

Universidade de São Paulo

Instituto de Física

Física Aplicada
Aula 06

Profa. Márcia de Almeida Rizzutto

Edifício Oscar Sala – sala 220

rizzutto@if.usp.br

<http://disciplinas.stoa.usp.br/course/view.php?id=24279>

2º Semestre de 2016

Programa

- O Espectro Eletromagnético
 - Dimensões dos objetos
 - Produção de energia
- Revisão sobre ondas Mecânicas;
- Princípios de acústica - Efeito Doppler;
 - Imagens por Ultrassom
 - Levitação mecânica
- Revisão das Equações de Maxwell - Equação da onda eletromagnética
 - Ondas de rádio; TRC, LCD, Plasma
 - Estrutura atômica – Revisão de física moderna;
 - Lasers e Aplicações
 - Descrição dos princípios de geração dos Raios-X:
 - Tubos de raios-X e radiação Síncrotron
 - Aceleradores de partículas
 - Propriedades dos Raios-X – Absorção e interação com a matéria
- Imagens médicas obtidas com Raios-X – Radiografia e tomografia.
 - Uso de técnicas atômico-nucleares para análise de materiais
 - Ressonância magnética nuclear

Domingo	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
agosto						
	Aula 1		Aula 2			
	Aula 3		Aula 4			
	Aula 5		Aula 6			
	Aula 7		Aula 8			
setembro						
	SEMANA DA	DA	PÁTRIA			
	AULA 9		não AULA			
	não AULA		não AULA			
	Aula 10		Aula 11/AP1			
outubro						
	Aula 12/AP2		Aula 13/AP3			
SEMANA Física	Aula 14		feriado			
	Aula 15/AP4		Aula 16/AP5			
	Aula 17/AP6		Aula 18 /AP7			
	Aula 19/AP8					
novembro			feriado			
	Aula 20		Aula 21			
	RECESSO	feriado	não AULA			
	Aula 22		Aula 23			
	Aula 24		Aula 25			
dezembro						
	PROVA					

Calendário

Ondas eletromagnéticas

- **Ondas** eletromagnéticas são observadas em um grande intervalo de frequencias

Ondas de radio



1 Hz = 1 Hertz = um ciclo por segundo
1 KHz = 1 Kilo Hertz = 1.000 Hz = 1.000 ciclos por segundo = 10^3
1 MHz = 1 Mega Hertz = 1.000.000 Hz = 10^6 = um milhão de ciclos por segundo
1 GHz = 1 Giga Hertz = 1.000.000.000 Hz = 10^9 = um bilhão de ciclos por segundo
1 THz = 1 Tera Hertz = 10^{12}
1 PHz = 1 Penta Hertz = 10^{15}

Tabela de Frequências usadas nas
Comunicações Marítimas

Freq.	até 30 khz	30 a 300 khz	300 khz a 3 Mhz	3 a 30 Mhz	30 Mhz a 300 Mhz	300 Mhz a 3 Ghz	3 a 30 Ghz	30 a 300 Ghz
Faixa	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF

Ondas eletromagnéticas

- ❑ **VLF (Very Low Frequency – Frequência Muito Baixa) – frequências-rádio menores que 30 KHz. É utilizada na navegação hiperbólica.**
- ❑ **LF (Low Frequency – Frequência Baixa) – vai de 30 a 300 KHz, sendo também aplicada na navegação hiperbólica e em radiofaróis (radiogoniometria).**
- ❑ **MF (Medium Frequency – Frequência Média) – Faixa que vai de 300 KHz a 3 MHz, usada na sua parte mais baixa por radiofaróis e comunicações a média distância. Também é conhecida como Ondas Médias.**
- ❑ **HF (High Frequency – Frequência Alta) – Faixa de 3 MHz a 30 MHz; usada, principalmente, em comunicações a grandes distâncias. Conhecida também como Ondas Curtas.**
- ❑ **VHF (Very High Frequency – Frequência Muito Alta) – Faixa entre 30 MHz e 300 MHz, usada em comunicações de curta e média distâncias.**
- ❑ **UHF (Ultra High Frequency – Frequência Ultra Alta) – Faixa de 300 MHz a 3 GHz; usada em comunicações a curtas distâncias.**
- ❑ **SHF (Super High Frequency – Frequência Super Alta) – Faixa de 3 GHz a 30 GHz.**
- ❑ **EHF (Extremely High Frequency – Frequência Extremamente Alta) – Faixa de 30 GHz a 300 GHz, usada em radares e radioastronomia.**

As faixas de maior uso nas Comunicações marítimas são: VHF e UHF.

Ondas eletromagnéticas: propagação ondas rádio

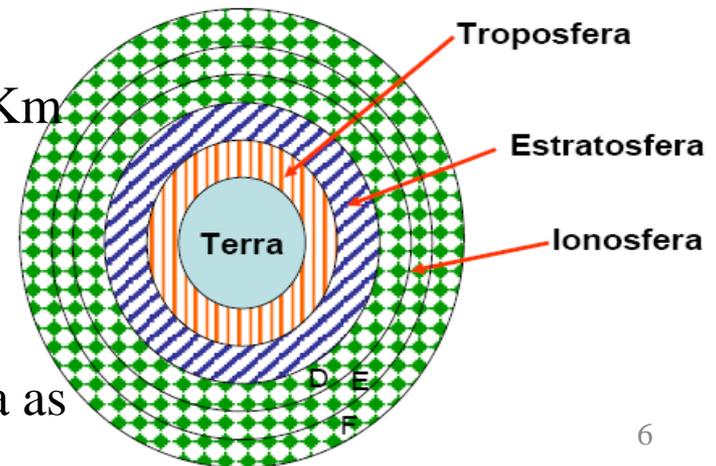
➤ **Composição da Atmosfera: três camadas.**

1 - Troposfera:

- Camada adjacente à superfície terrestre e se estende até uma altitude de 11 Km. É composta de gases, como oxigênio, nitrogênio e o dióxido de carbono.
- Camada transparente à radiação solar, cuja temperatura decresce com a altitude.
- Nessa camada o principal efeito na propagação das ondas de rádio é o da refração, que atua na trajetória das ondas com o aumento da velocidade de propagação devido à elevação da altitude.

2 - Estratosfera:

- Camada seguinte à troposfera que estende de 11 Km até cerca de 50 Km com temperatura constante de -50°C .
- É uma camada estável para propagação de sinais de rádio, embora possua pouco interesse para as telecomunicações.



Ondas eletromagnéticas: propagação ondas rádio

3 - Ionosfera:

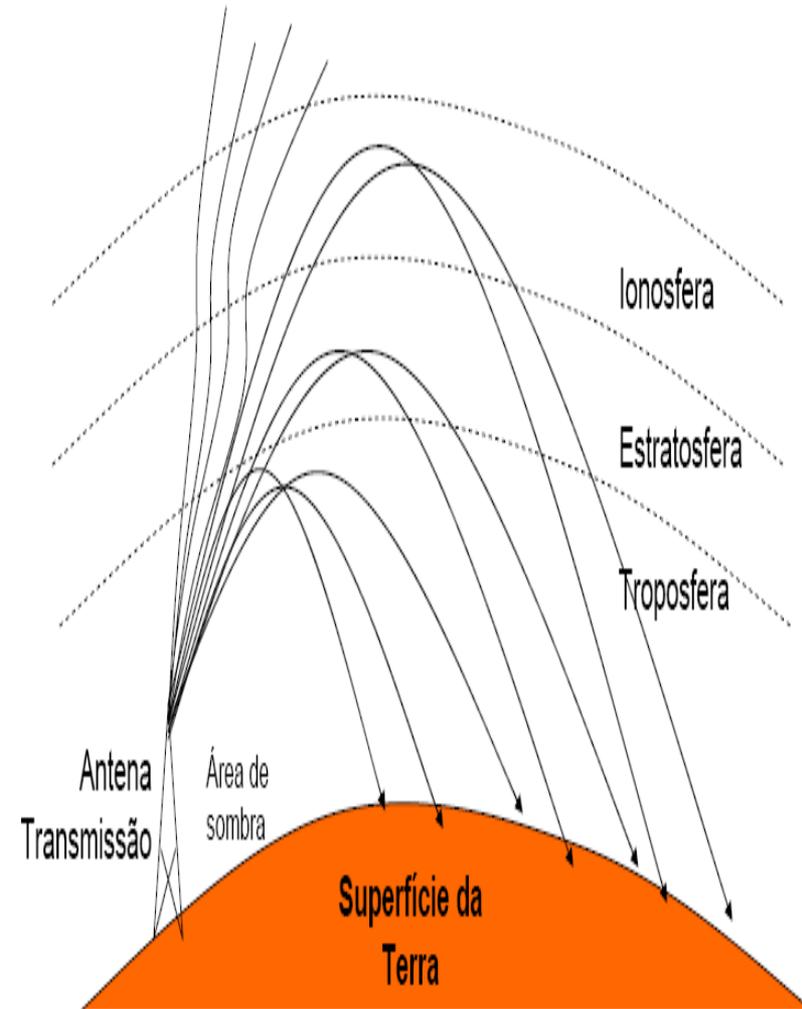
- Altitudes superiores a 50Km.
- Acontece em três ou quatro camadas distintas.
- É utilizada nas faixas de VLF, LF, MF e HF.

4 - Ondas de Superfície

A onda de superfície representa a parcela do campo irradiado que se propaga ao longo do contorno da terra, como se estivesse acompanhando uma estrutura física que a confinasse na região.

Para baixas frequências este tipo de propagação se combina com as ondas ionosféricas, resultando numa condição para cobertura local e para cobertura em longas distâncias (em alguns casos a cobertura pode assumir distâncias intercontinentais).

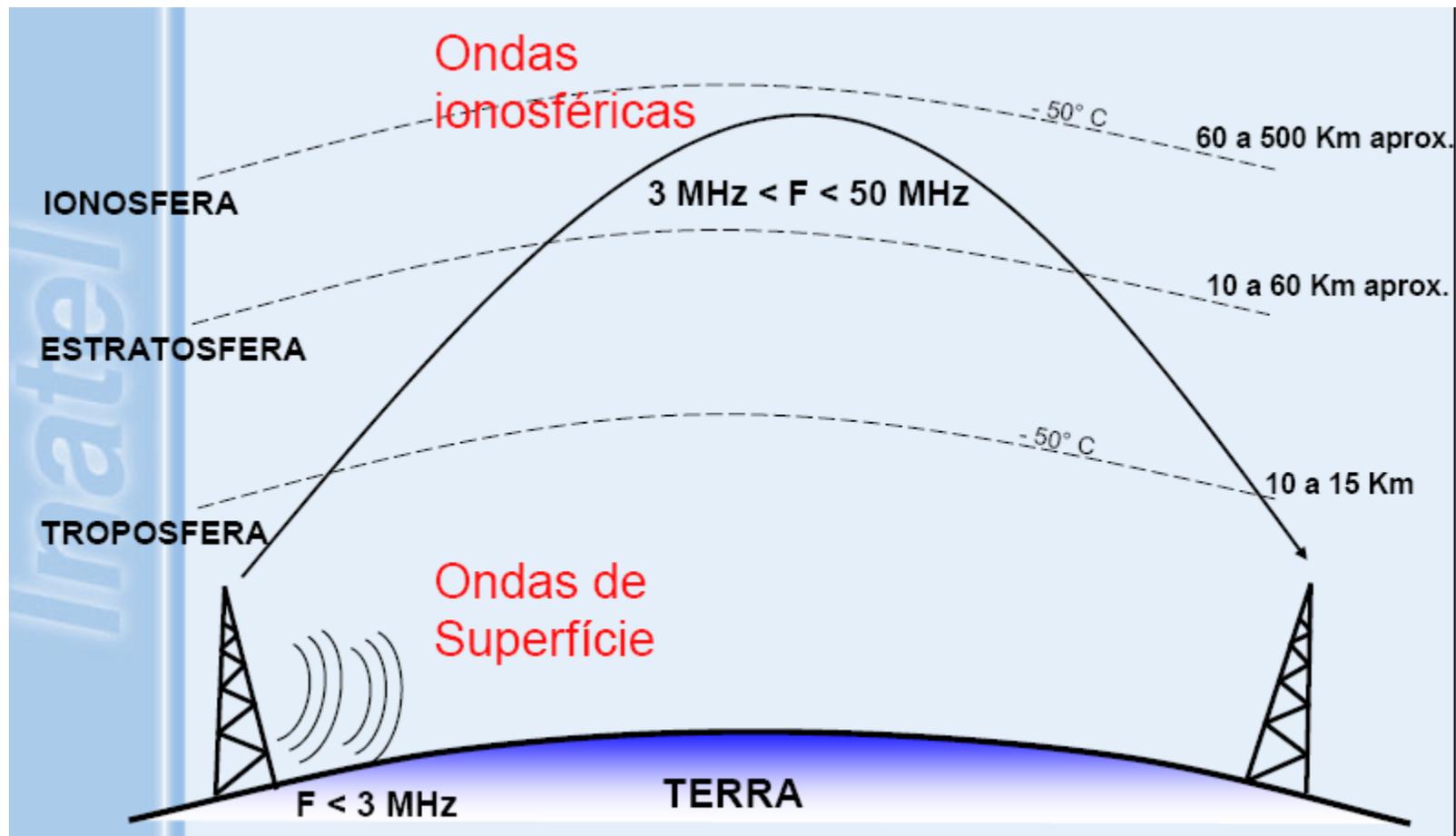
Ocorrem para frequências inferiores a 3MHz



Os caminhos possíveis para as ondas se propagarem:

➤ Tipos de propagação atmosférica

Ondas de Superfície



Tipos de propagação atmosférica

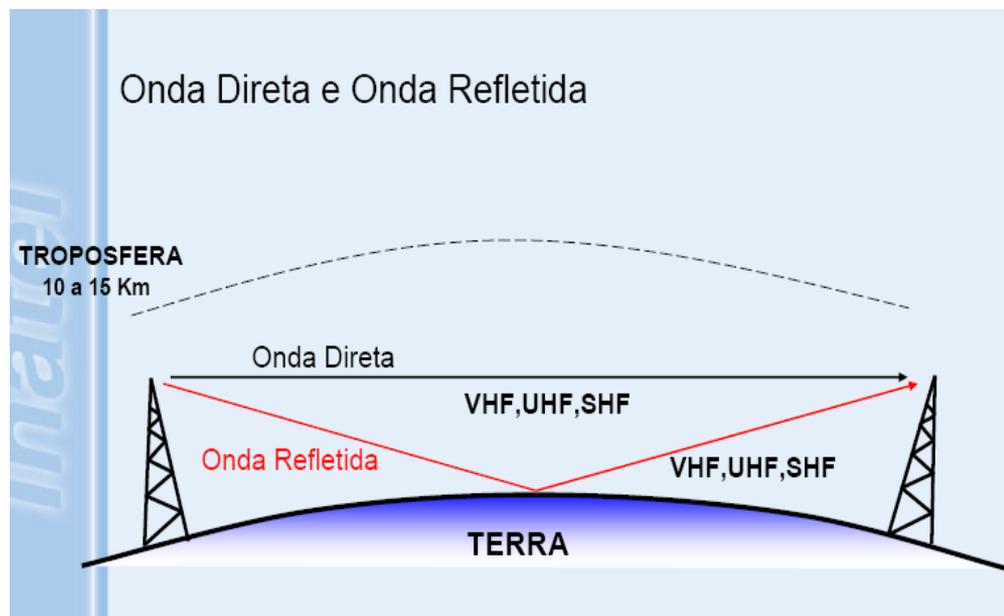
Ondas de Diretas e Refletidas

As ondas diretas e refletidas são consideradas ondas espaciais, que se propagam acima da superfície terrestre.

A onda direta é aquela que se propaga entre a antena transmissora e a antena receptora sem nenhuma interferência de obstáculos que possam alterar sua amplitude ou sua direção de propagação. O enlace atendido por este tipo de propagação é denominado de enlace em visada direta ou de comunicação em linha de visada.

A presença de obstáculos e da própria superfície terrestre pode resultar em ondas refletidas. A onda refletida pode ser considerada um problema em comunicação via rádio por gerar múltiplos percursos.

A Onda refletida é mais significativa nos enlaces em VHF, UHF e SHF.



Tipos de propagação atmosférica

Ondas Ionosféricas

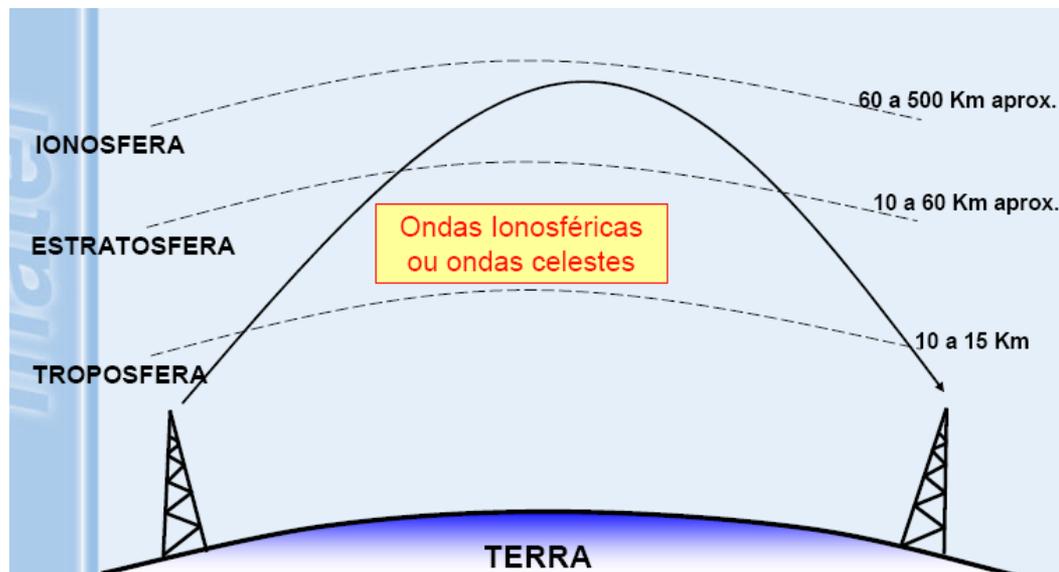
A ionosfera provoca reflexão da onda eletromagnética em baixas frequências (próximas de 2MHz). Neste caso, as ondas são refletidas na base da ionosfera resultando em saltos menores e menores distâncias de enlaces.

Para frequências mais elevadas (próximas de 50MHz) a onda eletromagnética penetra na ionosfera e sofre refrações sucessivas até a reflexão e retorno a superfície terrestre. Nesta condição as distâncias alcançadas são muito superiores.

Os enlaces de comunicação utilizando ondas ionosféricas alcançam distâncias de até 4000Km em condições favoráveis.

Como a ionosfera é bastante afetada pelas condições geoclimáticas, as variações de nível nestes enlaces são frequentes e chamadas de desvanecimento.

Propagação das Ondas eletromagnéticas através de reflexão ionosférica para faixa de 2MHz a 50MHz.



Tipos de propagação atmosférica

Ondas Troposféricas

Os enlaces que utilizam ondas troposféricas são chamados de enlaces por tropodifusão.

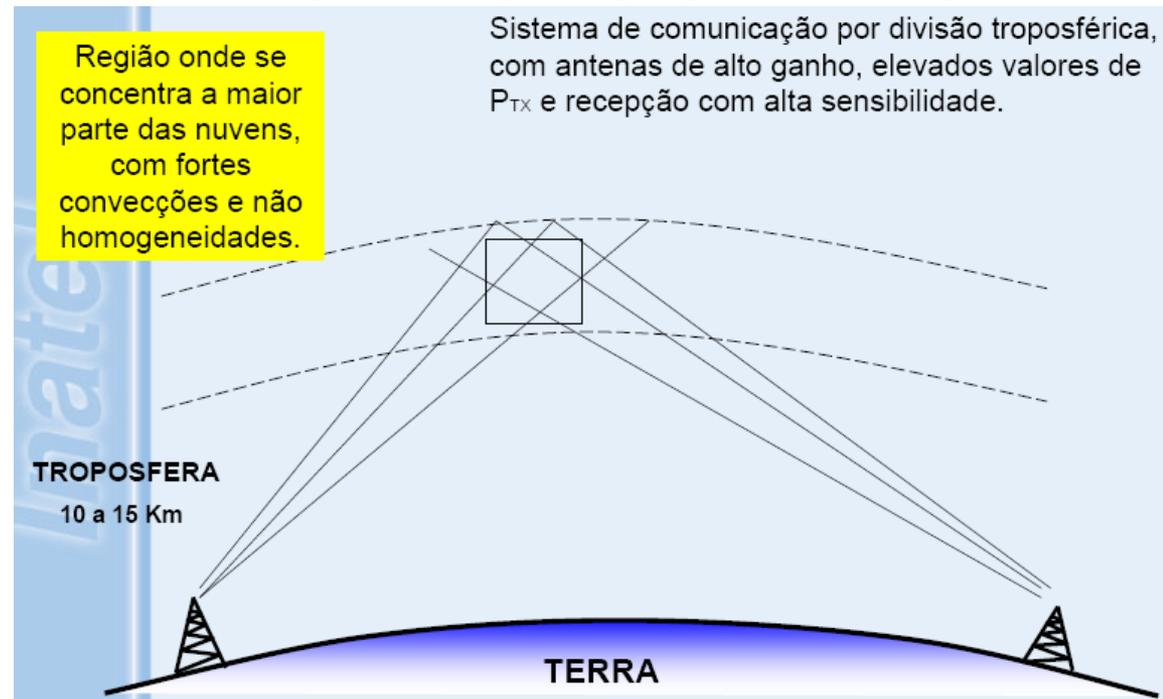
As frequências mais adequadas para implementação deste tipo de enlace estão entre 1GHz e 2GHz.

Elevadas atenuações na implementação dos enlaces exigindo potências de transmissão elevadas e rádios receptores bem sensíveis.

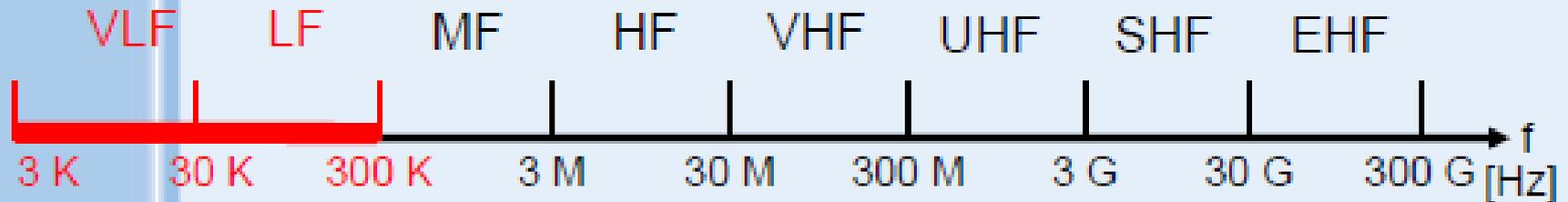
Para viabilizar enlaces perenes é necessário que a região geográfica ofereça taxas pluviométricas mais elevadas e constantes ao longo do ano.

No Brasil este tipo de enlace obtém maiores desempenhos na região norte.

Devido a baixa confiabilidade (em função da sazonalidade geoclimática) estes enlaces foram substituídos por enlaces via satélite.

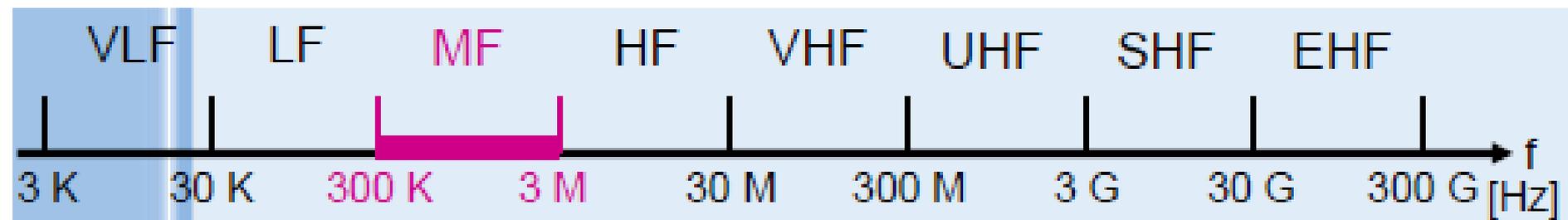


Divisão do Espectro de Rádio



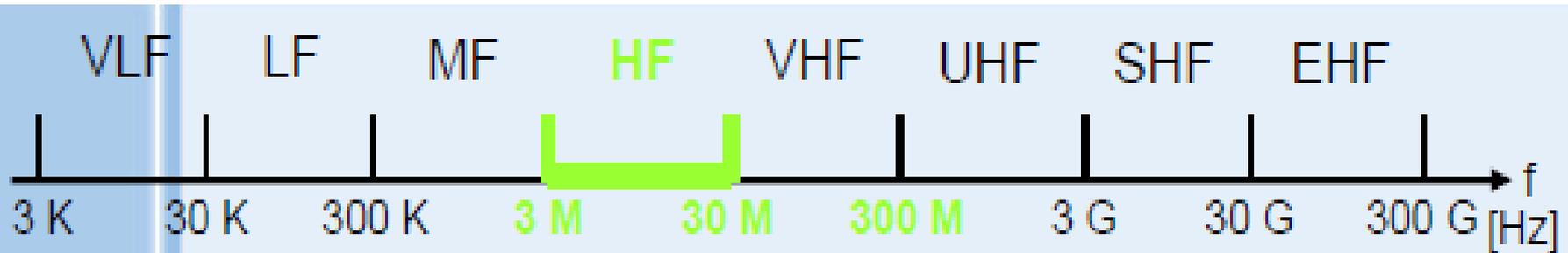
- Ondas Superficiais e Ondas Ionosféricas.
- Ondas com polarização vertical.
- Modulação AM, Pequenas BW.
- Elevado ruído Atmosférico.
- Baixa eficiência das antenas e altas potências de TX.
- Navegação marítima, Com. com submarinos.
- Comunicações militares.

Divisão do Espectro de Rádio



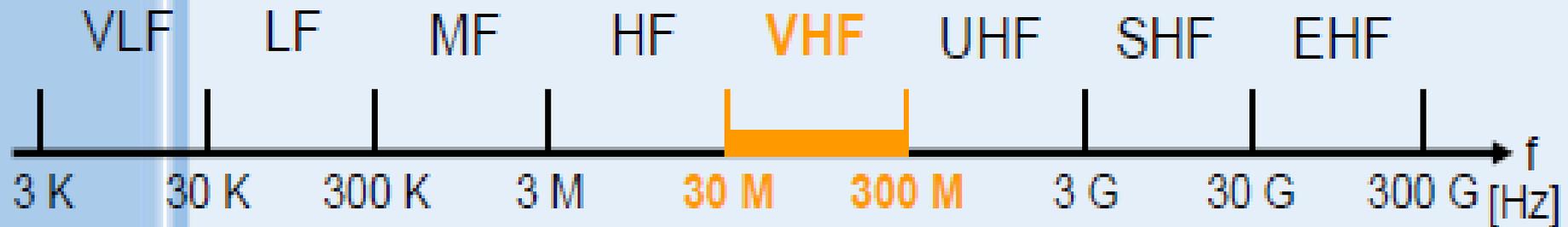
- Ondas Médias.
- Ondas de Superfície ou com reflexões ionosféricas.
- Propagação favorável em período noturno.
- Modulação AM.
- Comunicações militares de pequeno alcance.
- Radiodifusão sonora.

Divisão do Espectro de Rádio



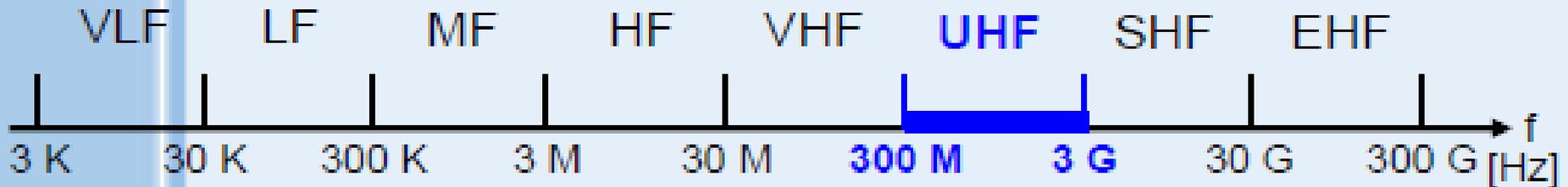
- Faixa de Ondas Curtas.
- Longa distância entre navios e aviões.
- Radiodifusão Sonora.
- Serviços Militares.
- Predominância da comunicação com ondas ionosféricas.

Divisão do Espectro de Rádio



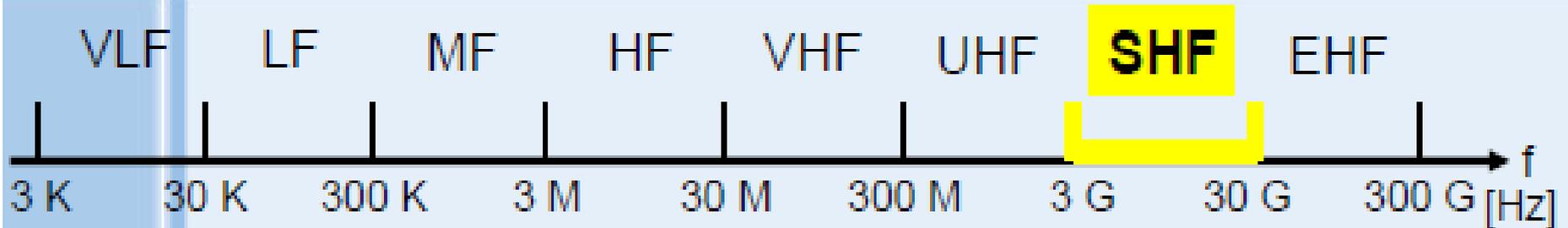
- Ondas espaciais e propagação através da troposfera.
- Radiodifusão de TV.
- Radiodifusão Sonora em FM.
- Auxílio a radionavegação.
- Comunicação por satélite de órbita baixa.

➤ Divisão do Espectro de Rádio



- Onda direta com a onda refletida.
- Esta faixa é denominada microondas para frequências acima de 500MHz.
- Radiodifusão de TV.
- Radar.
- Comunicações Via Satélite.
- Telefonia Móvel Celular.

Divisão do Espectro de Rádio

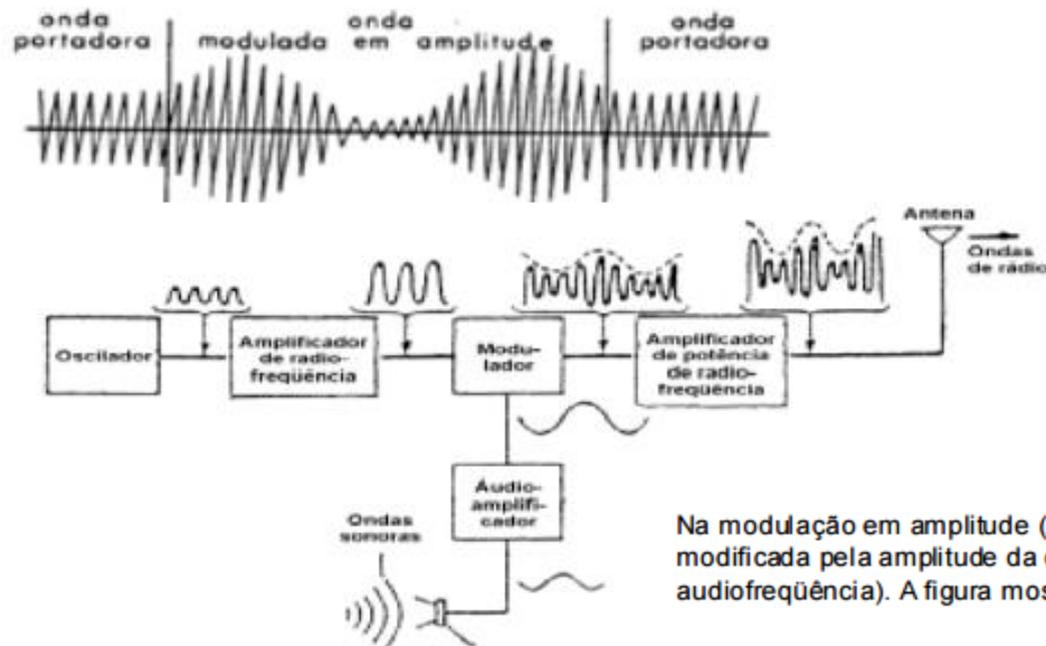


- Sistemas de Comunicações terrestres.
- Comunicação Via Satélite 4GHz e 12,5GHz.
- Radares Militares.
- Radares de auxílio a navegação.
- Radares rodoviários.
- Demais aplicações civis e militares.

Modulação em amplitude - AM

A **modulação em amplitude (AM)** foi a primeira forma de modulação desenvolvida e é ainda bastante comum, particularmente nas estações de rádio comerciais. A amplitude, ou tamanho, da onda senoidal da frequência portadora cresce ou decresce na mesma proporção da forma de onda do sinal de voz.

A AM é susceptível a sinais não desejados (por exemplo, ruído) que são incluídos juntamente com a informação assim que o sinal é irradiado, porque a AM varia a amplitude da onda portadora. Quando a onda portadora é removida no receptor de rádio (demodulada), o ruído permanece junto à informação, com a sua característica indesejável. Como resultado, a AM não é bastante adequada para aplicações móveis, devido ao ruído causado pelo sistema de ignição do veículo. A AM é usada em algumas aplicações (por exemplo, aviões, televisão..) nos quais as fontes de ruído são mais bem controladas.



Na modulação em amplitude (AM), a amplitude da onda portadora (onda de rádio frequência) é modificada pela amplitude da onda moduladora (geralmente, porém nem sempre, uma onda de áudiofrequência). A figura mostra este tipo de modulação.

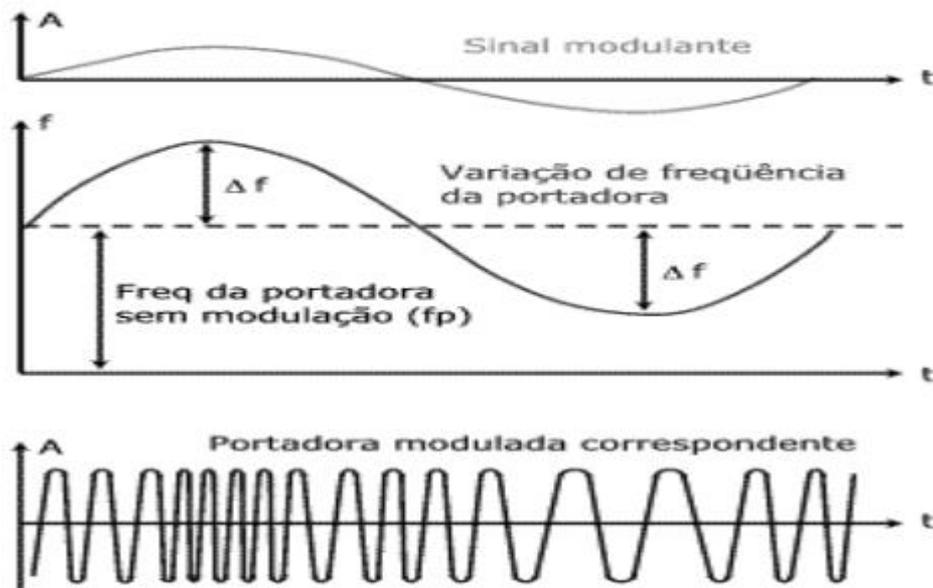
Modulação em Frequência - FM

Modulação em Frequência (FM)

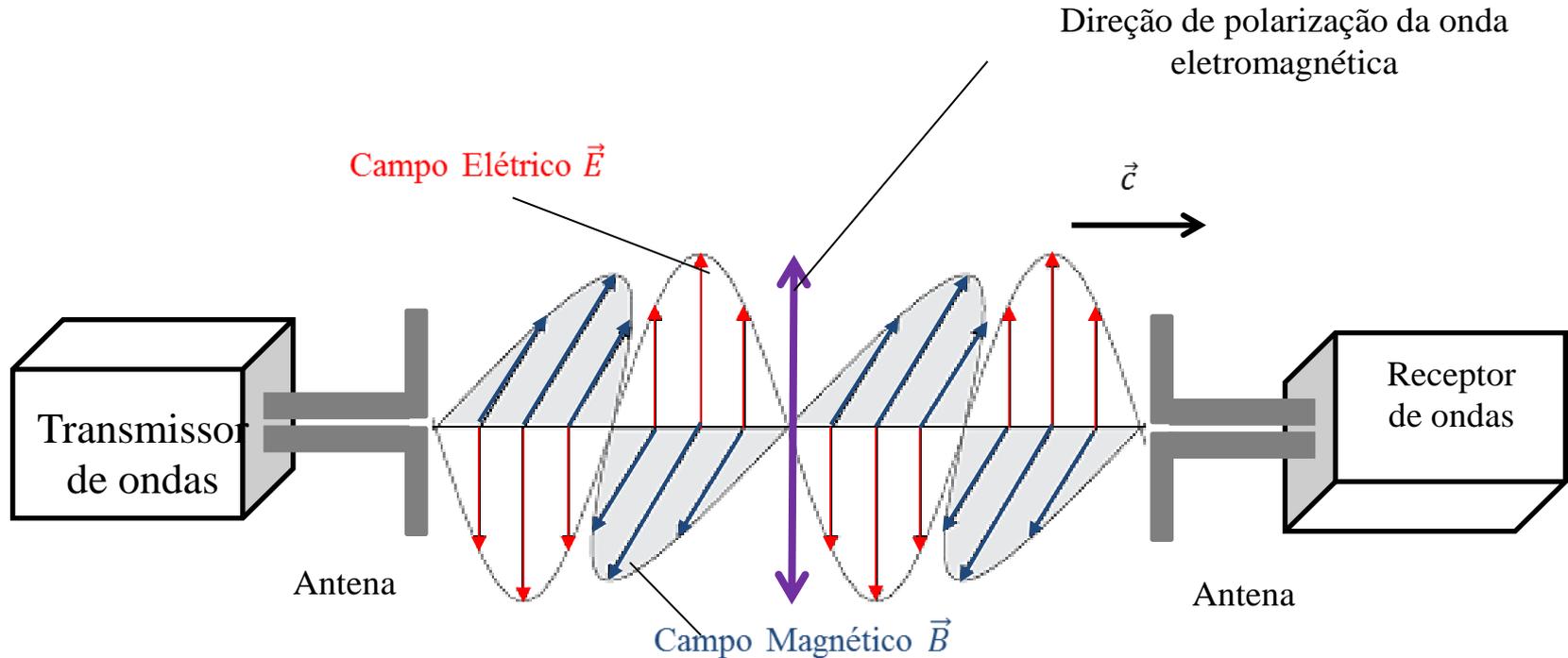
A modulação em frequência (FM) foi desenvolvida para contornar os problemas de ruído inerentes à AM. A FM varia a frequência da onda portadora (em lugar de sua amplitude) na mesma proporção que a forma de onda do sinal de voz (por exemplo, música). A FM não é largamente afetada pelo ruído encontrado depois que o sinal é irradiado já que a frequência é variada, em lugar da amplitude. A FM é utilizada quando são importantes o abrandamento do ruído (por exemplo, aplicações móveis) e a fidelidade do sinal (por exemplo, transmissões estéreo FM).

No caso de rádios, enquanto uma transmissão de AM pode ser razoavelmente efetuada numa faixa de 10 kHz, uma de FM precisa de larguras tão altas como 150 a 200 kHz para uma boa qualidade. Por isso, as frequências reservadas para transmissões comerciais de rádios de FM estão na faixa de VHF, de 88 a 108 MHz, para acomodar um número razoável de estações.

Modulação FM



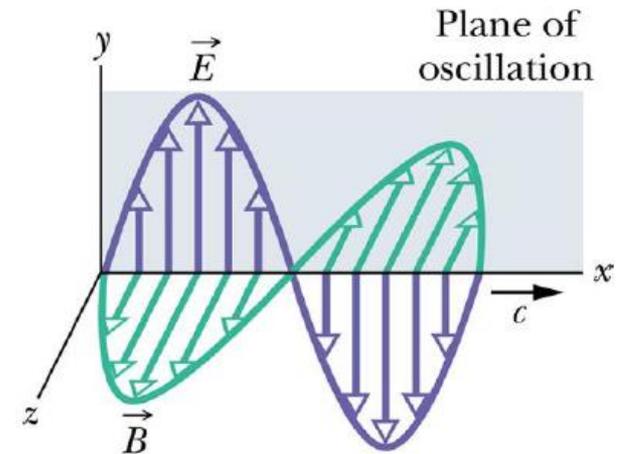
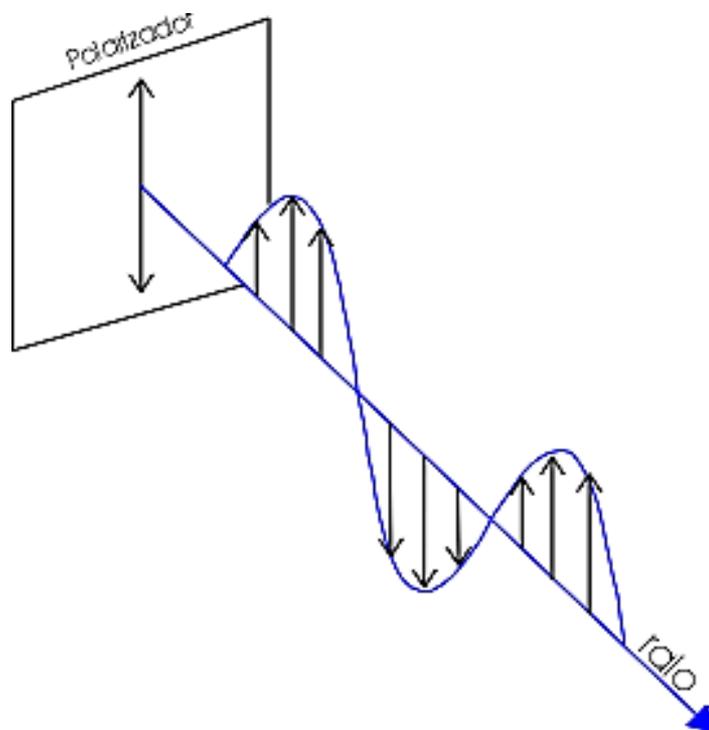
Polarização da Luz



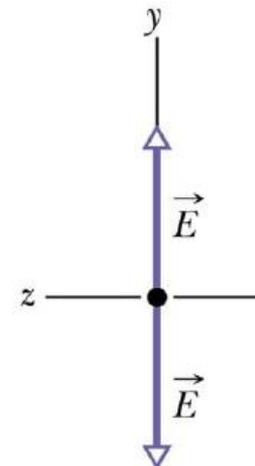
A direção de polarização da onda eletromagnética é definida pela direção do Campo Elétrico \vec{E}

Ondas linearmente polarizadas

- ✓ Exemplos: ondas de rádio, antena de telefone celular e antena de TV.

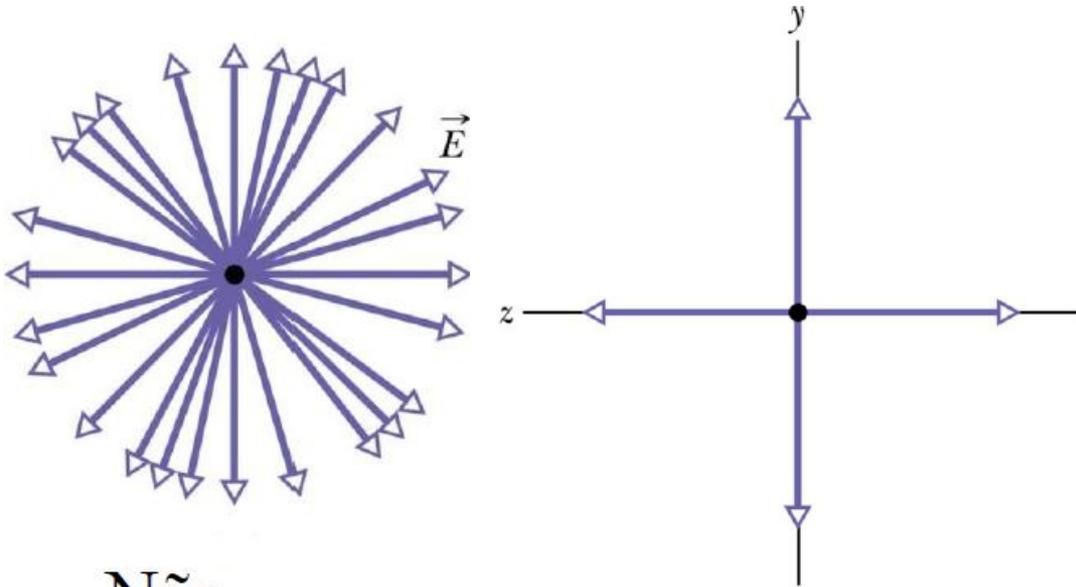


Polarizada



Representação

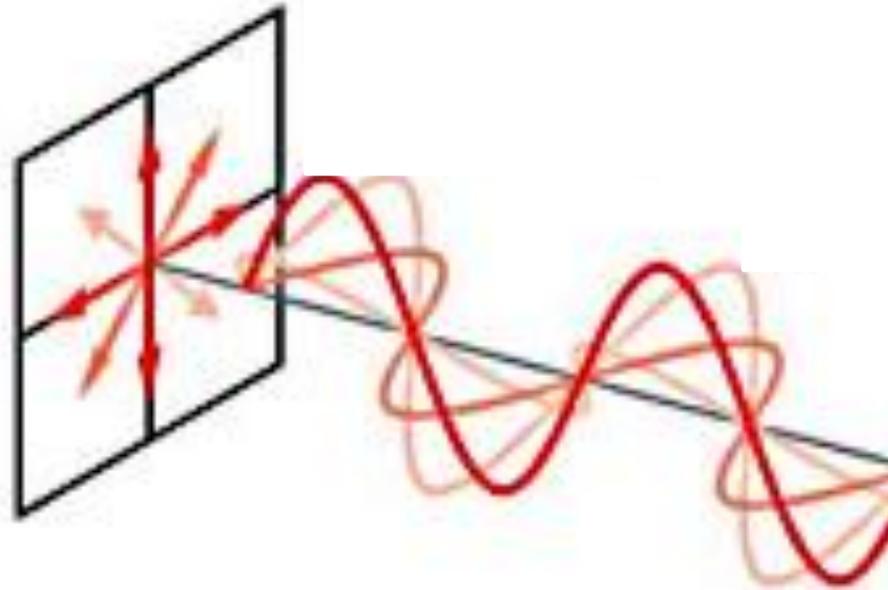
Ondas não polarizadas



Não polarizada

Representação

- ✓ Exemplos: luz do sol, lâmpadas incandescentes e fluorescentes.

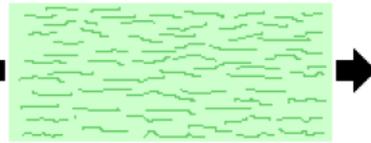
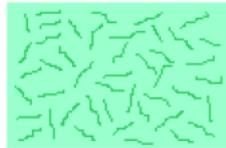


Filtro Polarizador

Filtro *polaroid*: folha com macromoléculas alinhadas → Somente componentes do campo elétrico perpendicular às moléculas atravessam.



Filtro polarizador

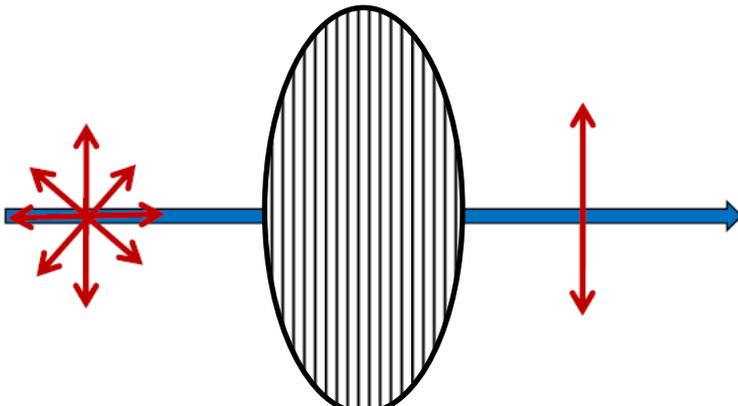


Cadeias poliméricas



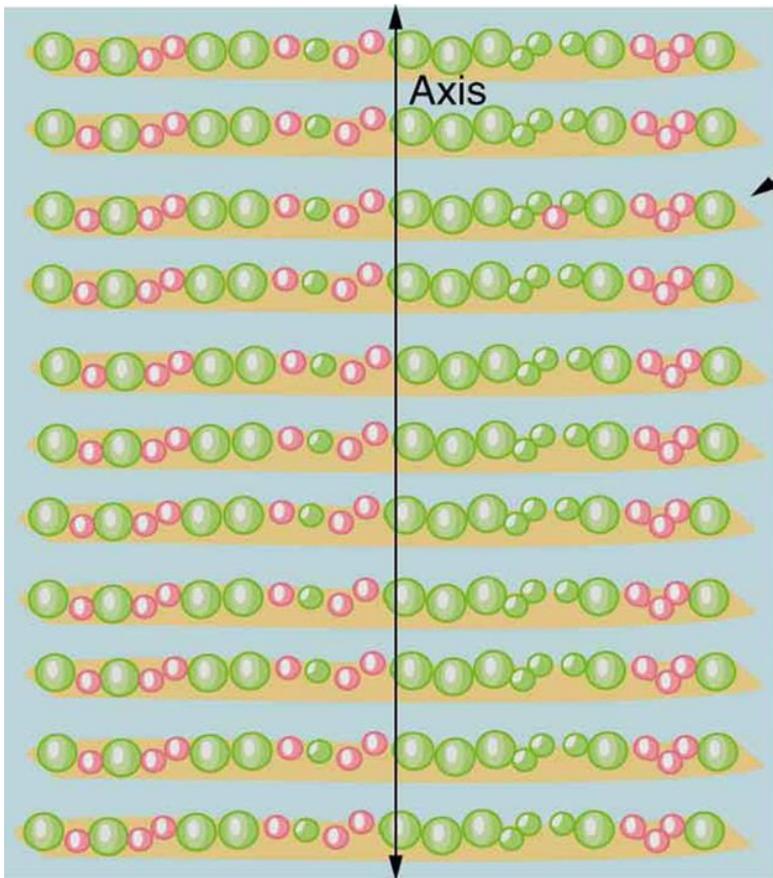
“Direção” de propagação da luz

Direção de polarização da luz = direção do polarizador = direção de oscilação do campo elétrico

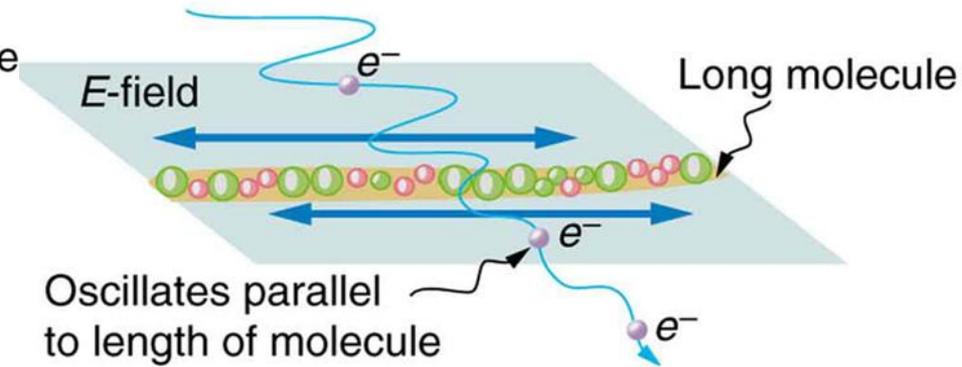


Somente os componentes de E paralelos ao eixo do polarizador são transmitidos de maneira que a luz que emerge do polarizador seja linearmente polarizada na direção paralela ao eixo.

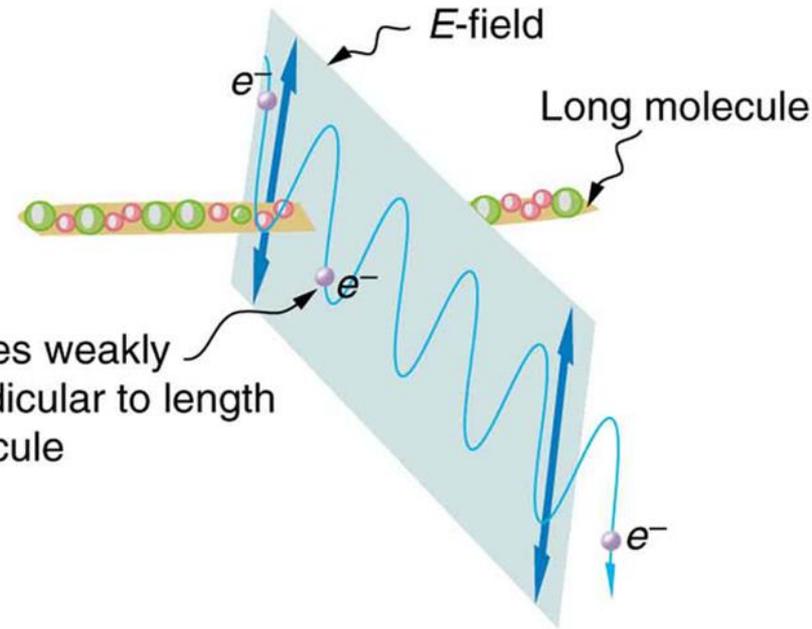
Filtro Polarizador



Long molecule

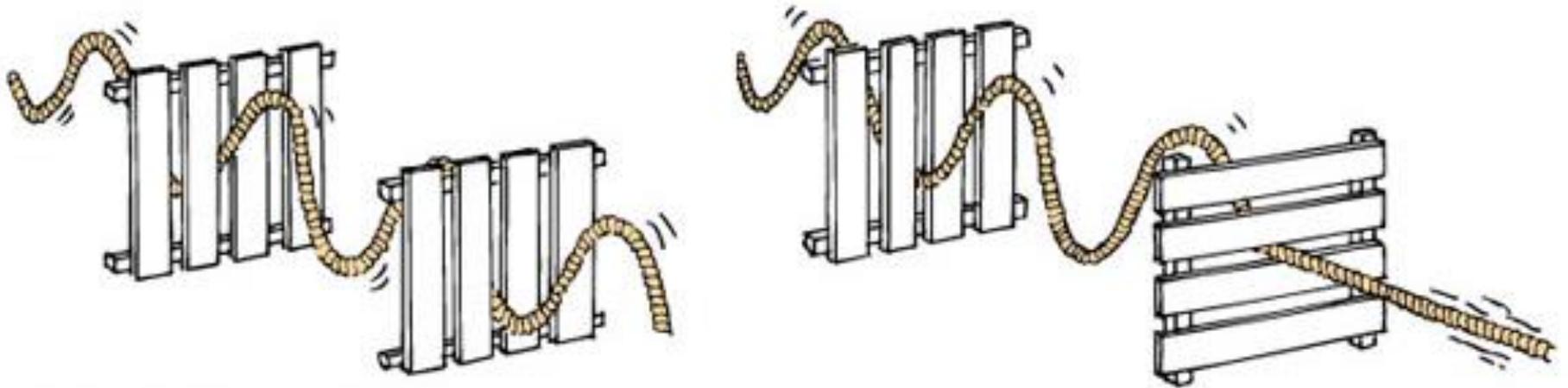


Oscillates parallel to length of molecule



Oscillates weakly perpendicular to length of molecule

Polarização da Luz (analogia mecânica)



Hewitt, *Conceptual Physics*, Ninth Edition.
Copyright © 2002 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley. All rights reserved.

Filtro Polarizador

Transmission of Polarized Light Through an Analyzer

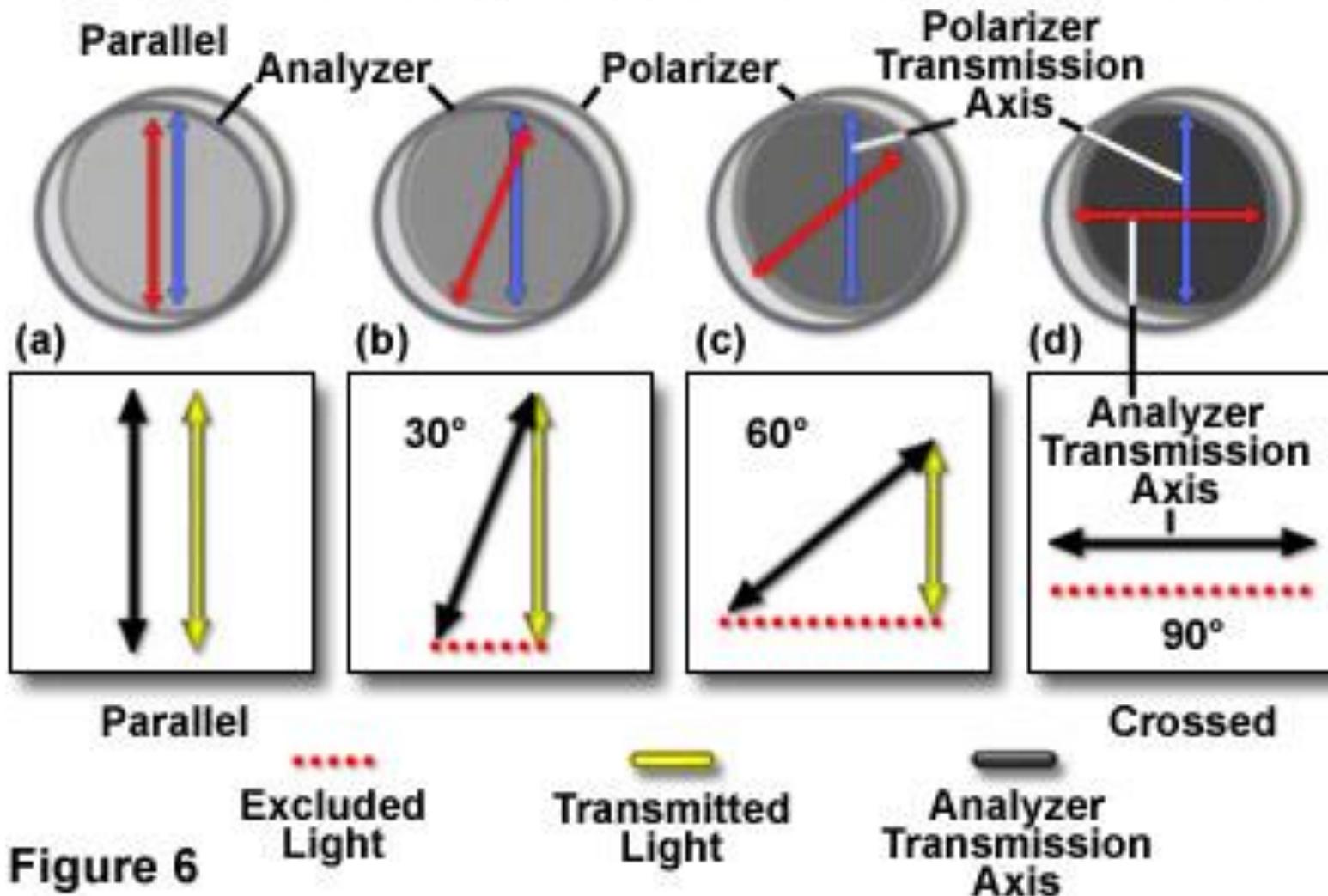


Figure 6

Filtro polarizador

Filtro polarizador
na vertical

Luz incidente
não polarizada



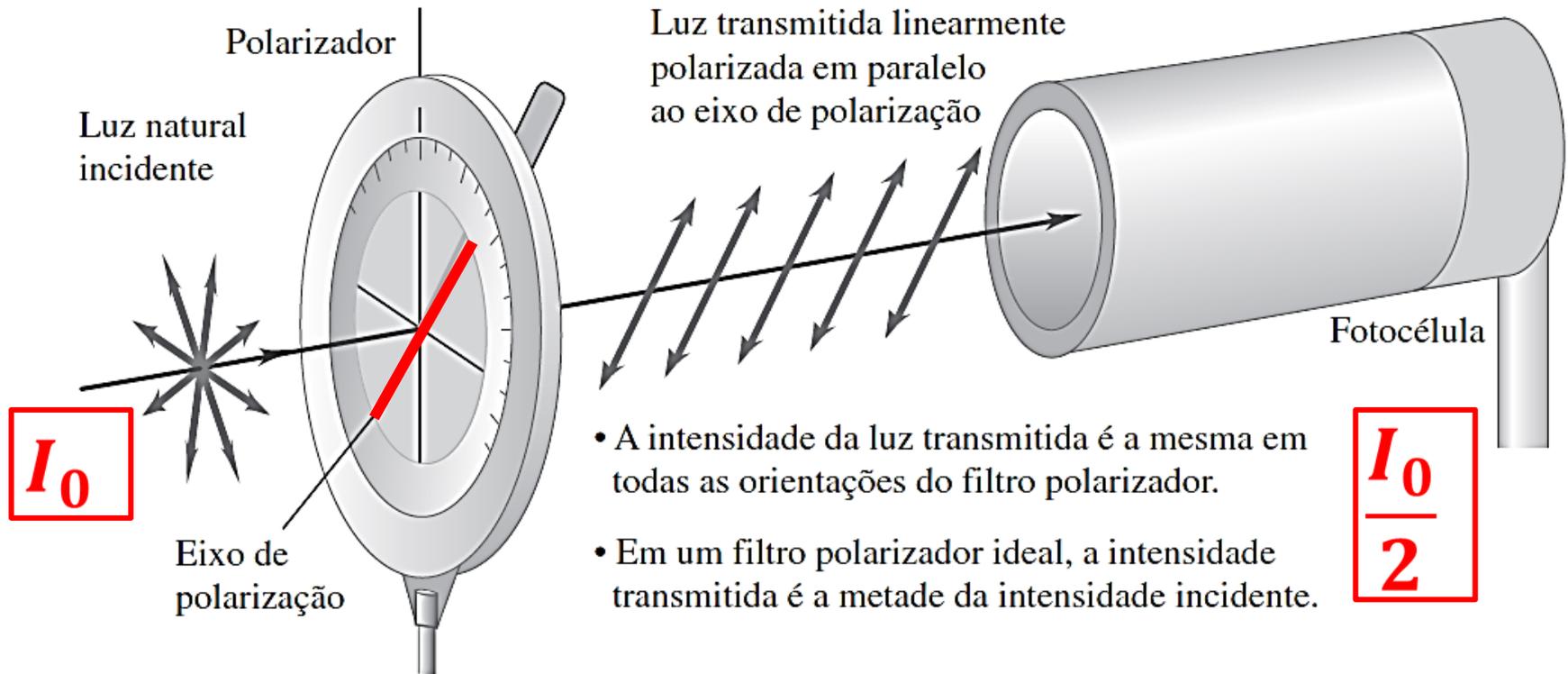
Luz emergente
linearmente
polarizada

Cálculo da Intensidade

Luz não-polarizada: regra da metade

$$I = \frac{1}{2} I_0$$

polarizada I não-polarizada I_0



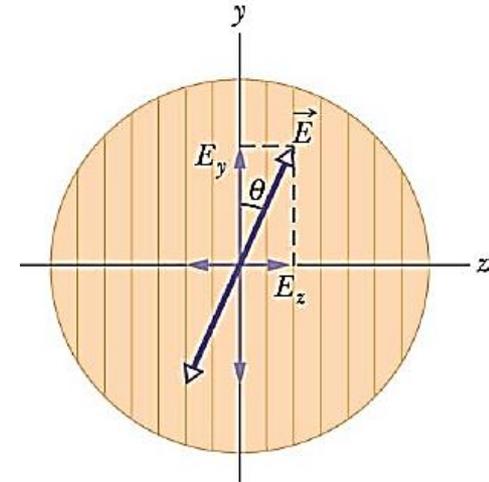
Cálculo da Intensidade

Luz polarizada: projeção o vetor E

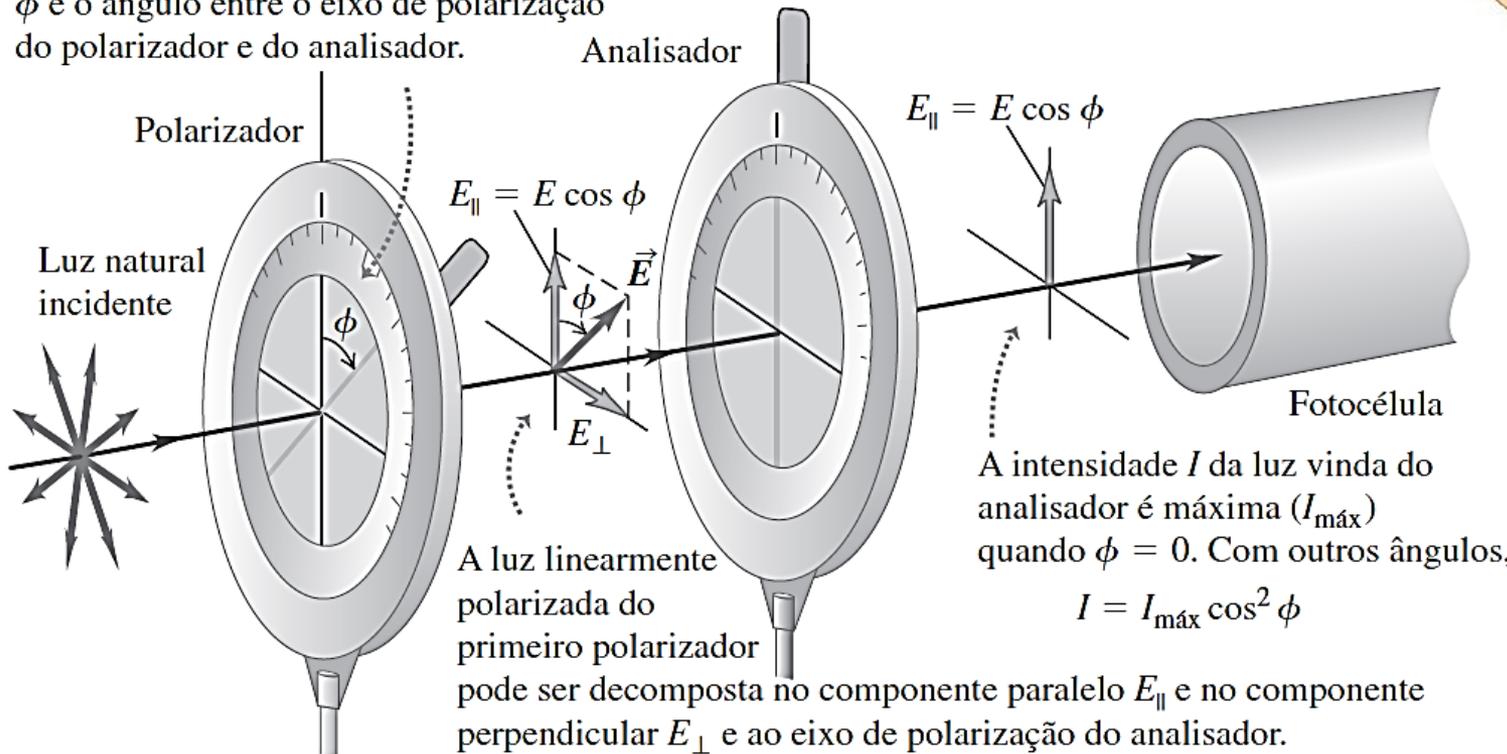
$$E_y = E \cos \theta$$

Como: $I \propto E^2$

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$



ϕ é o ângulo entre o eixo de polarização do polarizador e do analisador.



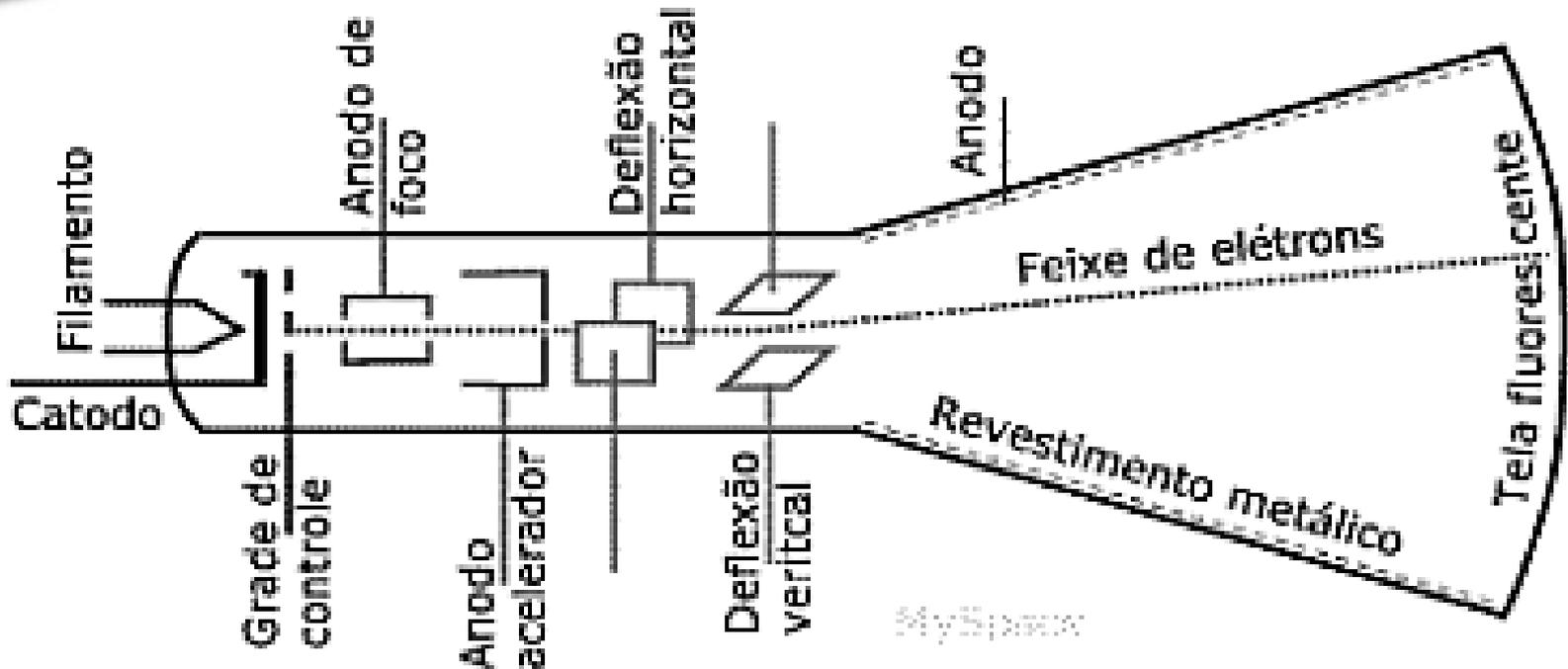
Uso de polarizadores - Contexto Tecnológico: Formação de Imagens

Geradores de imagens por cargas aceleradas

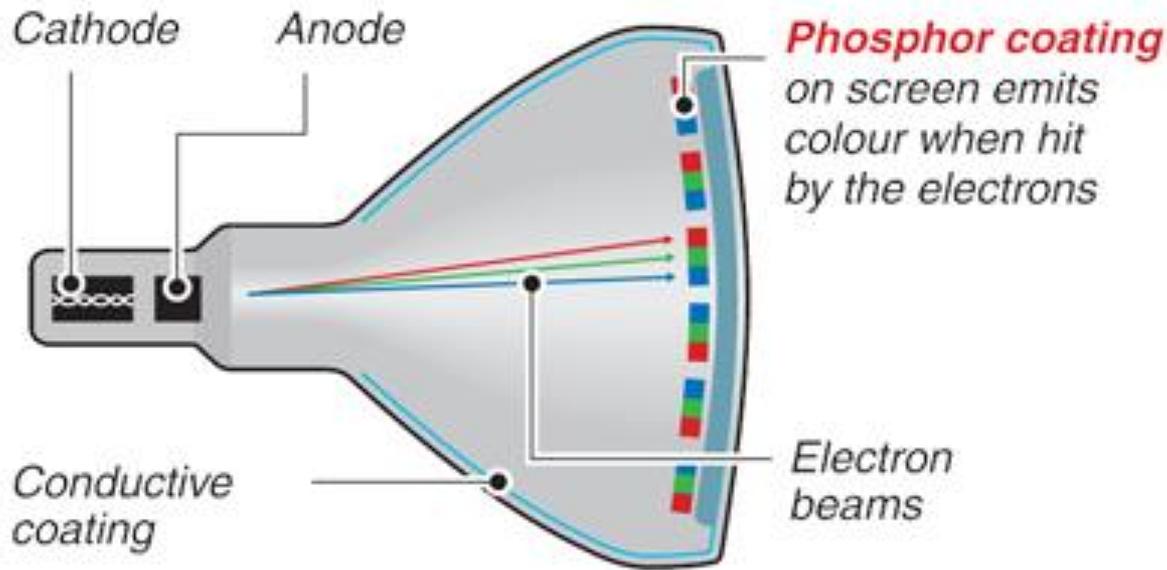
Contexto Tecnológico: Televisões Antigas (TRC)



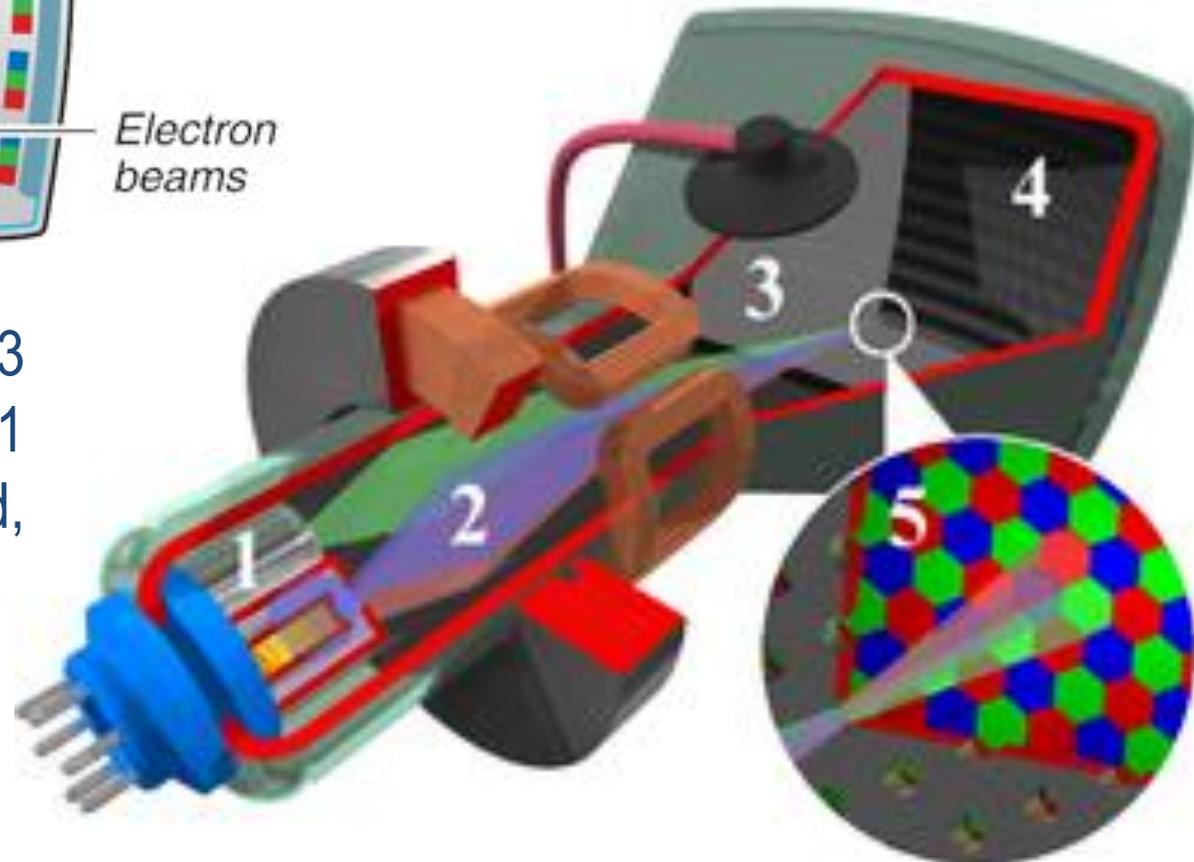
- ✓ TRC: Tubos de raios catódicos;
- ✓ A tela é revestida com fósforo;
- ✓ Fósforo emite luz visível quando irradiado por um feixe de elétrons;
- ✓ Varreduras verticais e horizontais;
- ✓ A tela é escaneada 60 vezes por segundo.



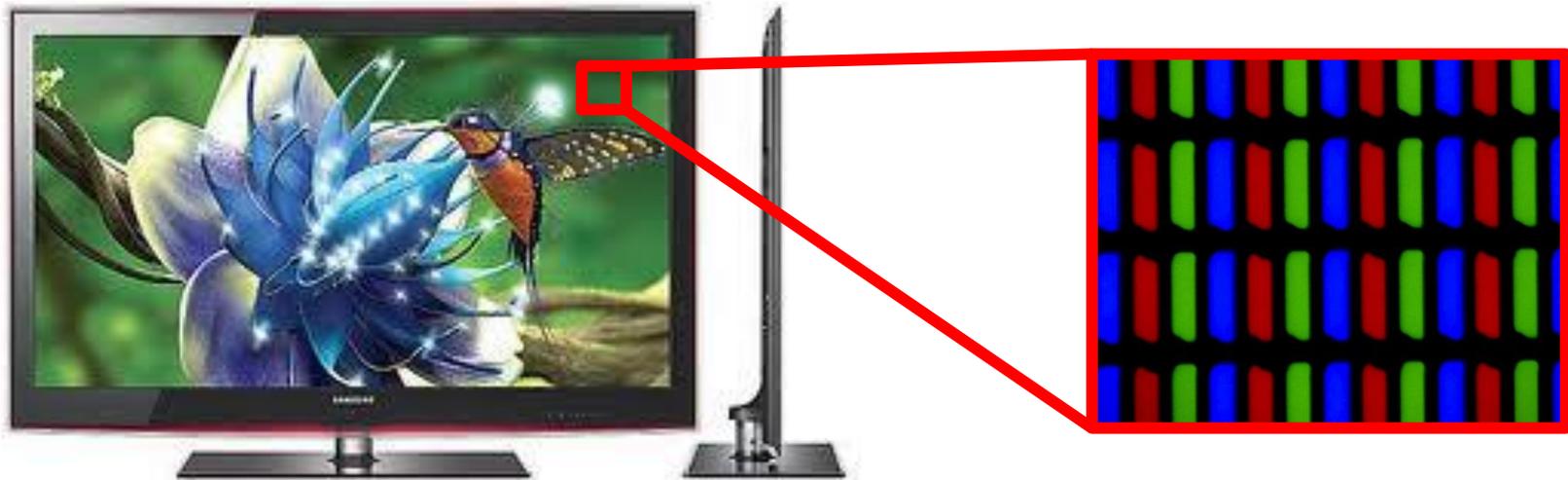
Contexto Tecnológico: Televisões Antigas (TRC)



- ✓ 1 pixel é subdividido em 3 sub-pixels: 1 vermelho, 1 verde, 1 azul (RGB: red, green, blue).



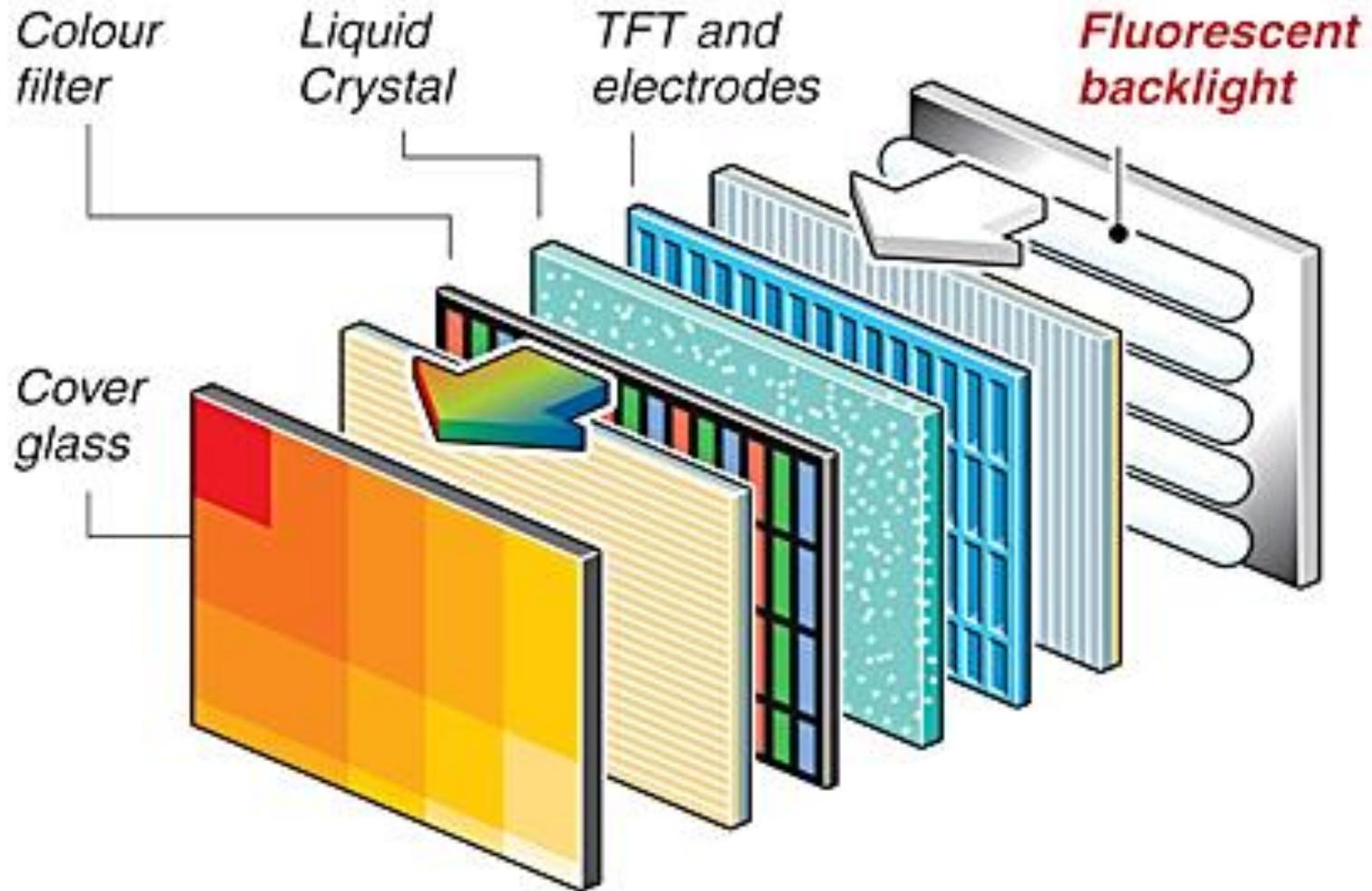
Contexto Tecnológico: Telas Planas de LCD



- ✓ Tela LCD: Tela de Cristal Líquido
- ✓ Tela com resolução de 1920 x 1080 pixels, ou seja, 1920 linhas e 1080 colunas;
- ✓ Se multiplicarmos o número de linhas pelo número de colunas temos que existem 2.073.600 pixels;
- ✓ Cada pixel deve ser acionado individualmente;

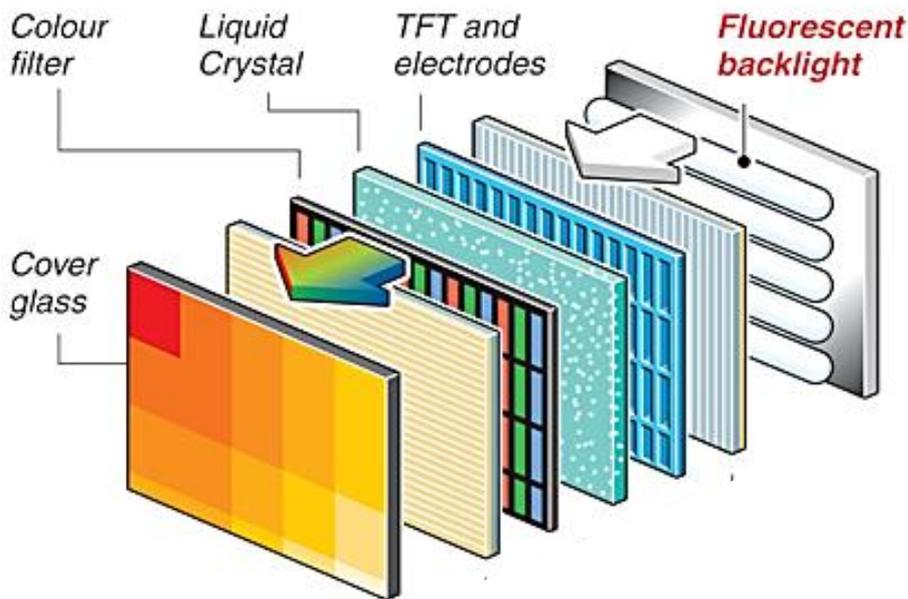
Contexto Tecnológico: as telas planas de LCD

Como é feita a iluminação?



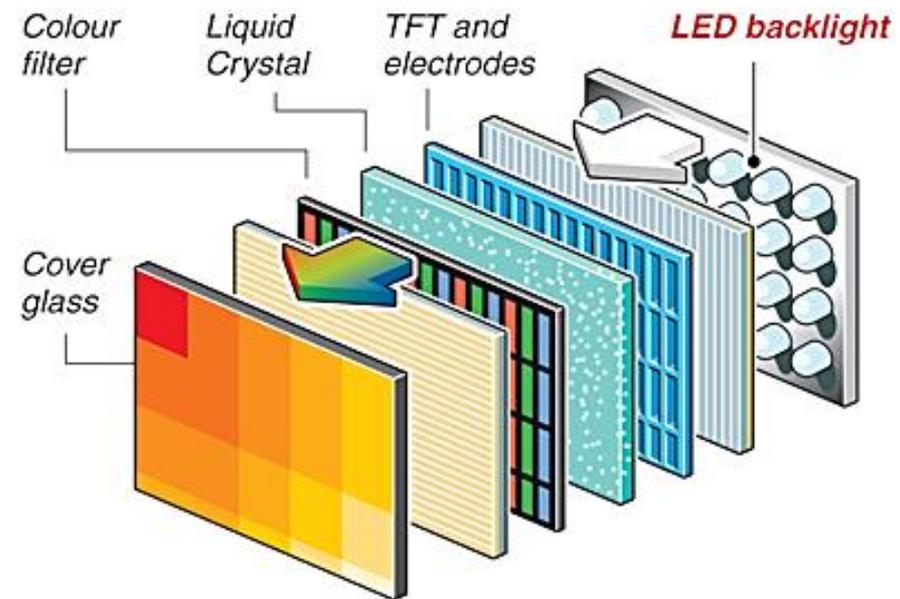
Contexto Tecnológico: Telas Planas de **LCD** x **LED**

LCD - Liquid Crystal Display



LED - Light Emitting Diode

LEDs are LCD TVs that replace the cold cathode fluorescent lamps (CCFL) used in conventional LCD displays



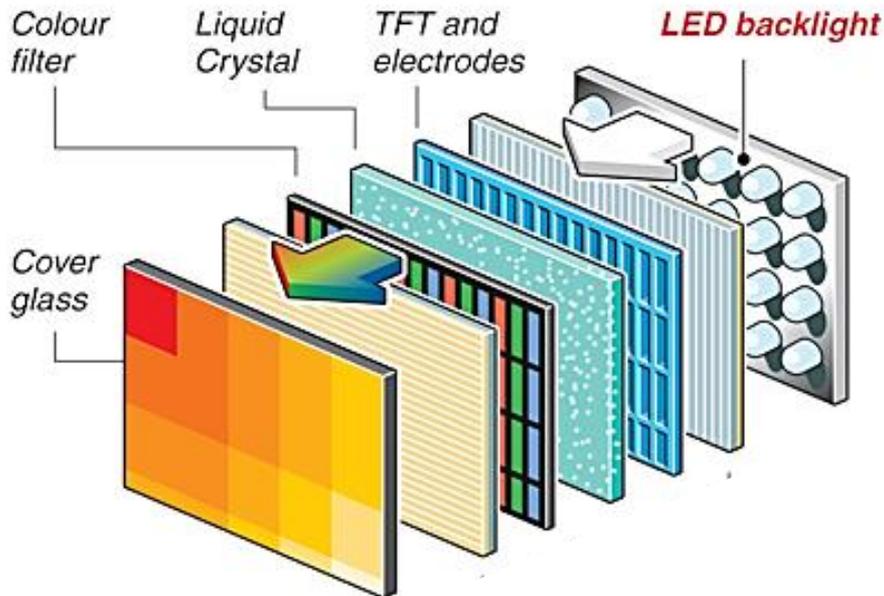
Como barrar a luz localmente na tela?

Resposta: Cristal líquido + ??????

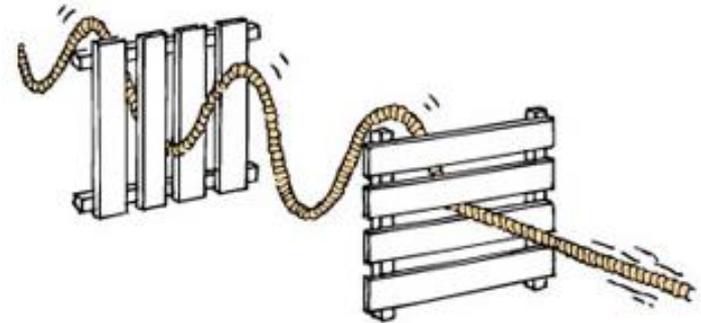
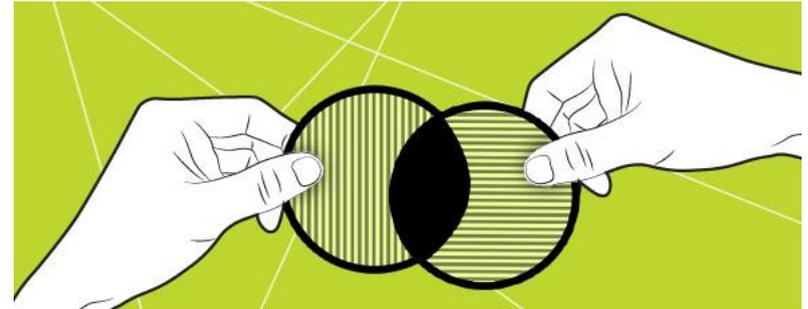
Contexto Tecnológico: Telas Planas de **LCD**

LED - Light Emitting Diode

LEDs are LCD TVs that replace the cold cathode fluorescent lamps (CCFL) used in conventional LCD displays



Filtros cruzados entre si



Hewitt, *Conceptual Physics*, Ninth Edition.
Copyright © 2002 Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley. All rights reserved.

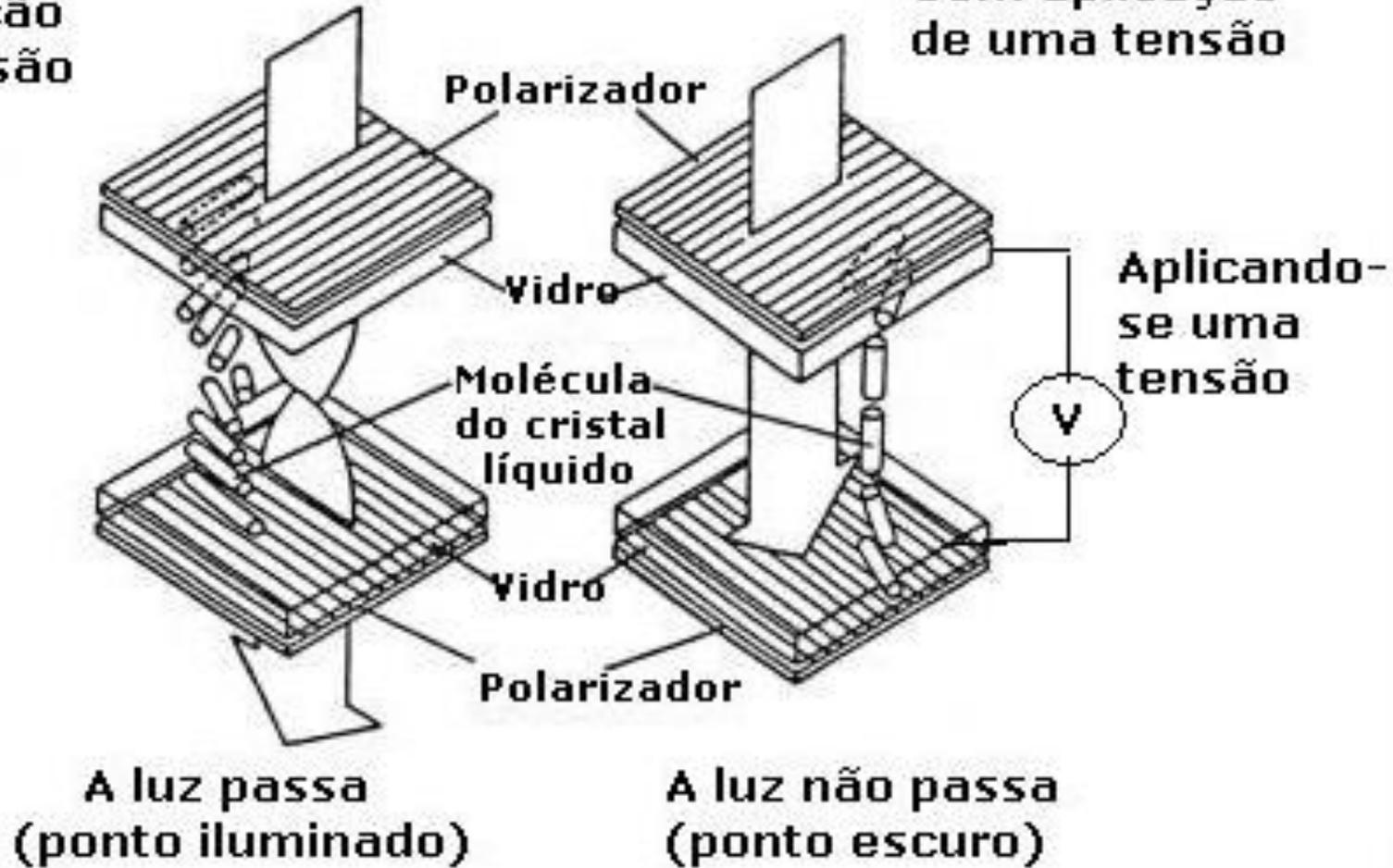
Como barrar a luz localmente na tela?

Resposta: Cristal líquido + **2 polarizadores cruzados**

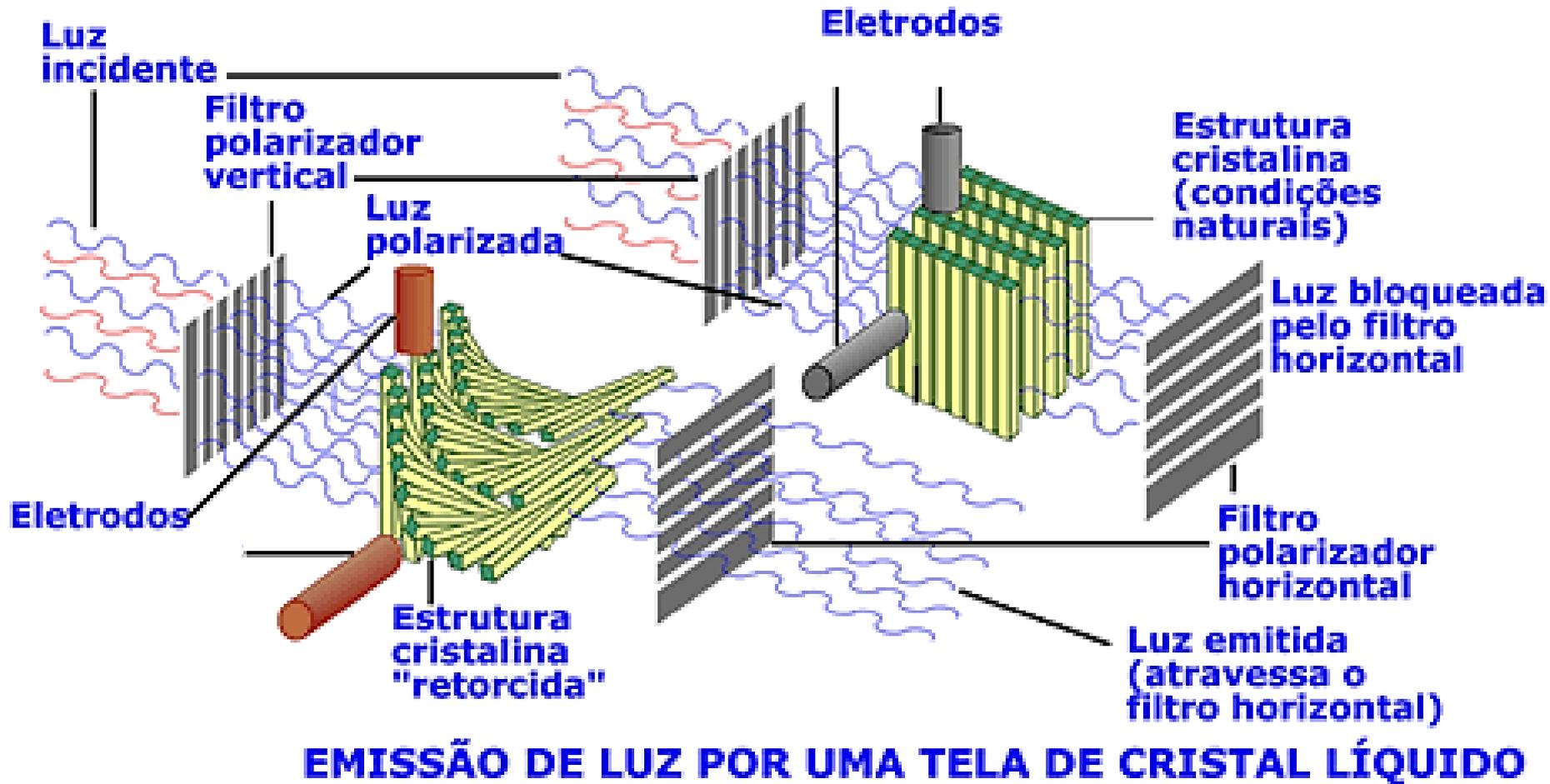
Contexto Tecnológico: as telas planas de LCD

Sem aplicação de uma tensão

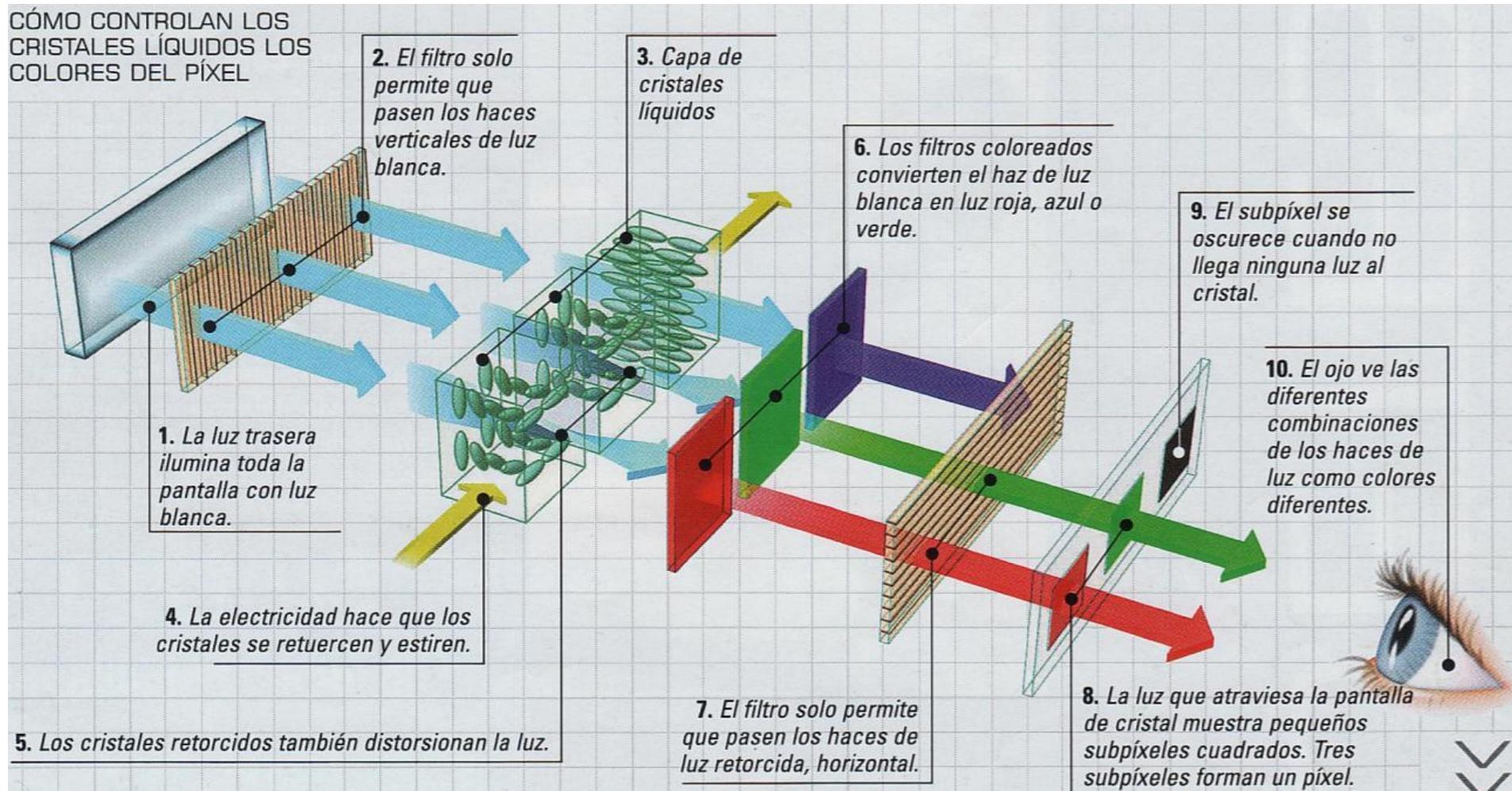
Com aplicação de uma tensão



Contexto Tecnológico: as telas planas de LCD

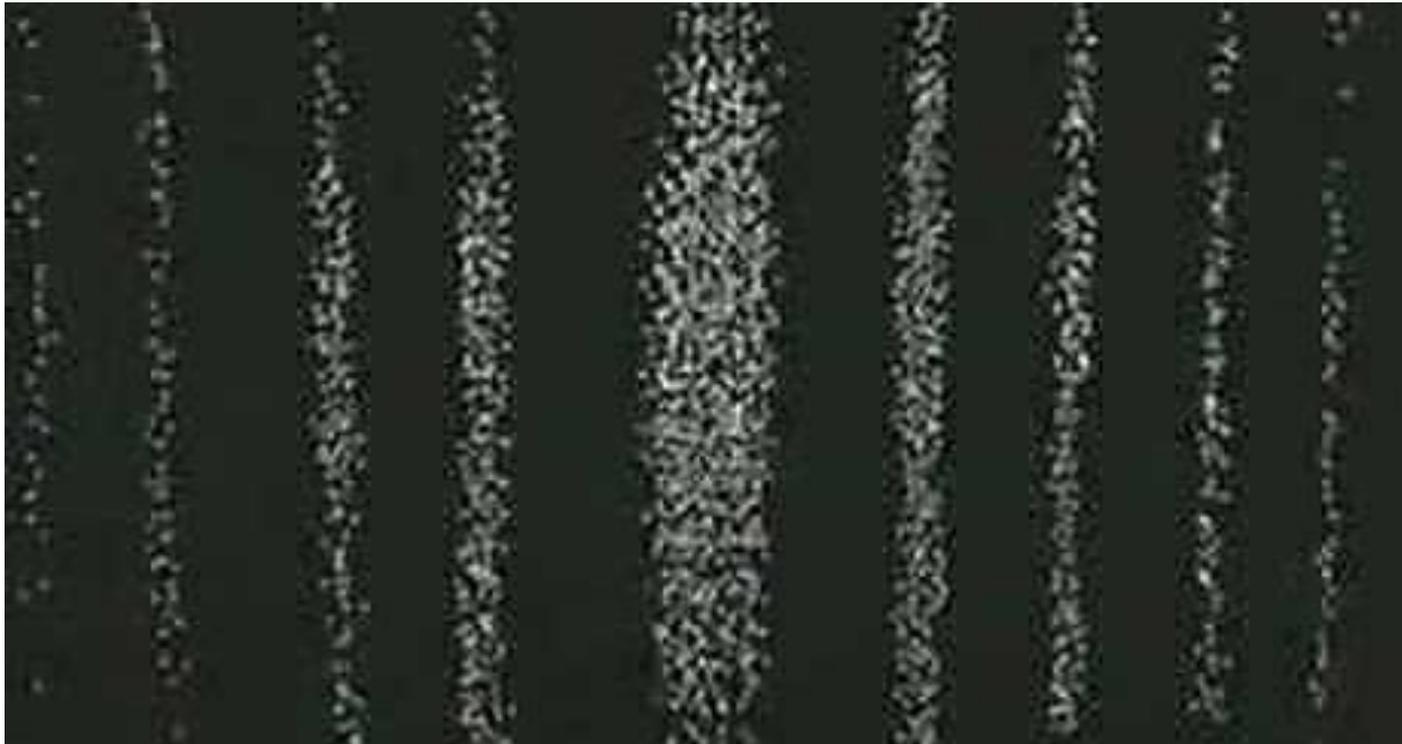


Contexto Tecnológico: as telas planas de LCD



Estrutura atômica – Revisão de física moderna

A Natureza Ondulatória da Matéria



Diferenças entre Física Clássica e Moderna

FÍSICA CLÁSSICA

- ❑ LEIS DE NEWTON
- ❑ ELETROMAGNETISMO
- ❑ TERMODINÂMICA

- ❑ GRANDEZAS FÍSICA
CONTÍNUAS

- ❑ MUNDO MACROSCÓPICO
 - ❑ MUNDO LENTO
- ❑ PARTÍCULA: VELOCIDADE,
POSIÇÃO, MOMENTO

FÍSICA MODERNA

- ❑ TEORIA DA RELATIVIDADE
- ❑ MECÂNICA QUÂNTICA

- ❑ GRANDEZAS FÍSICA
DISCRETAS

- ❑ MUNDO MICROSCÓPICO
 - ❑ MUNDO RÁPIDO
- ❑ PRINCÍPIO DE INCERTEZA

Física Clássica x Moderna

Natureza

↓
Composta

↙ ↘
Matéria

**Radiação
eletromagnética**

↓
Descrição atômica

↓
partículas

↓
evidências

↙ ↘ ↘
Química

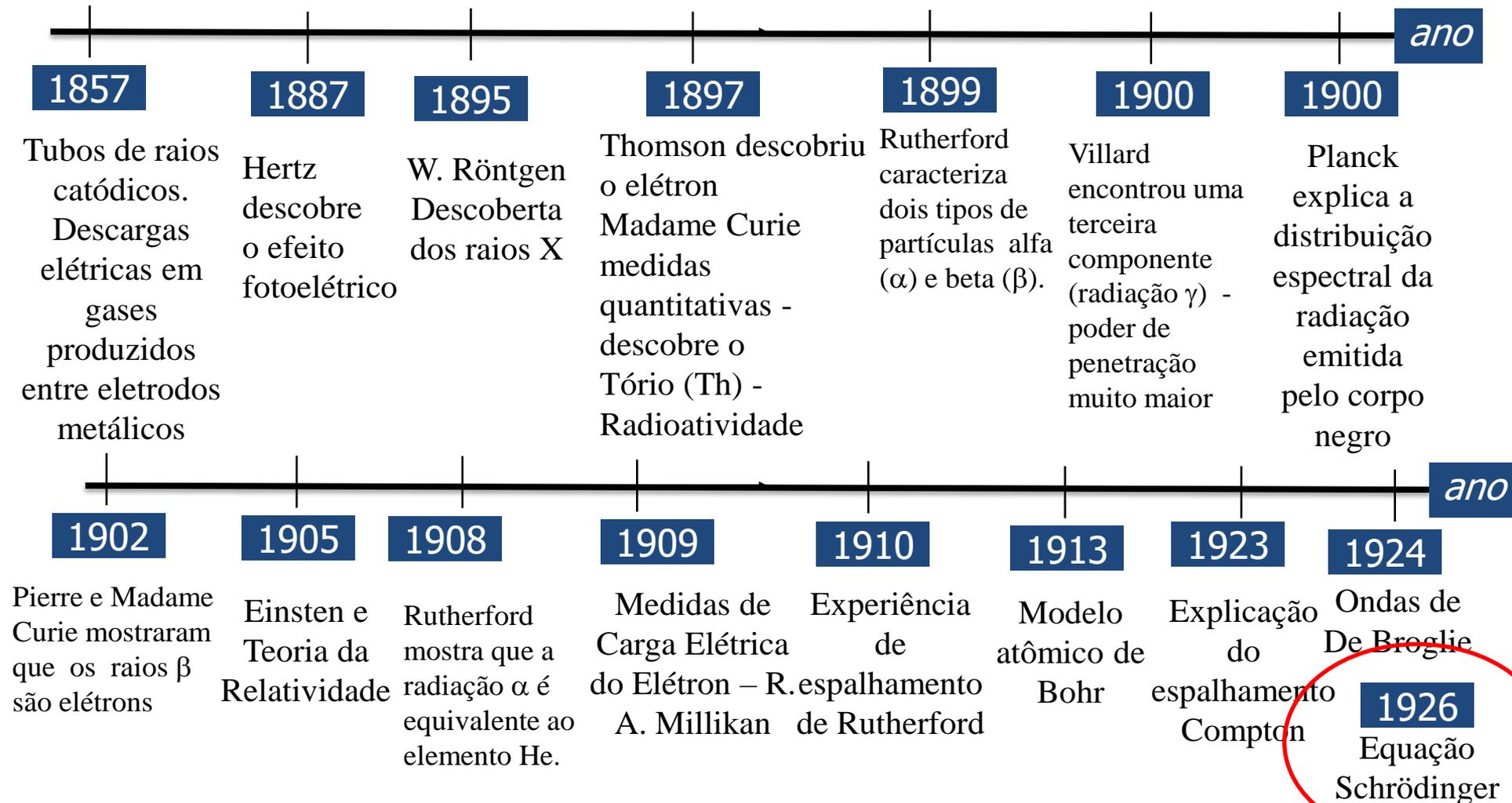
Teoria Cinética dos gases

Estudos do movimento browniano

Concepção atomística da
matéria.
Até agora a indivisibilidade
do átomo não foi
questionada

Física Clássica x Moderna

Evidências experimentais que sugeriram a divisibilidade do átomo - existência de uma subestrutura (no entanto só compreendido no século XX)



REFERÊNCIAS UTILIZADAS NESTA AULA

- Halliday, Resnick e Walker - Fundamentos de Física –Vol. III e IV – 9ª ed.
- Sears e Zemansky - Fundamentos de Física Vol. III e IV – 12ª ed.
- H. Moysés Nussenzveig - Curso de Física Básica – Vol 3 e 4
- Physics for Scientists and Engineers – Fishbane, Gasiorowics, Thornton – second edition
- Texto radio_difusão_sonora.pdf – julioross@msn.com –
<http://julioross.hd1.com.br>
- Notas de aulas dos cursos de Princípios de Física Moderna e Princípios e Aplicações de Física Moderna – **Centro Universitário da FEI**
<http://ohmios.es/2013/04/29/tecnologia-basica-del-lcd/>
- <http://www.bpiropo.com.br/fpc20050124.html>
- <http://blog.thomsonreuters.com/wp-content/uploads/2012/04/TV-Types.jpg>
- <http://www.microscopyu.com/articles/polarized/polarizedlightintro.html>