

BC0207

Energia: Origem, conversão e uso

Profa. Denise Criado

E-mail: denise.criado@ufabc.edu.br

Sala: 614-3, Torre 3 Bloco A

Aula 6

Cap. 11 – Eletromagnetismo e Geração de Eletricidade: A, B, C, D.

Cap. 12 – Eletricidade de Fontes Solares, Eólicas e Hídricas: A, B, C, D, E, F, G.

Magnetismo

Ímãs simples

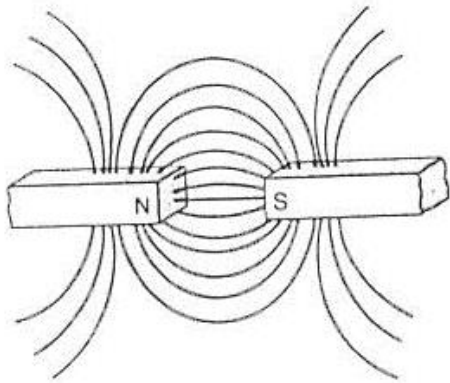


FIGURA 10.1

Duas barras de ímã: polos opostos se atraem. As curvas representam as linhas de campo magnético, que indicam a direção em que uma agulha de compasso apontará se for ali colocada.

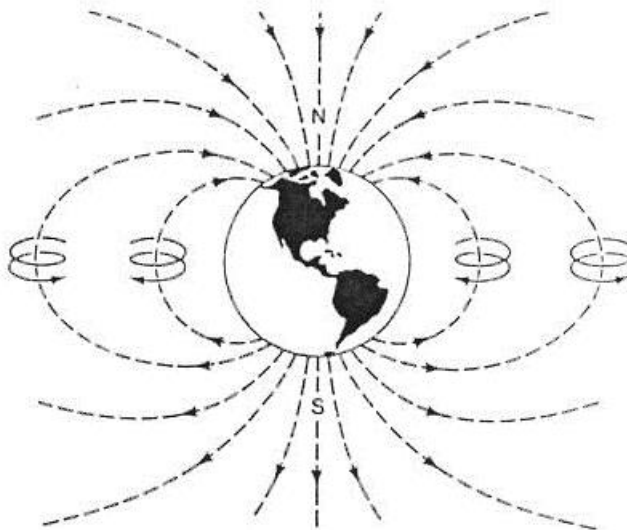
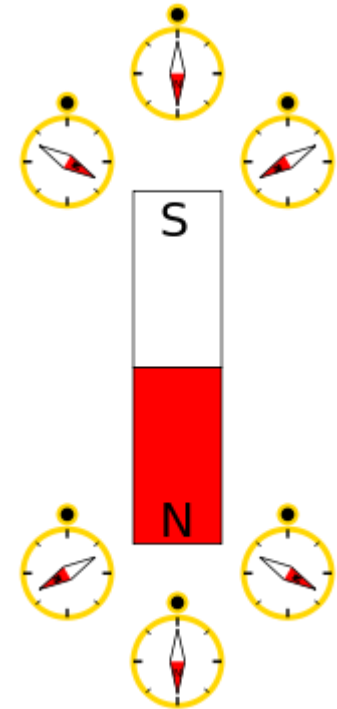


FIGURA 10.5

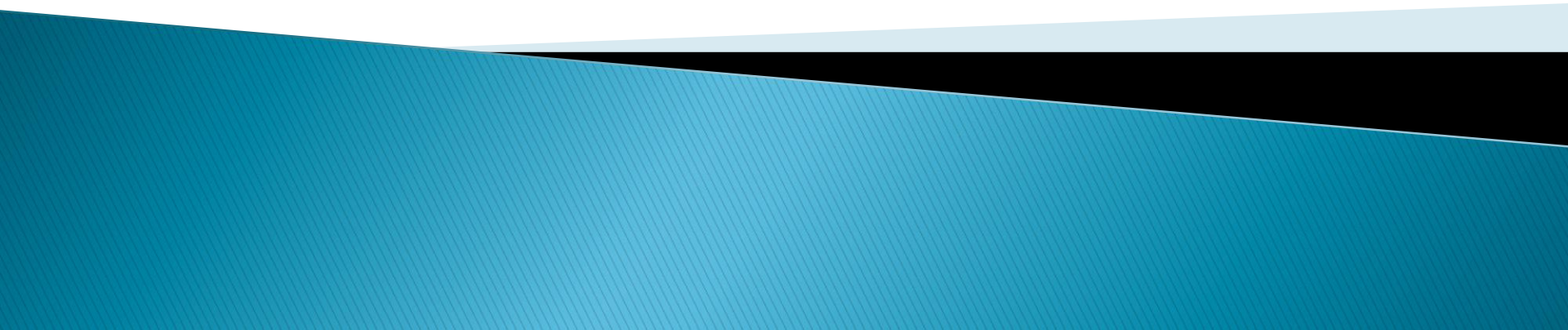
O campo magnético da Terra e os cinturões de Van Allen. Os cinturões de Van Allen são compostos por partículas eletricamente carregadas, que são aprisionadas pelo campo magnético da Terra em regiões de geometria toroidal. As partículas se movimentam em espiral dentro destas regiões de N para S para N, sendo refletidas em cada extremidade como se fosse por "espelhos", como resultado do formato do campo magnético da Terra.



Bússolas revelam a direção do campo magnético local. Como visto aqui, o campo magnético aponta em direção ao polo sul magnético em para fora de seu polo norte.

Magnetismo

Conexões entre a eletricidade e o magnetismo:

- 1 – ambos criavam forças capazes de atuar no vácuo;
 - 2 – ambas forças eram inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre duas cargas ou dipolos;
 - 3 – as forças podiam ser tanto de atração ou repulsão.
- 

Magnetismo

Experimento de Oersted: conexão entre o magnetismo e a eletricidade.
Uma corrente elétrica gera um campo magnético.

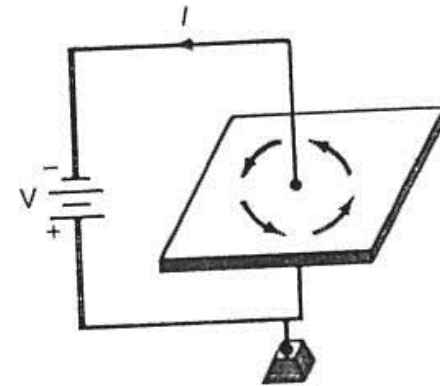
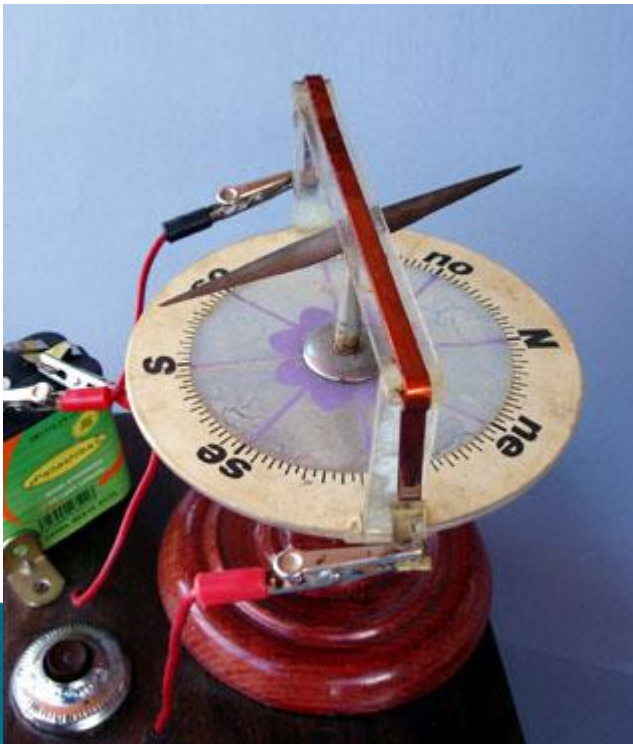


FIGURA 10.2

O experimento de Oersted mostrou que um fio através do qual passa uma corrente elétrica dá origem a seu próprio campo magnético. As setas indicam as linhas de campo magnético que resultam da corrente que percorre o fio.

Eletroimã



<http://www.solvo.es/images/electroiman.gif>

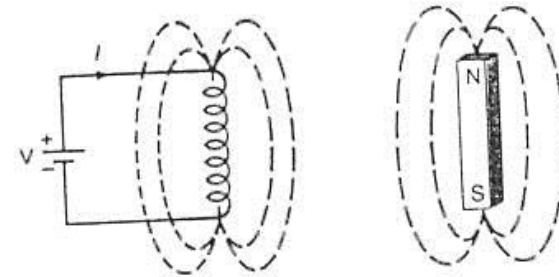


FIGURA 10.3

Um solenóide, ou uma espira através da qual passa uma corrente, dá origem a um campo magnético (indicado pelas linhas tracejadas), semelhante a uma barra de ímã simples, conforme mostrado.

Forças magnéticas sobre cargas em movimento

Exemplo: Aurora Boreal ou Aurora Polar.

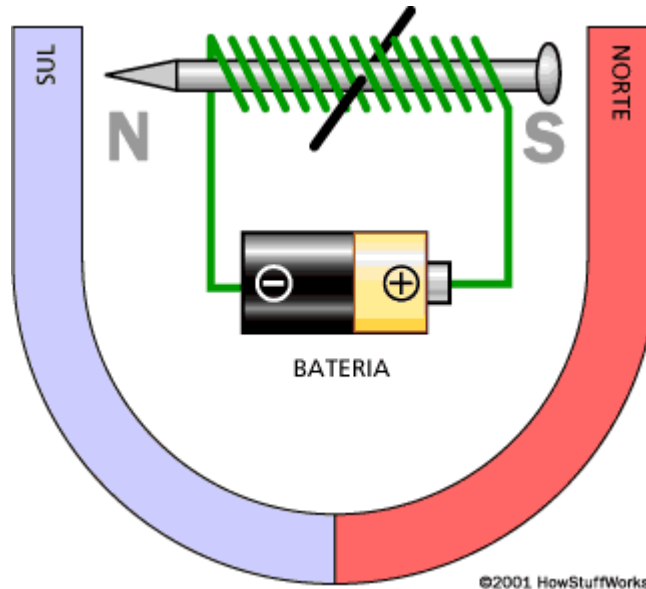


Efeito da interação de raios cósmicos com o campo magnético da Terra.

<http://www.infoescola.com/fenomenos-opticos/aurora-boreal/>

Motor Elétrico

Eletroímã

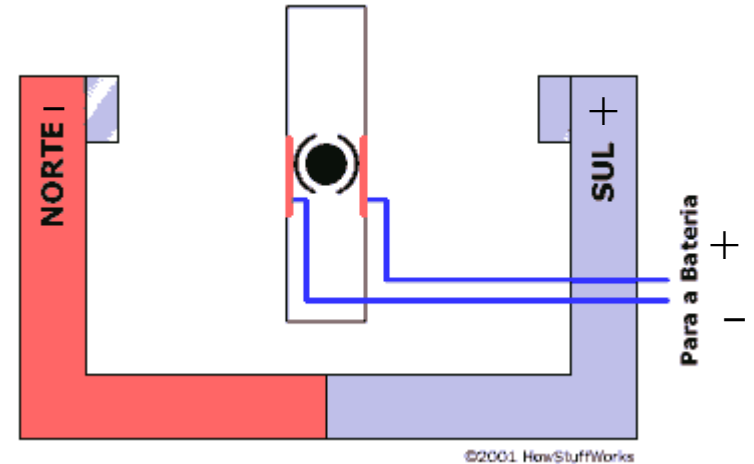
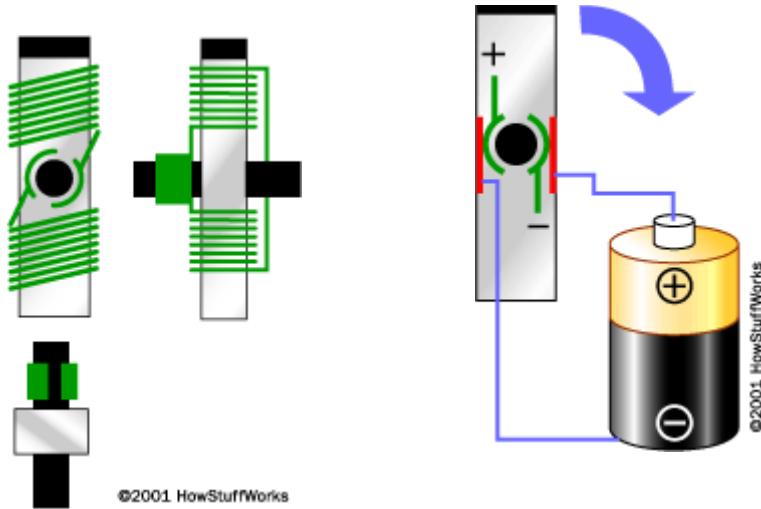


<http://ciencia.hsw.uol.com.br/motor-eletrico6.htm>

Motor Elétrico

armadura

Escova e
comutador



<http://ciencia.hsw.uol.com.br/motor-eletrico6.htm>

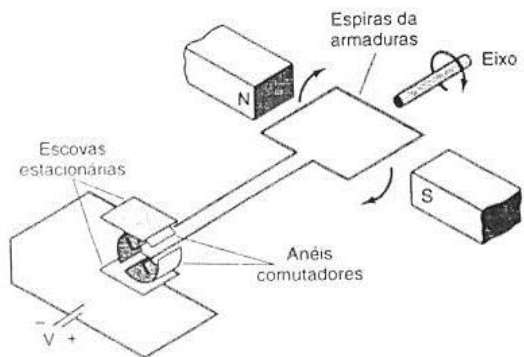


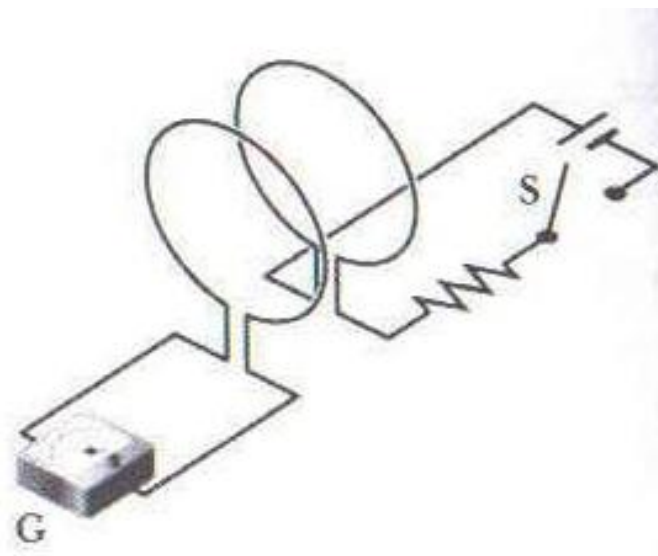
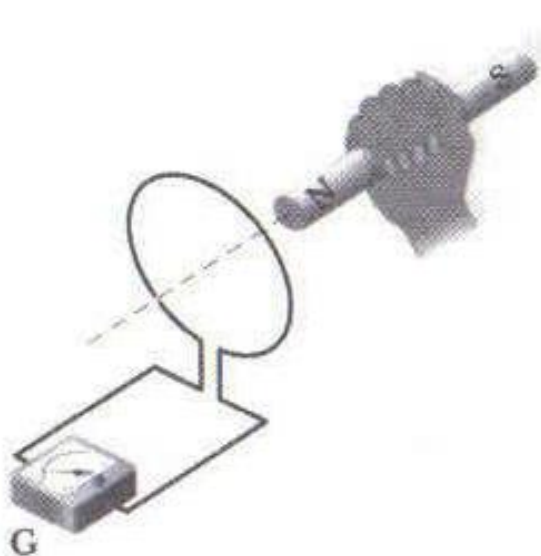
FIGURA 10.7

Esquema de um motor elétrico CC. Para que a rotação do eixo seja contínua, a corrente nas espiras da armadura deve ser alternante. Com uma fonte CC tal como uma bateria, a reversão da corrente é possível com um "comutador" — dois anéis conectados ao eixo da armadura que fazem contato alternadamente com os terminais positivo e negativo da bateria.

Lei de indução de Faraday

A corrente que aparece na bobina é conhecida como **corrente induzida**. O trabalho realizado por unidade de carga durante o movimento das cargas que constituem a corrente é denominada **fem induzida**.

A palavra chave é *variação*.



Lei de indução de Faraday

Uma diferença de potencial será induzida pelas extremidades de uma espira se o campo magnético do circuito estiver **variando**; a tensão induzida é diretamente proporcional à taxa com que **varia** o campo através da espira.

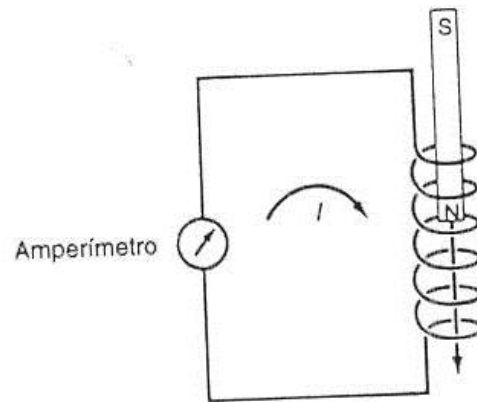


FIGURA 10.9

A lei da indução de Faraday: um ímã em movimento irá induzir uma corrente no fio que o rodeia.

Geração de eletricidade

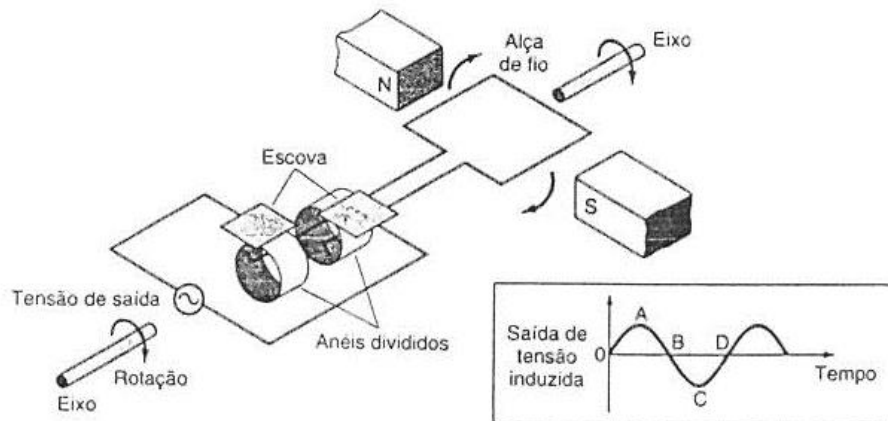
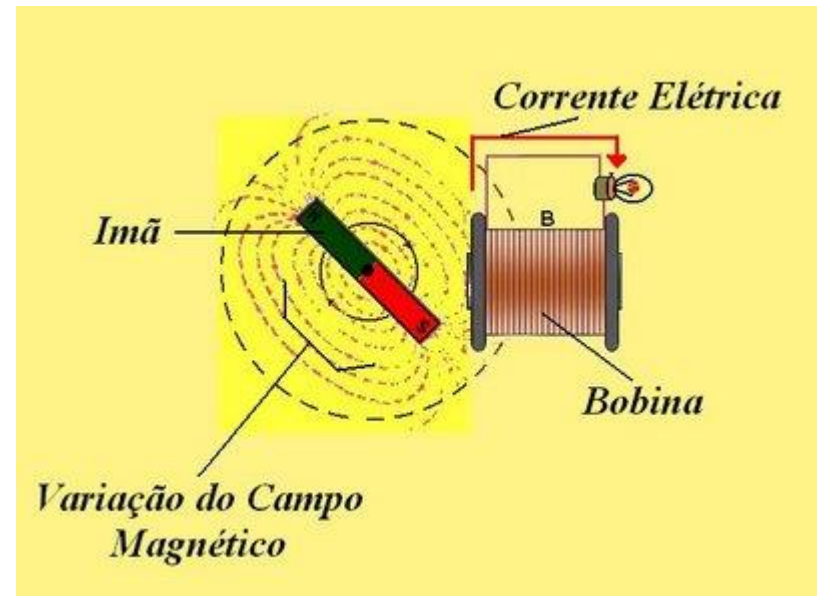
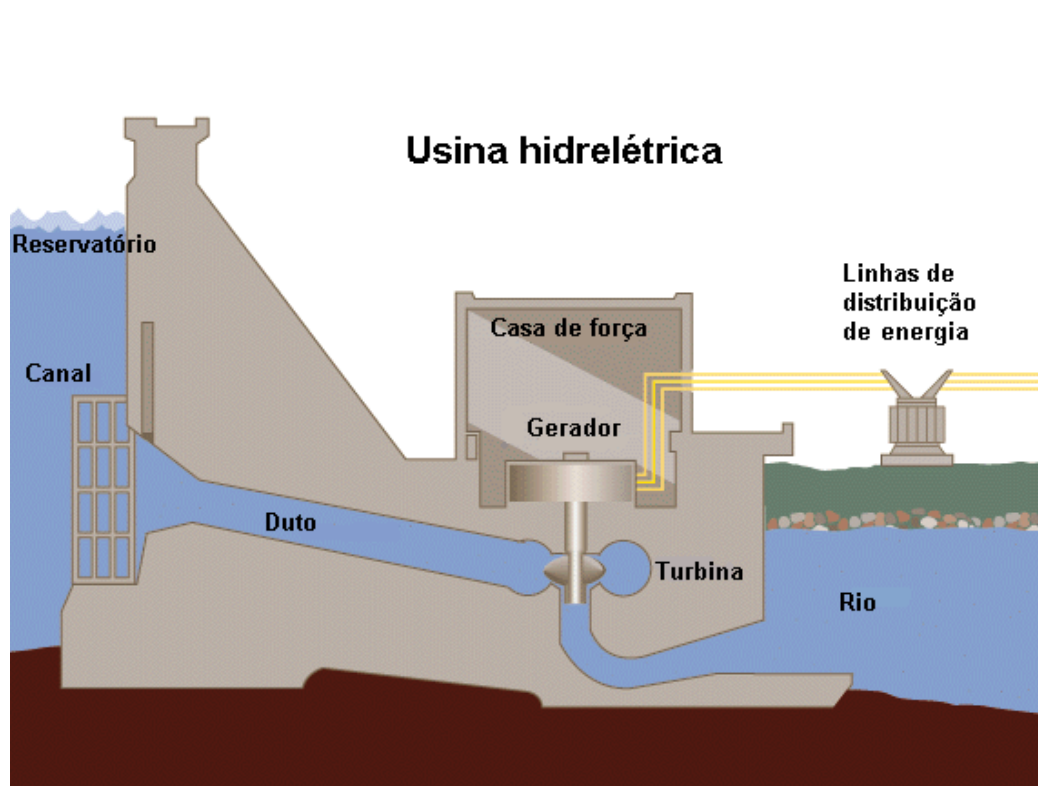


FIGURA 10.10
Gerador de eletricidade simples.

<http://fecico2009geradoreolico3f.blogspot.com.br/>

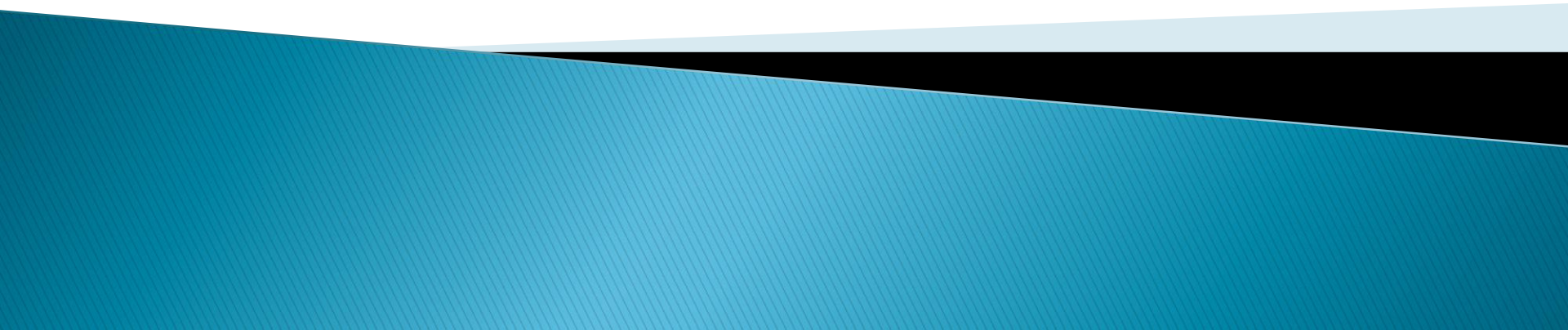


Geração de eletricidade



<http://ilheusdoprata.blogspot.com.br/2009/04/usina-hidreletrica.html>

Revisão dos principais conceitos usados de eletromagnetismo

1. Um fio conduzindo corrente elétrica produz um campo magnético.
 2. Um fio conduzindo corrente elétrica sofre a ação de uma força quando imerso em um campo magnético (como em um motor elétrico). De forma semelhante, uma partícula carregada sente a ação de uma força quando se movimenta na direção apropriada em um campo magnético.
 3. Um condutor em movimento em um campo magnético terá uma tensão induzida por suas extremidades (como em um gerador elétrico).
- 

Transmissão de energia elétrica

Se não existisse perda, a eletricidade poderia ser gerada e transmitida a 120V.

Se uma comunidade é constituída por 10 casas e cada casa consome 1000W temos:

$$10 \times 1000W = 10.000W$$

Então a potência transmitida é de:

$$P = VI \quad I = \frac{P}{V} = \frac{10.000W}{120V} = 83,3A$$

Porém a potência dissipada em forma de calor pela resistência é:

$$P = RI^2 = 1\Omega \times (83,3A)^2 = 6.944W$$

Estipulando que a resistência que todo o percurso da corrente seja 1 ohm.

A potência necessária neste caso será:

$$P = 10.000 + 6.944 = 16.944W$$

Neste caso a perda é de 59%. No caso real a perda é de 10%. Como?

Transmissão de energia elétrica

Solução: aumentar a tensão e diminuir a corrente mantendo a mesma potência, com isso diminuimos a potência dissipada. Exemplo:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{10.000W}{1200V} = 8,33A$$

Potência dissipada em forma de calor pela resistência é:

$$P = RI^2 = 1\Omega \times (8,33A)^2 = 69,44W$$

Neste caso a eficiência (ideal) é de 99%.

Para mudar ou transformar a tensão utiliza-se um transformador.

Transmissão de energia elétrica

Lei de Indução de Faraday:

A bobina primária está conectada a uma fonte de tensão alternada. A segunda bobina sente a variação e campo e induz uma tensão. A tensão vai depender do número de espiras da bobina secundária.

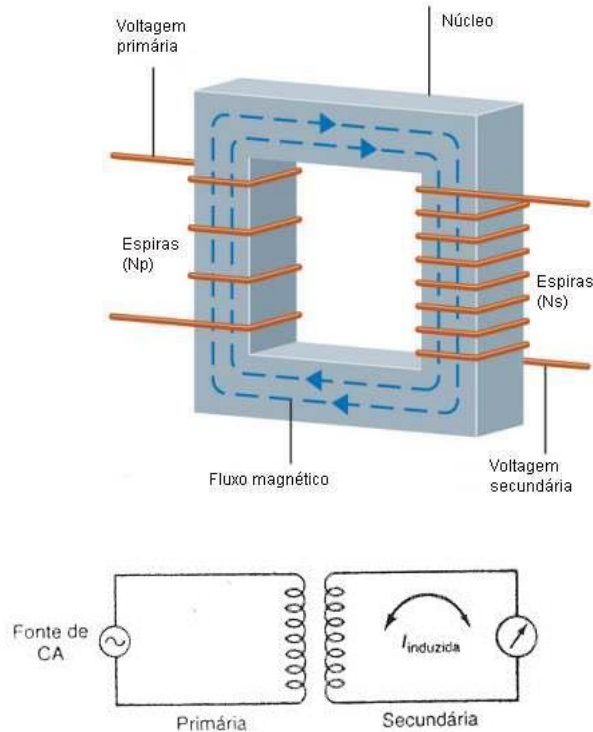
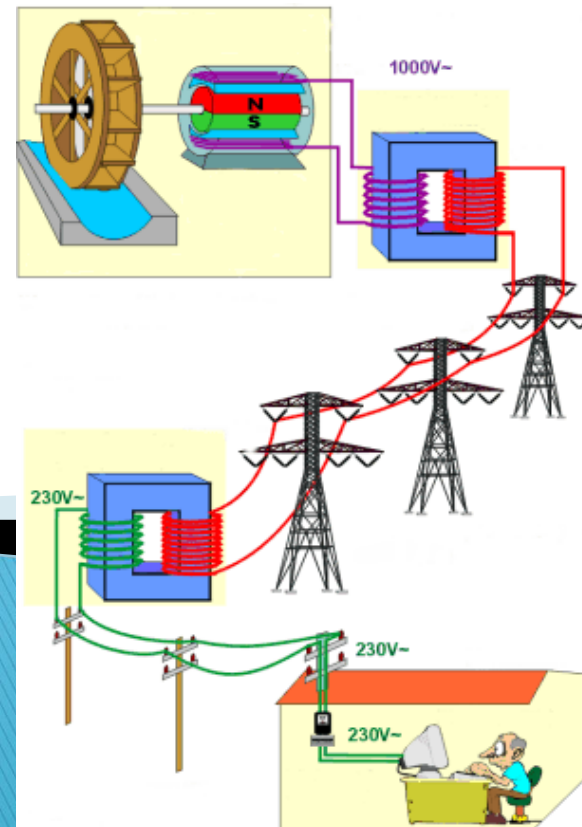


FIGURA 10.13

Corolário à lei de Faraday: a corrente na espira primária produz um campo magnético que varia com o tempo, já que temos uma fonte CA. Este campo variável induz uma corrente alternada na espira secundária.



Transmissão de energia elétrica

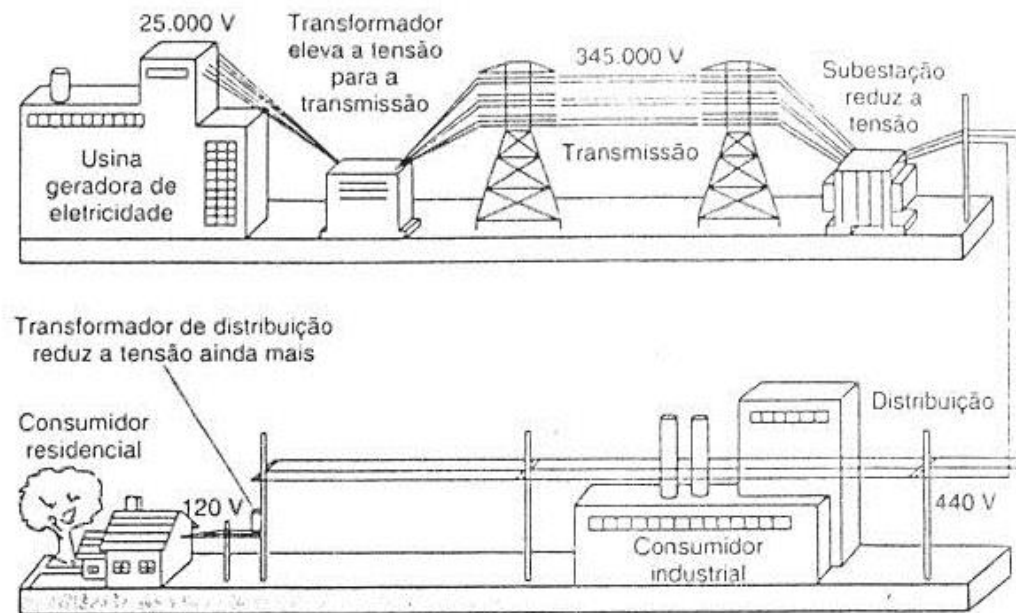


FIGURA 10.16

Sistema de transmissão de eletricidade. A eletricidade passa por uma série de etapas em seu caminho da usina geradora até o consumidor.

Transmissão de energia elétrica

Um aumento na tensão secundária é balanceada pela diminuição da corrente secundária.

$$V_{entrada} \times I_{entrada} = V_{saída} \times I_{saída}$$

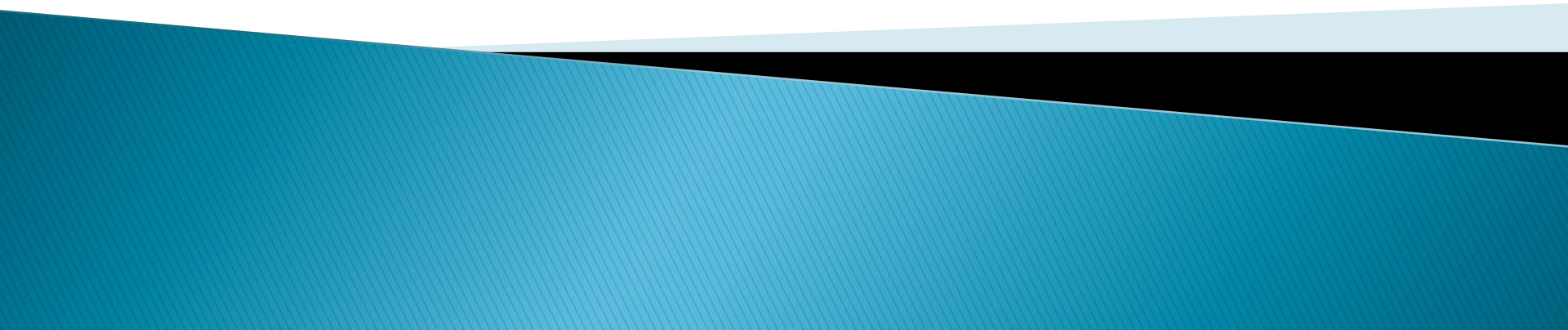
$$V_{saída} = V_{entrada} \times \left(\frac{\text{voltas_na_espira_secundária}}{\text{voltas_na_espira_primária}} \right) = V_{entrada} \times \left(\frac{N_s}{N_p} \right)$$

Ex.1: Uma usina geradora de eletricidade produz eletricidade com potência de 1.000MW e uma tensão de 24.000V. Para transmitir a mesma potência na tensão de 360.000V, qual deve ser a razão entre os números de espiras nos enrolamentos do transformador (a chamada relação de transformação?) Que corrente é transmitida a essa tensão?

Transmissão de energia elétrica

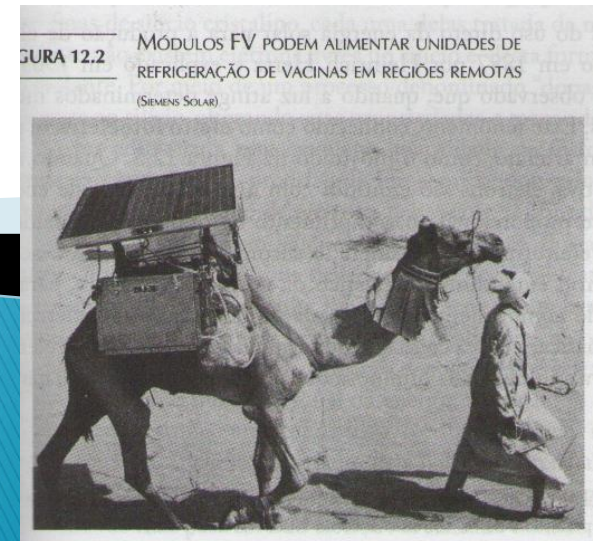
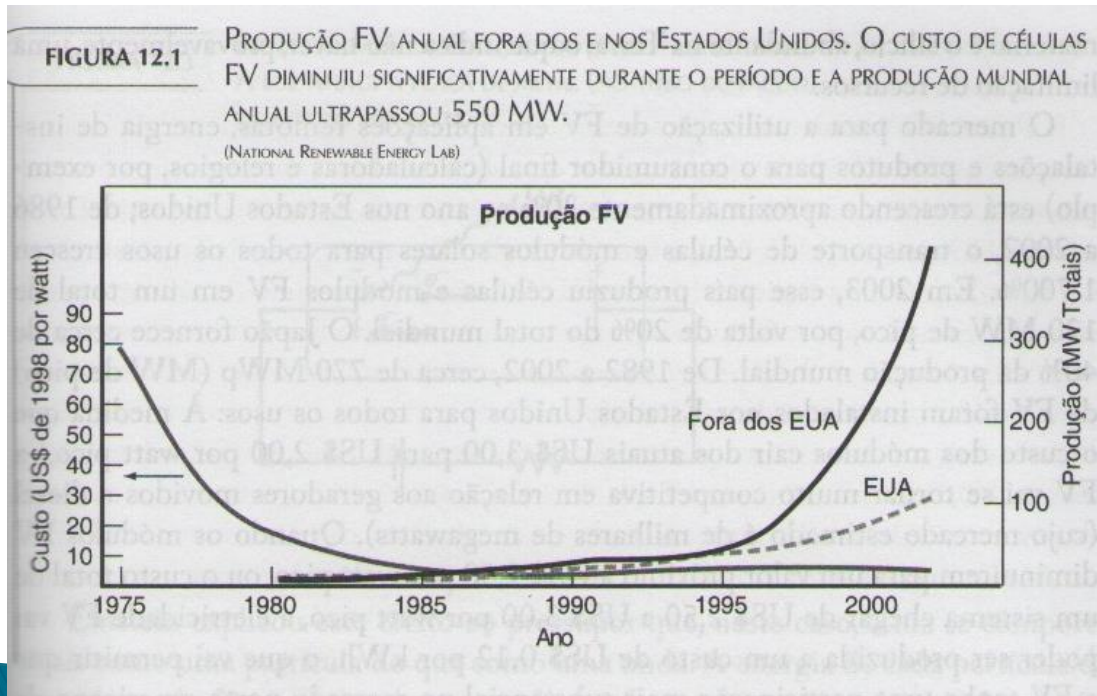
Não foi encontrado nenhuma pesquisa que prove que campo magnético cause problemas de saúde.

Alternativas à transmissão aérea: Linhas de transmissão com fios supercondutores ou cabos subterrâneos.



Células solares

Convertem diretamente a luz em eletricidade. Podem ser montadas em áreas remotas.



Princípio das Células solares

Efeito fotoelétrico.

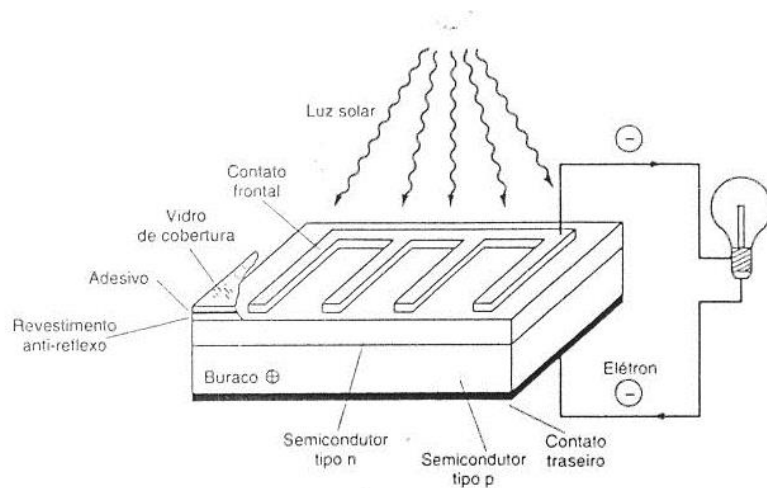


FIGURA 11.3
Montagem de uma célula solar. (SOLAR ENERGY RESEARCH INSTITUTE)

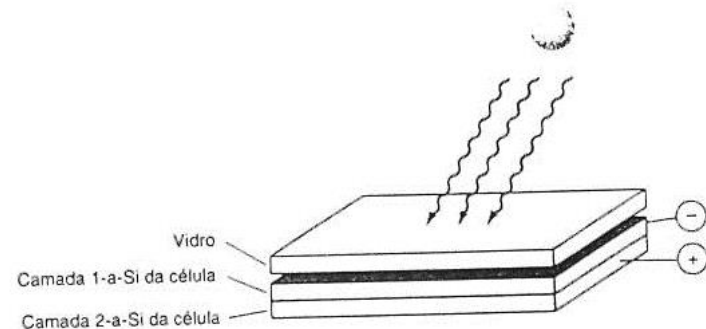
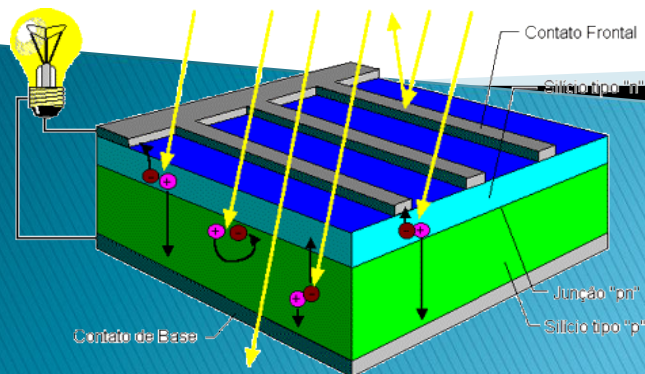
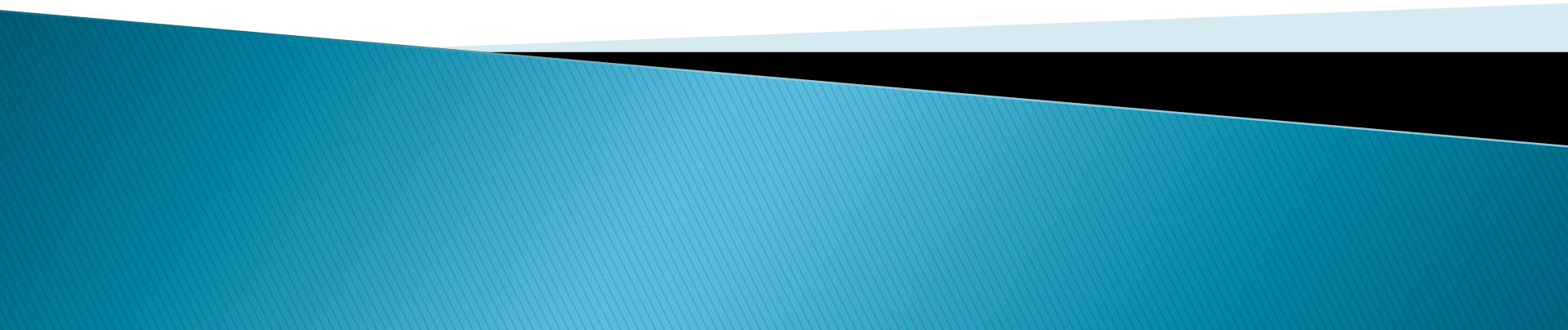


FIGURA 11.4
Célula solar multicamada. Um segundo filme fino é utilizado e, assim, a pilha pode responder a um espectro de luz mais amplo, aumentando sua eficiência.



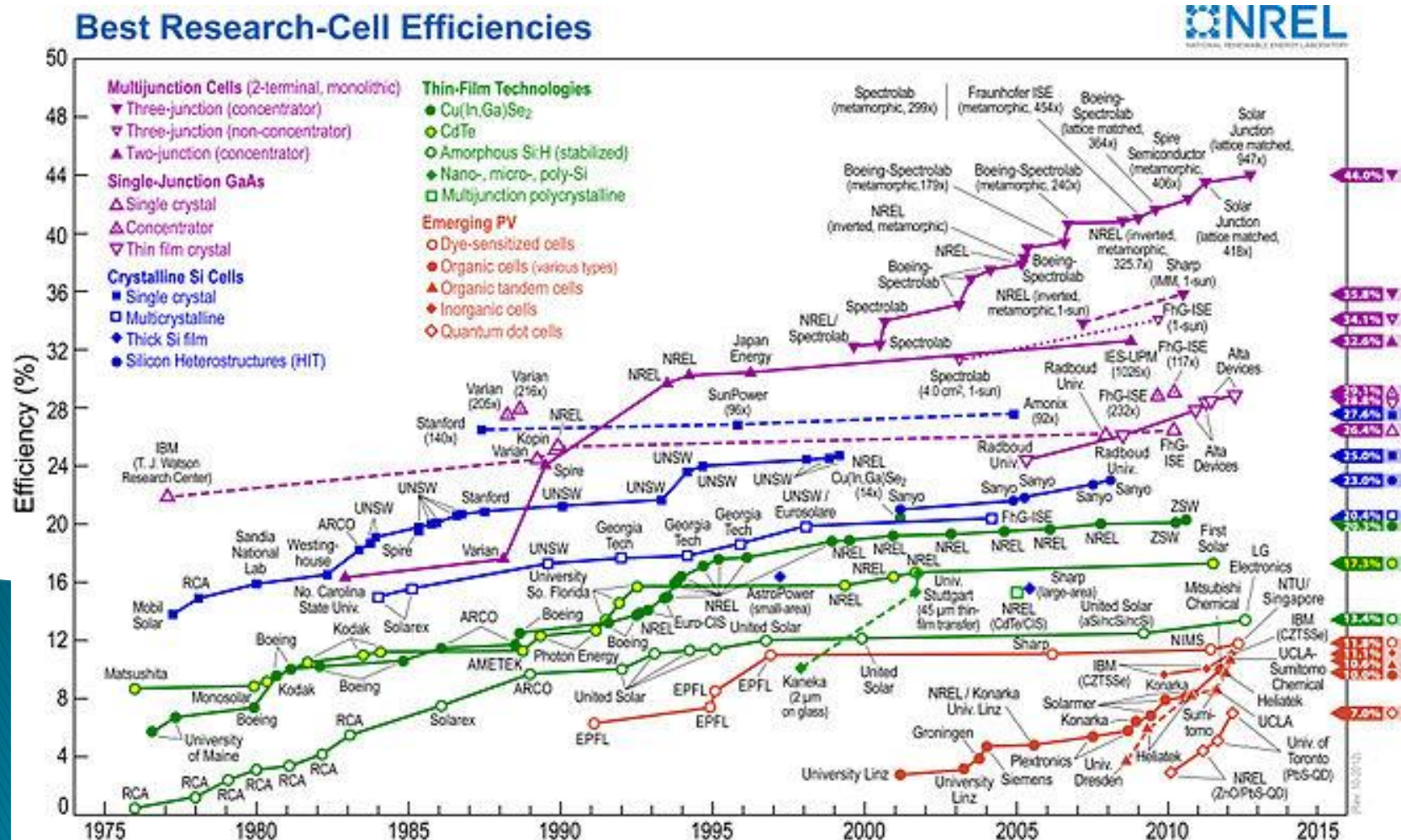
<http://www.santarita.com.br/o-que-e-um-painel-solar-fotovoltaico/>

Células solares

- Boa parte da luz incidente é perdida antes que possa ser convertida em energia elétrica.
 - As perdas de energia ocorrem porque uma parte da luz não é energética o bastante para separar os elétrons de seus vínculos atômicos no cristal; aproximadamente 55% do espectro solar inclui comprimentos de onda longos demais para libertar fotoelétrons da célula.
 - Alguma radiação solar é energética demais e a energia extra se transforma em calor.
 - A reflexão da superfície da célula e a recombinação elétron-lacuna também contribuem para a diminuição da eficiência.
- 

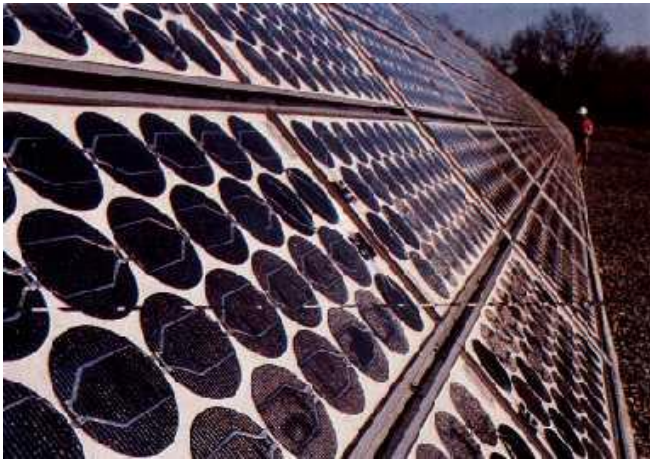
Princípio das Células solares

Existem diferentes tecnologias. Cada uma tem uma eficiência e um custo.



Painéis fotovoltaicos

Conecta-se várias células solares individuais em série e paralelo para obter a tensão e corrente desejada.



<http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/fotos2.htm>



http://br.photaki.com/picture-celula-solar-painel-solar_119016.htm

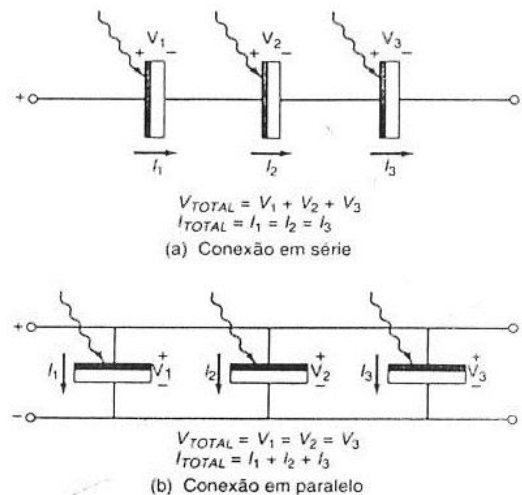


FIGURA 11.5

Células solares podem ser conectadas em série (a) ou em paralelo (b) para fornecer mais tensão ou mais corrente, respectivamente.

Painéis fotovoltaicos

A saída das células solares é sempre CC. É necessário bateria, estabilizadores e inversor. A produção acima do necessário pode ser vendida a rede comercial.



<http://noticias.vidrado.com/tecnologia/engenheiro-propoe-substituir-asfalto-por-paineis-solares/>

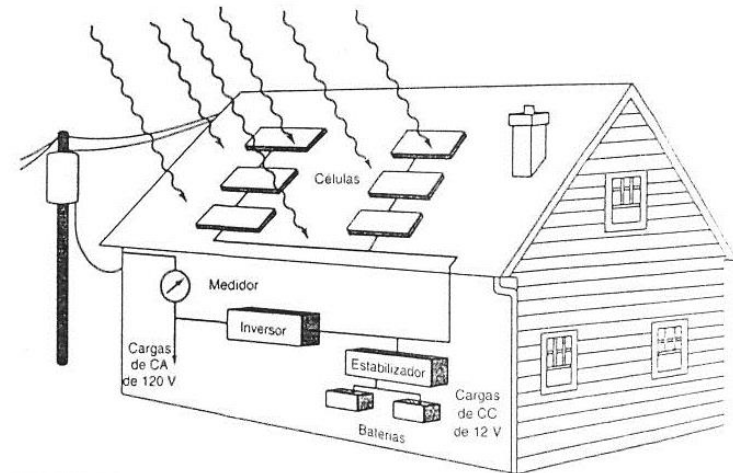


FIGURA 11.6

Sistema fotovoltaico para uma residência.

Diversos sistemas FV muito grandes estão em funcionamento ao redor do mundo com produções da ordem de megawatts. Eles tanto fornecem eletricidade diretamente para estabelecimentos comerciais quanto abastecem a rede elétrica local. A Figura 11.7 mostra o que foi o maior sistema de energia FV dos Estados Unidos, localizado em Carrisa Plains, Califórnia, e que gerava 6,5 MW; ele foi completado em 1985 e desmontado no meio da década de 1990. Os custos de sistemas FV grandes foram reduzidos por um fator de 40 durante a última década para aproximadamente US\$ 0,30 por kWh, tornando-os comparáveis aos preços de pico de carga de sistemas convencionais. (Os custos operacionais e de manutenção geralmente são muito baixos, em torno de US\$ 0,005 por kWh.)

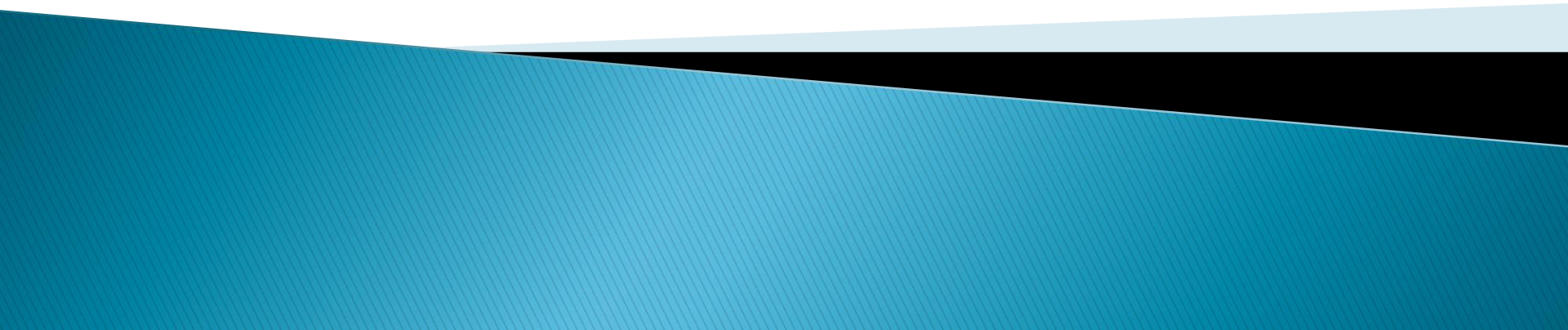
Painéis fotovoltaicos

A entrada da energia FV (fotovoltaica) no mercado depende basicamente de decisões políticas e econômicas.

Não existem mais obstáculos para o uso amplo.

A produção continua a crescer 30% ao ano.

Emissões praticamente nulas.



Energia Eólica

É a forma de energia que mais cresce atualmente. Estima-se que este tipo de geração de energia possa suprir de 5 a 10% da demanda de eletricidade nos Estados Unidos por volta de 2020.

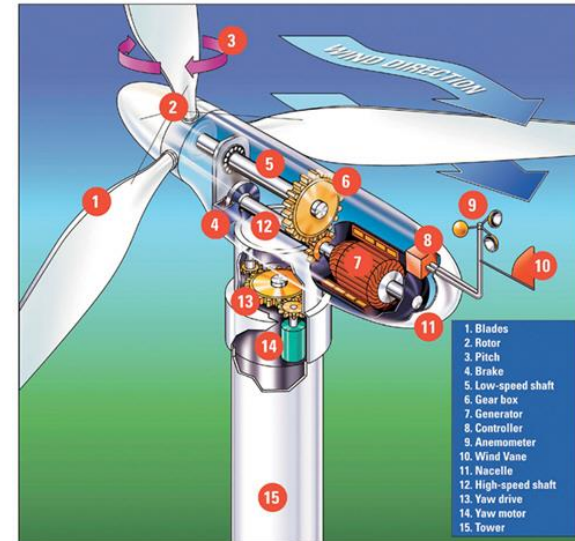
O impacto ambiente é praticamente insignificante, sendo o maior problema a poluição visual e a morte de aves. Prédios e automóveis causam mais mortes de pássaros que as turbinas eólicas.

TABELA 12.2 MAIORES MERCADOS MUNDIAIS DE ENERGIA EÓLICA.

País	Capacidade Instalada (MW)	
	1998	2004
Alemanha	2.872	16.629
Estados Unidos	1.770	6.740
Espanha	822	8.283
Dinamarca	1433	3.110
Índia	1.015	2.110
Holanda	375	938
Itália	199	922
Reino Unido	334	759
Japão	0	758
China	224	568

Fonte: U.S. Energy Information Administration.

Energia Eólica



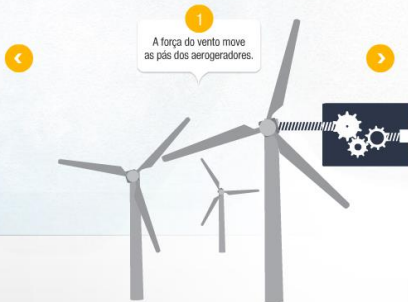
<http://projetoenergiacieac.blogspot.com.br/>

<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/3620-gerador-de-energia-eolica/>

Energia Eólica

Como o vento pode virar energia elétrica

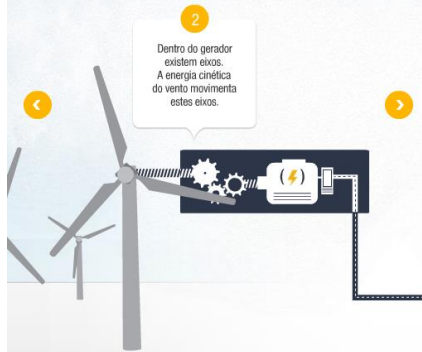
Há tempos a força do vento movimentava barcos e moinhos. Agora, ela também pode gerar energia elétrica. Todo o processo é realizado pelos aerogeradores (a "cabeça" desses imensos cataventos) e pode ser dividido nas seguintes etapas:



Fonte: Parques Eólicos Osório

Como o vento pode virar energia elétrica

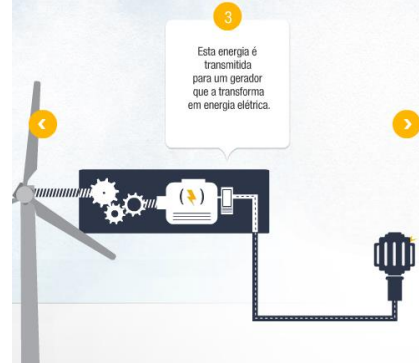
Há tempos a força do vento movimentava barcos e moinhos. Agora, ela também pode gerar energia elétrica. Todo o processo é realizado pelos aerogeradores (a "cabeça" desses imensos cataventos) e pode ser dividido nas seguintes etapas:



Fonte: Parques Eólicos Osório

Como o vento pode virar energia elétrica

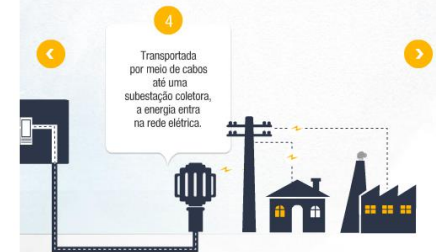
Há tempos a força do vento movimentava barcos e moinhos. Agora, ela também pode gerar energia elétrica. Todo o processo é realizado pelos aerogeradores (a "cabeça" desses imensos cataventos) e pode ser dividido nas seguintes etapas:



Fonte: Parques Eólicos Osório

Como o vento pode virar energia elétrica

Há tempos a força do vento movimentava barcos e moinhos. Agora, ela também pode gerar energia elétrica. Todo o processo é realizado pelos aerogeradores (a "cabeça" desses imensos cataventos) e pode ser dividido nas seguintes etapas:



Fonte: Parques Eólicos Osório

Energia Eólica

A energia eólica no Brasil tinha a capacidade instalada de geração de um pouco mais de 25 MW em 2005, e chegou a marca de 4.500 MW em 2014 com 181 parques eólicos instalados e que evitam 4 milhões de toneladas de CO2 na atmosfera por ano. Em 2013 encontrava-se na 13ª posição no ranking dos países com maior produção de energia eólica.

Nome ¹¹	Capacidade instalada (MW)	Estado
Complexo eólico Alto Sertão I	293,6	Bahia
Complexo eólico Alto Sertão II	386,10	Bahia
Usina de Energia Eólica Capão do Tigre	180	Rio Grande do Sul
Parque eólico de Osório	150	Rio Grande do Sul
Parque eólico de Atlântica	120	Rio Grande do Sul
Usina de Energia Cerro Chato	90	Rio Grande do Sul
Parque Eólico Cidreira I	70	Rio Grande do Sul
Parque Eólico da Honda	27	Rio Grande do Sul
Parque eólico de Água Doce	129	Santa Catarina
Parque eólico de Bom Jardim	93	Santa Catarina

Energia Eólica

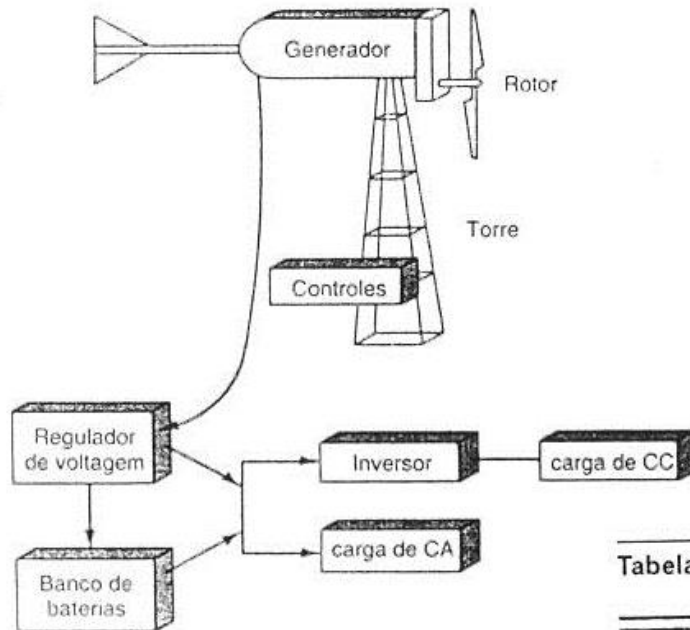


FIGURA 11.8

Sistema de energia eólica residencial.

Tabela 11.3 PRODUÇÃO DO MOINHO DE VENTO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DO VENTO E DO DIÂMETRO DAS LÂMINAS

Velocidade do Vento (mph)	Força Extraída (kW)*			
	D = 12,5 pés	D = 25 pés	D = 50 pés	D = 100 pés
10	0,37	1,48	5,9	23,7
20	2,95	11,8	47	189
30	9,96	39,8	159	637
40	23,6	94,4	378	1.510
50	46,1	184	738	2.950

*Saídas máximas teóricas, pressupondo que o moinho de vento converta 59% da energia eólica em força utilizável. Por causa de imperfeições aerodinâmicas e de perdas mecânicas e elétricas, estes números teriam que ser multiplicados por aproximadamente 0,5 a 0,7.

Produção de Energia Eólica

Exemplo de turbinas de eixo horizontal e vertical.

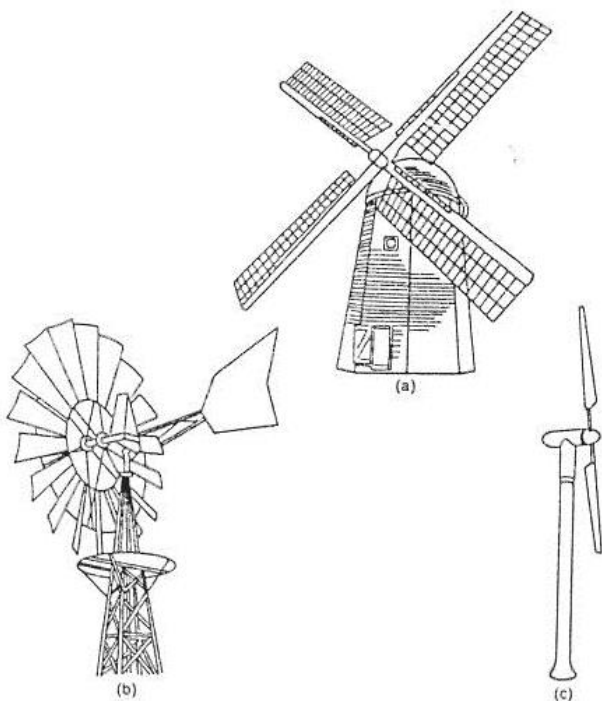


FIGURA 11.9

Três tipos de moinho de vento: (a) Moinho de vento do tipo "Holandês". Milhares destes foram utilizados por vários séculos na Holanda, mas poucos continuam em operação atualmente. Eles tinham eficiência (7%) e produção (10 hp) baixas. (b) Moinho de vento "Americano de múltiplas pás". Confiável e capaz de operar com ventos de baixas velocidades. Extremamente importante durante o último século para elevar água. (c) Turbina de vento de duas lâminas: protótipo de muitas instalações em utilização atualmente.

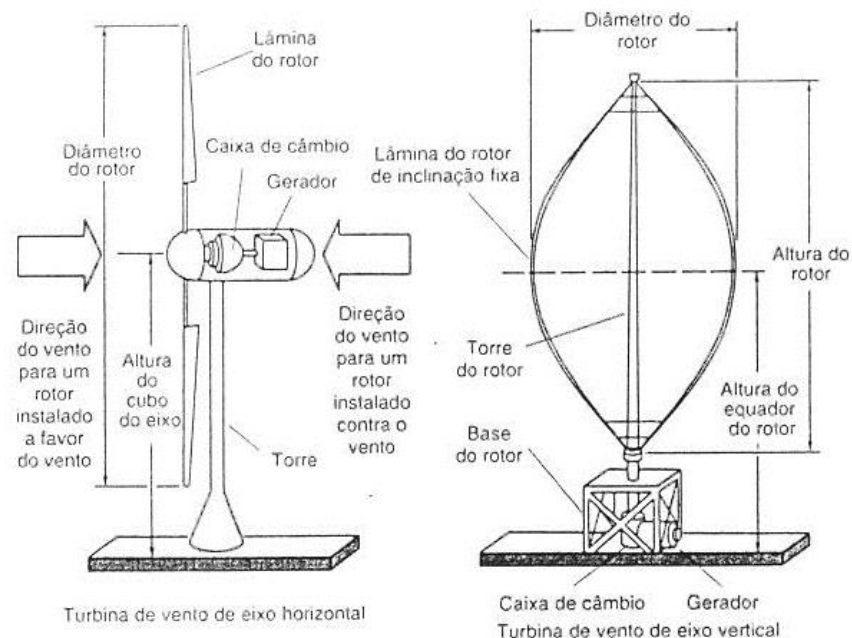


FIGURA 11.10

Configurações de turbinas de vento de eixo horizontal e de eixo vertical.

Eixo vertical tem a vantagem de não ter que mudar de posição quando muda o vento de direção. Possuem a caixa de cambio e o gerador montados no solo. Porém são difíceis de serem construídos no alto de torres. Maior parte instalada em fazendas eólicas.

Energia Hidráulica

19% da eletricidade mundial é produzida por hidrelétricas. Não poluem, porém afetam o meio ambiente. As inundações das barragens pode eliminar o habitat de algumas espécies de animais e vegetais. Retenção de poluentes produzidos pelas cidades grandes localizadas a montante da represa. Redução do fluxo de sedimentos e nutrientes.

TABELA 12.5 PRODUÇÃO HIDRELÉTRICA (2002).

	Eletricidade Gerada (Bilhões de kWh)	Capacidade Instalada (Mi- lhares de MW)
Canadá	315	67
China	309	83
Brasil	282	63
Estados Unidos	255	99
Rússia	180	45
Noruega	125	27
Japão	81	22
Índia	68	26
Suécia	66	16

Fonte: U.S. Energy Information Administration.

Energia Hidráulica

Itaipu



<http://pwalwer.blogspot.com.br/2012/04/usina-hidreletrica-de-itaipu.html>

Energia Hidráulica

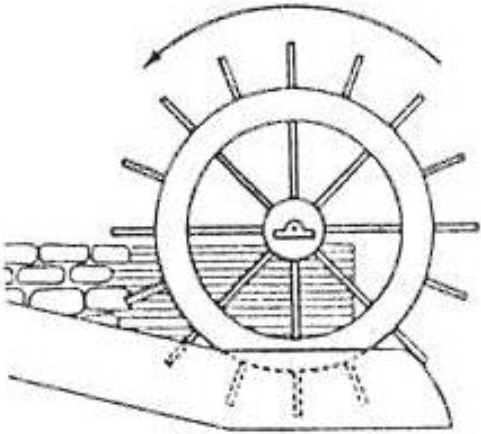


FIGURA 11.11

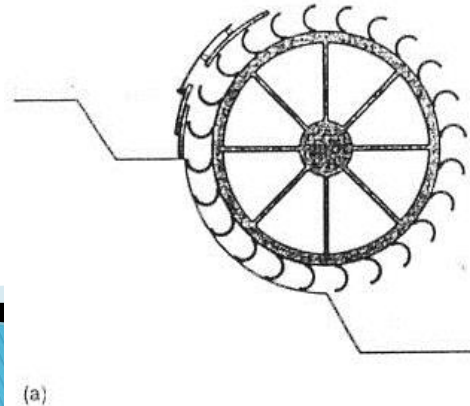
Modelo de uma usina hidrelétrica de altura de energia média a alta.

Energia Hidráulica

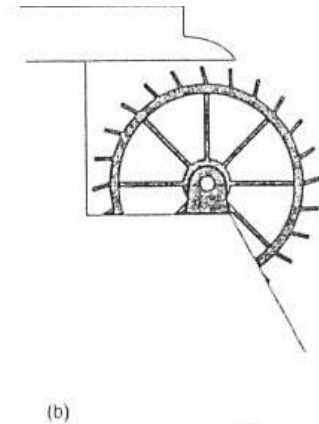
Turbina alimentada por baixo. Opera em baixa queda e tem eficiência de 20a 40%.



Roda de peitoral pode ser usada em quedas maiores e utiliza tanto a vazão como o peso da água para aumentar a eficiência. Eficiência em torno de 65%.

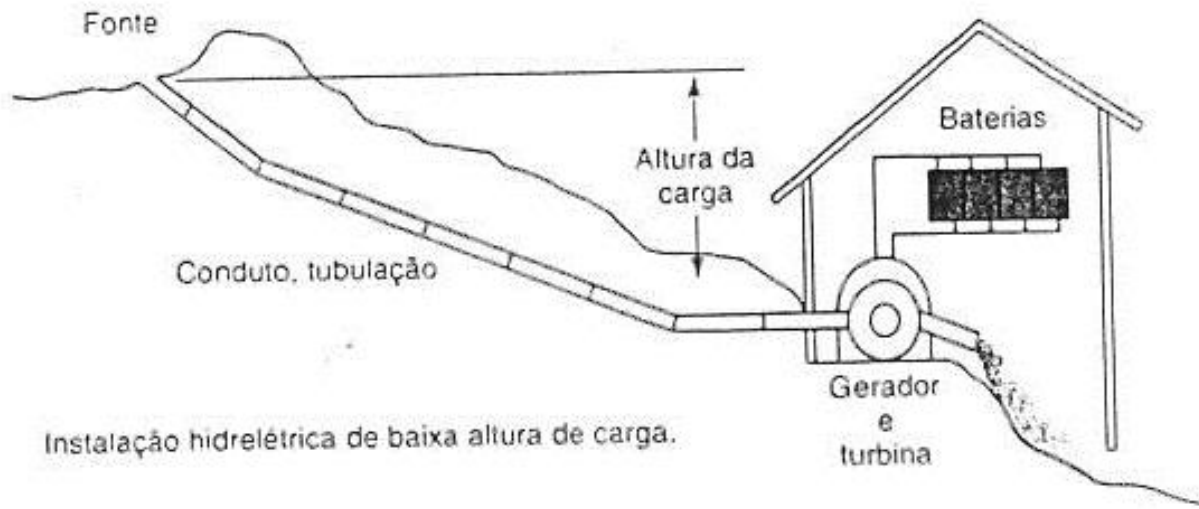


Roda alimentada por cima usa uma calha para criar força no topo da roda, além do peso, com eficiência de 85%.



Energia Hidráulica

A construção de pequenas hidrelétricas tem sido construídas ultimamente. São mais baratas que os módulos de PV de mesma potencia.



Instalações Elétricas Termossolares

Utilizam coletores concentradores para focar diretamente a luz solar para a produção de fluidos de alta temperatura.

Aplicações em: geração de eletricidade, fornecimentos de calor para processos industriais e a produção química e metalúrgica.

Eficiência da conversão de luz solar em eletricidade é em torno de 25% .

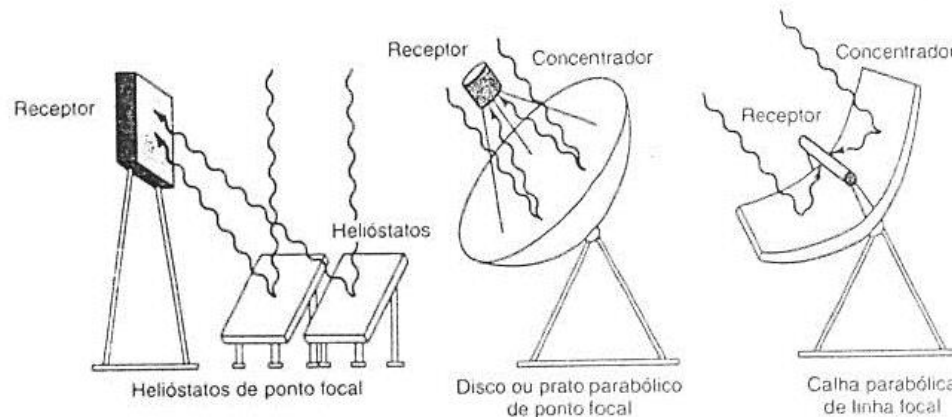


FIGURA 11.13

Três tipos de sistemas coletores concentradores.

Bibliografia

Energia e Meio Ambiente, Roger A. Hinrichs, Merlin Kleinbach, Lineu Belico dos Reis, Cengage Learning.

Demais paginas citadas nos slides.

