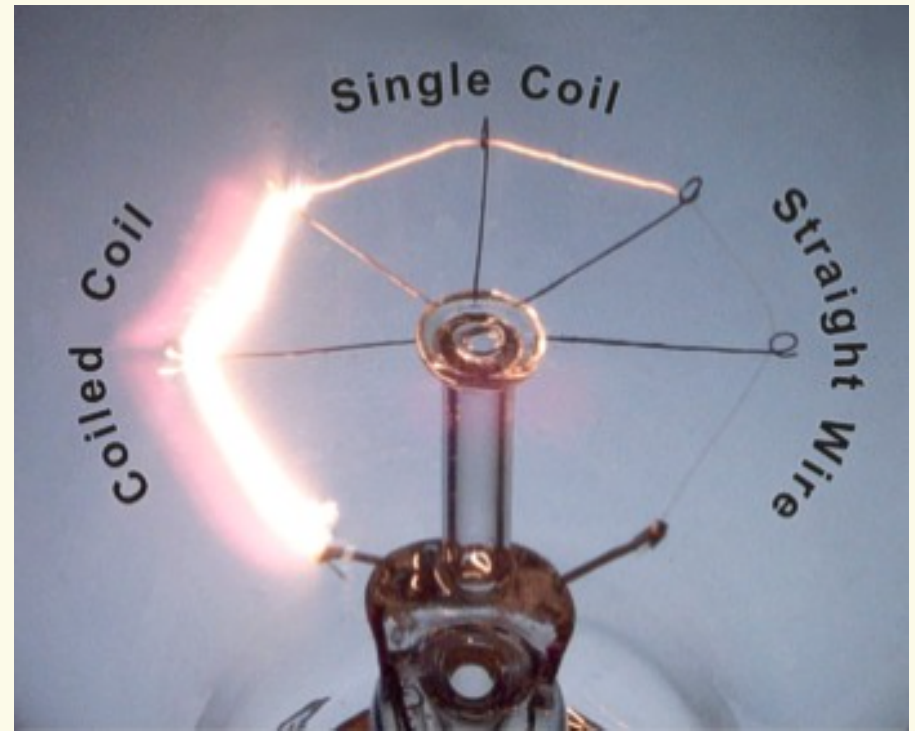
duplamente espiralado



ANEXO I

Demonstração do efeito do espiralamento

Efeitos das perdas de calor e do espiralamento nas lâmpadas incandescentes com **gás no bulbo**. O filamento, feito com um único fio tem três segmentos, um de fio simples, outro de fio espiralado e um de fio duplamente espiralado. Ao alimentar com tensão bastante baixa apenas o segmento duplamente espiralado emite luz. Aumentando a tensão, o filamento espiralado começa a emitir. Em lâmpadas com **bulbos em vácuo** todos os segmentos ficam na mesma temperatura.



ANEXO

12 - A EVOLUÇÃO DA LAMPADA INCANDESCENTE

1921- Junichi Miura, Japão, desenvolve lâmpadas com filamentos duplamente espiralados, que representou um avanço na eficiência.

1925/1947 – Marvin Pipkin, nos Estados Unidos, patenteou o processo de tornar fosca a superfície interna das lâmpadas. Mais tarde introduziu novo tipo de fosqueamento com sílica. O resultado é o de diminuir ofuscamento.

1959 – Lâmpadas de tungstênio-halogênio foram desenvolvidas como abordagem para aumentar a vida útil das lâmpadas. Iodo ou bromo no bulbo cria condições de reação em equilíbrio, fazendo o tungstênio que evapora durante o funcionamento da lâmpada se depositar preferencialmente na superfície quente do filamento, aumentando sua durabilidade. Um efeito adicional é o que permite que a lâmpada seja operada em temperaturas mais elevadas que as lâmpadas comuns, aumentando a produção de luz, vale dizer, sua eficiência. A vida média de lâmpadas incandescentes halógenas chega a 1500 horas e sua eficiência é aumentada em cerca de 15%.

Notas sobre a história da Iluminação **anexo**

grato por sua atenção

Adnei Melges de Andrade

IEE/USP – 29/0/2020