

Produção e consumo de energia elétrica

O QUE VOCÊ VAI ESTUDAR

Energia.

Usinas geradoras de eletricidade.

O caminho da energia: das usinas às residências.

O problema da escassez mundial de energia.



Mischa Keijser/Corbis/Fotorena

Planta híbrida de energia limpa. Waalwijk, Holanda. Foto de 2015.

Debate inicial

- A legenda da foto fala em planta híbrida de energia limpa. Quais os significados aqui das palavras “planta” e “híbrida”?
- Você consegue reconhecer os mecanismos de geração de eletricidade que são apresentados na imagem?
- Que transformações de energia você pode identificar por meio da observação dos equipamentos apresentados na imagem, até a obtenção de eletricidade?

Considere as respostas obtidas no debate e responda no caderno.

1. De que maneira é possível associar a eletricidade obtida no contexto apresentado pela imagem à energia recebida do Sol?
2. O que pode significar o termo “energia limpa” no contexto apresentado pela imagem?

Energia

Embora não exista uma definição precisa de **energia**, podemos associá-la, de modo simplificado, à capacidade de realizar **trabalho**, entendendo trabalho como uma ação ou movimento que modifica determinado sistema. A origem grega da palavra energia (*en-*, “em”, e *érgon*, “trabalho, ação”) remete à ideia.

A energia está presente em todas as situações cotidianas. O quadro abaixo mostra alguns exemplos.

Fotografias: Carro: Mijno Surikala/Shutterstock.com/ID/BR; Chuveiro: Jarek/knc.com.br; Homem e criança andando de bicicleta: JayS/Shutterstock.com/ID/BR; Lâmpadas: ontebaotag/Shutterstock.com/ID/BR; Barco: Angelina Dimitrova/Shutterstock.com/ID/BR; Fogão a lenha: André Chacó/Fotarena

Algumas situações cotidianas e sua relação com a energia		
		
O movimento de um automóvel decorre do aproveitamento da energia proveniente do combustível em seu tanque.	O aquecimento da água que passa por um chuveiro elétrico é resultante da energia presente na eletricidade que circula pelo resistor do aparelho.	Todos os seres vivos utilizam a energia proveniente dos alimentos para a manutenção da vida e a execução de tarefas diárias.
		
A mesma eletricidade que provê energia para o aquecimento da água no chuveiro possibilita a emissão de luz por uma lâmpada elétrica.	O vento que move um barco a vela resulta do aquecimento de regiões da atmosfera, causado pela energia proveniente do Sol.	O cozimento dos alimentos em um fogão a lenha é resultante do aquecimento provocado pela energia obtida da combustão da madeira.

A análise do quadro permite dizer que: a energia da queima do combustível é responsável pela ação de mover os veículos automotores; a energia da corrente elétrica intensifica as vibrações dos átomos do fio do resistor do chuveiro, elevando sua temperatura e, em consequência, aquecendo a água; a energia química dos alimentos é responsável por todas as ações do corpo humano; a energia solar é responsável, entre outras coisas, pelo aquecimento das massas de ar, as quais geram os ventos, que movem as embarcações a vela.

Quando o assunto é energia, o Sol desempenha papel central. Por exemplo, as marés, que são usadas em alguns países para a produção de energia elétrica, são geradas por vários fatores, entre eles a influência gravitacional do Sol e da Lua sobre as águas oceânicas. Os biocombustíveis, como o álcool da cana-de-açúcar, existem graças à fotossíntese, que as plantas realizam em presença da luz solar. As chuvas – que mantêm o fluxo dos rios e permitem o funcionamento de moinhos de água e de usinas hidrelétricas – decorrem da evaporação de grandes massas de água, em decorrência do aquecimento pelo Sol. Os combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo, têm sua origem na matéria orgânica, que, direta ou indiretamente, dependem da fotossíntese e, portanto, do Sol. A energia solar também pode ser captada diretamente, gerando aquecimento ou eletricidade.

Enfim, podemos afirmar que grande parte da energia que move todas as coisas na Terra provém, direta ou indiretamente, do Sol.

PARA REFLETIR

Richard Feynman, prêmio Nobel de Física de 1965 e um dos maiores cientistas do século XX, afirma categoricamente em um dos textos de seu livro *Física em seis lições* (edição brasileira da Ediouro, 2006): “[...] é importante perceber que, na Física atual, ignoramos o que é energia.”

1. Levando em consideração tudo o que já estudou sobre energia, você concorda com essa afirmação de Feynman? Justifique sua resposta.

CONCEITO EM QUESTÃO

Sol, fonte primária de energia para a Terra

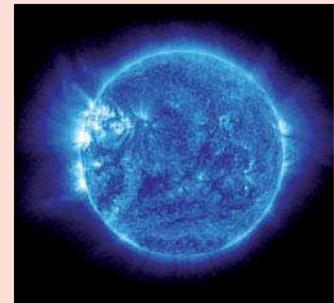


Imagem do Sol obtida em 2009 com filtro que capta a luz na faixa de frequência do ultravioleta extremo.

No Sol, ocorre conversão de matéria em energia por meio de complexos processos de fusão nuclear. A energia emitida pelo Sol a cada minuto é equivalente à energia liberada pela queima de $8 \cdot 10^{20}$ litros de gasolina.

Tipos de energia

Apesar de não conseguirmos explicar de forma precisa o que é energia, sabemos como ela se manifesta e como se comporta. Assim, a energia pode ser quantificada e classificada em tipos específicos, de acordo com sua manifestação. O quadro a seguir apresenta os principais tipos de energia e as fontes associadas a cada tipo.

Principais tipos de energia	
Energia	Descrição e exemplo de fonte mais comum no uso cotidiano
Térmica	Energia associada à temperatura de um corpo. Pode ser transferida entre dois corpos, quando há diferença de temperatura entre eles. A combustão do gás na boca do fogão, por exemplo, fornece energia térmica, com a qual se aquecem ou cozinham os alimentos. A madeira dos fogões a lenha desempenha o mesmo papel do gás.
Mecânica	Energia associada à posição (energia potencial gravitacional) ou à velocidade em relação a um referencial (energia cinética) de um corpo. Nas usinas hidrelétricas, a altura da água represada está relacionada com a velocidade que atinge na queda a porção de água que sai das comportas para mover as turbinas.
Elétrica	Energia associada às cargas elétricas em repouso (energia eletrostática) ou em movimento (energia eletrodinâmica). Pilhas, baterias, painéis fotovoltaicos e as tomadas conectadas à rede elétrica são fontes de energia elétrica no uso diário.
Química	Energia associada às ligações químicas entre átomos ou moléculas. A quebra dessas ligações nas reações químicas, como acontece na respiração celular, possibilita o acesso a essa energia. A energia elétrica das pilhas também provém inicialmente de reações dessa natureza.
Luminosa	Energia associada à propagação da luz. De forma mais geral, essa energia pode ser chamada de eletromagnética. O Sol é a principal fonte desse tipo de energia.
Nuclear	Energia associada à ligação entre as partículas do núcleo atômico. Em vários países, esse tipo de energia está na origem da energia elétrica fornecida à população. Em hospitais e clínicas, essa energia está associada à energia eletromagnética utilizada nos aparelhos de raios X, por exemplo.

A energia se transforma

Embora seja feita a classificação das diferentes formas de energia, é preciso ter em mente que a energia é uma entidade única. Os diversos nomes dados a ela se referem às suas diferentes manifestações e aos efeitos produzidos.

Por exemplo, a energia luminosa (ou eletromagnética) proveniente do Sol é absorvida pela água dos rios e mares, causando sua evaporação. Nesse ponto, pode-se dizer que a energia luminosa se transformou em energia térmica. A água que evapora sobe para determinadas alturas da atmosfera (energia potencial gravitacional). Com a condensação, a água cai novamente na forma

líquida e escoar pelos rios (energia cinética), podendo parar em uma barragem de usina hidrelétrica, onde será armazenada (energia potencial gravitacional). Ao descer por uma tubulação apropriada, adquire grande velocidade (energia cinética), movendo poderosas turbinas que, por sua vez, moverão os geradores.

A energia elétrica resultante desse movimento é distribuída para os centros consumidores, como as casas. Em uma dessas casas, a energia elétrica poderá ser utilizada para aquecer a água de um banho (energia térmica) ou para acender uma lâmpada (energia luminosa). E assim por diante, em um ciclo contínuo.

A energia nunca é produzida nem destruída, mas sempre transformada.

A energia elétrica e a mudança de costumes

Embora fenômenos elétricos já tivessem sido observados e estudados há muito tempo, pode-se dizer que o uso social da eletricidade ganhou destaque com a invenção do dínamo, pelo físico italiano Antonio Pacinotti (1841-1912), em 1860, aperfeiçoada pelo engenheiro elétrico belga Zénobe Gramme (1826-1901), em 1869. Na Exposição Internacional de Viena, em 1873, Gramme apresentou a reversibilidade do dínamo: ao ser ligado a uma fonte de corrente contínua, ele se movimentava, funcionando como um motor elétrico. O dínamo e o motor elétrico são fundamentais, pois estão diretamente relacionados à produção de energia elétrica e sua utilização prática.

Outros inventos, como o telégrafo (por Samuel Morse e outros, em 1837), o telefone (por Graham Bell, em 1861) e a lâmpada elétrica de longa duração (por Thomas Edison, em 1879), modificaram de forma definitiva o modo de vida das sociedades urbanas, que passaram a contar com iluminação elétrica, comunicação por telégrafo e por telefone e aquecimento elétrico, entre outros benefícios.

Com o sucesso dessas invenções e a disseminação desses confortos propiciados pela tecnologia, o fornecimento de energia elétrica em grande quantidade tornou-se necessário. A primeira usina geradora de energia elétrica de grande porte – a Pearl Street Station, uma termelétrica a carvão, pertencente a Thomas Edison – foi inaugurada às 3 horas da manhã de 4 de setembro de 1882, em Nova York, nos Estados Unidos. Hoje é praticamente impossível pensar em um mundo sem eletricidade.

No Brasil, as primeiras lâmpadas elétricas foram acesas de forma permanente em 1879, na estação central da Estrada de Ferro dom Pedro II, atual Central do Brasil, no Rio de Janeiro. A primeira usina de geração de eletricidade foi inaugurada em 1883, em Diamantina, Minas Gerais.

FATOS E PERSONAGENS

Estação de trens, primeiro espaço público a ganhar iluminação elétrica no Brasil

As primeiras lâmpadas para iluminação externa acesas no país datam de 1879, quando um dínamo alimentou um conjunto instalado na estação central da Estrada de Ferro dom Pedro II.

Sua construção iniciou-se em 1855, no local onde estava anteriormente a Igreja de Sant'Ana. Inicialmente chamada de estação do Campo de Sant'Ana, depois estação da Corte e estação dom Pedro II, a estação teve seu nome novamente modificado após a proclamação da República, em 1889, passando a se chamar estação central da Estrada de Ferro Central do Brasil. Hoje, composta de 28 andares e uma torre de 134 m de altura possuindo um relógio que só perde em tamanho para o londrino Big Ben, a estação recebe diariamente cerca de 600 mil passageiros, vindos de todas as partes do Rio de Janeiro e do país.

MARCOLIN, N. A vida nos trilhos: estação Central do Brasil começou a ser construída há 150 anos. *Pesquisa Fapesp*, n. 112, jun. 2005.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

1. O quadro a seguir apresenta situações nas quais transformações de energia podem ser verificadas. Identifique a principal transformação de energia envolvida em cada quadro, orientando-se pelo texto.

Nadezhda V. Kulagina/
Shutterstock.com/ID/BR



O gatinho sofrerá uma queda se soltar a corda.



A erupção de um vulcão pode lançar lava a grandes distâncias. Vulcão Etna, Sicília, Itália. Foto de 2014



Ao empurrar a alavanca na lateral da lanterna, obtém-se corrente elétrica.



Os moinhos de vento se movimentam quando há vento soprando. Kinderdijk, Holanda. Foto de 2015

Christian Mueller/
Shutterstock.com/ID/BR

Resolução

Gato: pendurado a determinada altura, ele possui energia potencial gravitacional; ao soltar-se, sua energia potencial se transforma em cinética.

Vulcão em erupção: a altíssima temperatura em seu interior é responsável por explosões que arremessam matéria incandescente a grandes distâncias. A energia térmica é então transformada em energia cinética e em energia potencial gravitacional, adquirida pela matéria incandescente durante a subida.

Lanterna: a energia cinética fornecida pelo operador ao empurrar a alavanca acarreta o surgimento da corrente elétrica. Nesse caso, a energia cinética transforma-se em elétrica.

Moinhos de vento: a força dos ventos coloca os moinhos em movimento, evidenciando a transformação de energia cinética do vento (eólica) em energia cinética.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

2. Repita a tarefa proposta no exercício resolvido 1, considerando as situações a seguir.

Hänzel/Shutterstock.com/ID/BR



Os gêiseres são fontes de água quente que jorram da terra.



Painéis utilizados para aquecer água por meio da luz solar.

Maurício Simonetti/Shutterstock.com/ID/BR

3. A palavra energia tem origem grega, significando ação. Você concorda com essa associação? Dê um exemplo de situação envolvendo energia em que

não se possa identificar facilmente algum tipo de ação ou movimento.

4. Considerando os seres humanos, cite a principal fonte de energia utilizada na manutenção de suas vidas, explicando se é possível associar essa energia ao Sol.
5. Estabeleça associações de ideias entre a energia solar e cada um dos itens abaixo.
- Obtenção de calor ao se queimar lenha em um forno de padaria.
 - A roupa seca e passada a ferro.
 - O movimento de um barco a vela.
 - O papel de que são feitas as páginas do livro que você está lendo agora.

Usinas geradoras de eletricidade

Usinas hidrelétricas

O sucesso na instalação e na operação de uma usina hidrelétrica depende basicamente de dois fatores: grande disponibilidade de água (relacionada a um sistema climático caracterizado por chuvas constantes) e configuração de relevo que favoreça a formação de grandes quedas de água. Essas condições não estão presentes em todas as partes do planeta, de modo que a construção de usinas hidrelétricas é mais adequada em algumas regiões que em outras.

O Brasil é um país que apresenta condições favoráveis à implantação de usinas hidrelétricas em praticamente todas as suas regiões. Tanto é que a produção de eletricidade por meio desse tipo de usina no Brasil é marcante: em 2015, representava cerca de 62,5% da energia elétrica produzida no país.



Usina hidrelétrica de Itaipu. Foz do Iguaçu, PR. 22 nov. 2015.

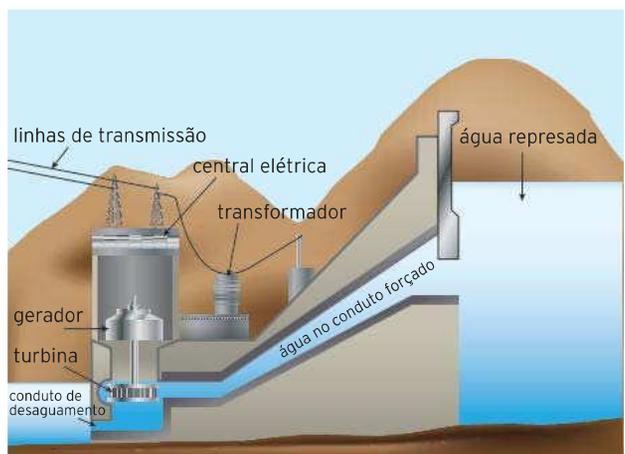
A energia elétrica proveniente das hidrelétricas está relacionada à grande **energia potencial gravitacional** da água represada. As barragens formam estoques de água que atingem grandes alturas, propiciando energia potencial gravitacional elevada. Tubulações denominadas **dutos forçados** (ou condutos forçados) permitem o escoamento da água em queda acentuada, de modo que sua grande energia potencial gravitacional se transforma em energia cinética.

O excedente de água é escoado rio abaixo através da **barreira de comportas**, que podem ser reguladas, controlando a quantidade de água que permanece estocada na barragem. Desse modo, pode-se garantir, dentro de certos limites, o funcionamento da usina mesmo em épocas de estiagem. Nas épocas de chuvas acentuadas, as comportas são abertas, impedindo o excesso de água na barragem e seu transbordamento.

O **vertedouro** permite que a água excedente escoe de maneira mais suave até encontrar o leito do rio, minimizando o impacto da sua queda direta, que poderia causar erosão acentuada e deterioração do solo próximo à barragem. Os vertedouros podem ser construídos como verdadeiras escadas gigantes (vertedouro em **degraus**) ou em forma de rampas, com sua extremidade final curvada para cima (vertedouros em **salto "esqui"**).

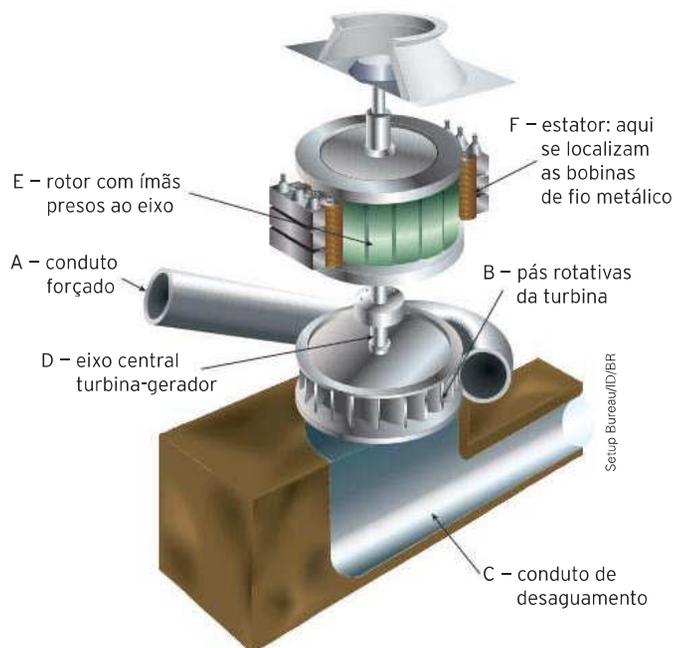
Esquema de funcionamento de uma usina hidrelétrica

Os princípios físicos presentes no funcionamento das usinas hidrelétricas são os mesmos para todas elas, ainda que possa haver diferenças em seus projetos de construção. O esquema a seguir apresenta um desses projetos, com seus principais elementos.



Esquema com os principais elementos envolvidos no funcionamento de uma usina hidrelétrica.

O esquema abaixo apresenta um modelo de turbina gerador de hidrelétrica, com a descrição de seu funcionamento.



Esquema de turbina e gerador de usina hidrelétrica.

A – A água entra e desce pelos condutos forçados, atinge grande velocidade, e sua energia potencial gravitacional é transformada em energia cinética.

B – Após a queda, a água encontra em seu caminho as pás da turbina. Essas pás estão ligadas a um grande eixo central, que é posto a girar com a passagem da água.

C – Após colidir com as pás e colocar a turbina em movimento, a água é conduzida novamente ao rio, pelos condutos de desagüamento.

D – O eixo da turbina, por sua vez, está ligado ao gerador. Quando a turbina é acionada, o eixo gira, e as partes do gerador que constituem o dínamo também giram.

E – Na outra extremidade do eixo, encontra-se o rotor, no qual estão presos grandes magnetos (ímãs), que giram com o movimento do eixo central.

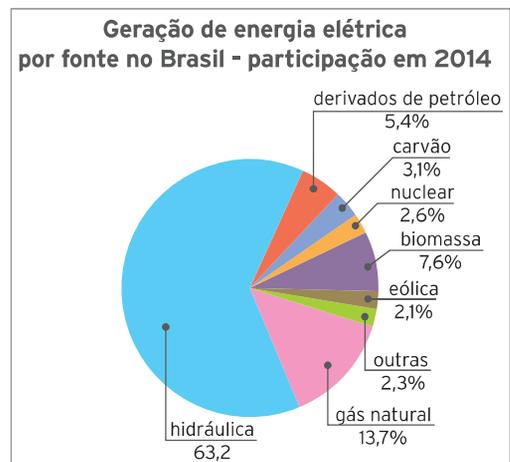
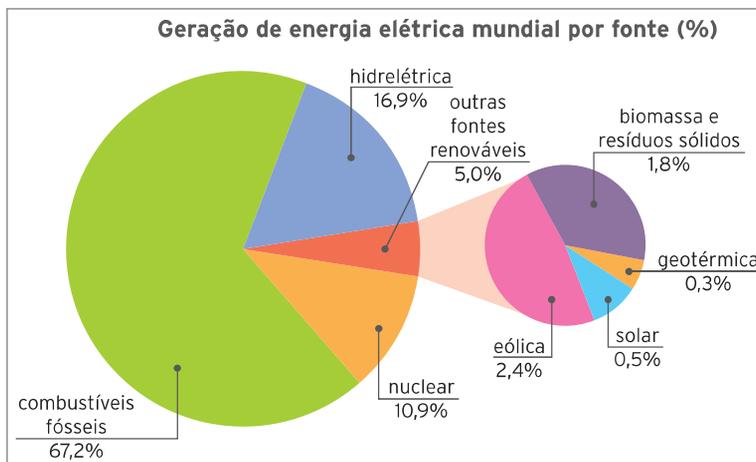
F – Em volta do rotor, localiza-se o estator, onde se encontram grandes bobinas de fios metálicos. Com o movimento dos magnetos, ocorre o fenômeno da indução eletromagnética, de modo que os elétrons presentes nos fios são postos em movimento, gerando intensas correntes elétricas.

As correntes elétricas resultantes são coletadas por cabos e levadas aos transformadores, onde as tensões são elevadas, e depois enviadas à central elétrica. Em seguida, são direcionadas para as linhas de transmissão, quando são enviadas aos centros consumidores, localizados muitas vezes a centenas ou milhares de quilômetros da usina geradora.

A energia de hidrelétricas no Brasil e no mundo

Além das usinas hidrelétricas, há diversas outras maneiras de obtenção de eletricidade, como será visto mais adiante. Mas as usinas hidrelétricas têm participação importante na produção mundial de energia elétrica.

Os dois gráficos a seguir mostram a oferta de eletricidade em função da fonte energética utilizada em sua produção. Ao analisá-los, pode-se notar a marcante diferença entre os dados do Brasil e do mundo, como um todo.



Fonte de pesquisa: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015 – EPE, ano-base 2014, p. 37.

Fonte de pesquisa: Balanço Energético Nacional - BEN 2015; Elaboração: EPE

Com tal oferta de energia obtida em hidrelétricas, o Brasil ocupa uma das primeiras posições na produção mundial nessa modalidade. A tabela a seguir apresenta os principais países produtores de energia em 2013.

Além de poder ser utilizada com relativa facilidade em situações em que há condições naturais favoráveis, a energia elétrica gerada por usinas hidrelétricas apresenta custos relativamente baixos em termos de produção comparados aos dos demais tipos de fontes de energia elétrica.

Geração de energia elétrica por usinas hidrelétricas em 2013 – principais países (TW · h = 1 terawatt · hora = 1 · 10 ⁹ kW · h)												
Produtores											Demais países	Total
	1. China	2. Canadá	3. Brasil	4. EUA	5. Rússia	6. Índia	7. Noruega	8. Japão	9. Venezuela	10. França		
TW · h	920	392	391	290	183	142	129	85	84	76	1 182	3 874
% mundial	23,8	10,1	10,1	7,5	4,7	3,7	3,3	2,2	2,2	2,0	30,4	100

Fonte de pesquisa: Key World Energy Statistics, OCDE-IEA, 2015, p. 19.

Outro problema natural que precisa ser equacionado quando um país de grandes dimensões territoriais (como o Brasil) prioriza a produção de energia elétrica por meio de usinas hidrelétricas é a diversificação de períodos de chuva e estiagem em suas diversas regiões. No caso brasileiro, por exemplo, pode haver chuvas demais no Sul e falta delas no Nordeste. Por isso, o Brasil já opera no chamado Sistema Interligado Nacional (SIN): as redes de distribuição de eletricidade são interligadas entre si, de modo que a demanda de energia elétrica em determinada região em época de estiagem pode ser suprida pela energia elétrica oriunda de centros onde ocorreram chuvas.

A energia solar e a obtenção de energia elétrica

No interior do Sol, o elemento químico hidrogênio, encontrado em abundância, é submetido continuamente à **fusão nuclear**, sendo transformado em hélio e liberando imensa quantidade de energia.

Estima-se que o Sol irradie uma potência da ordem de 390 sextilhões de watts (ou $390 \cdot 10^{21}$ W), em todas as direções do espaço. Apenas uma pequena parte dessa energia chega à Terra. Se essa parte da energia solar fosse completamente transformada em energia elétrica, toda a demanda mundial por esse tipo de energia seria suprida por longo período de tempo. Cálculos apontam que a energia solar recebida na Terra a cada ano equivale a cerca de 10 mil vezes o consumo mundial anual de energia elétrica.

Nem toda a energia solar, porém, está ao alcance da humanidade. A radiação solar que atinge as altas camadas da atmosfera, em direção perpendicular, tem intensidade de $1\,370$ W/m². Uma parte dessa energia é refletida para o espaço, outra parte é absorvida, e a parte que finalmente chega à superfície, em regiões intertropicais, tem intensidade próxima de 1 kW/m². Como média diária anual, o valor aproximado é 200 W/m².

A energia solar que chega à superfície é aproveitada diretamente pelo ser humano de duas maneiras principais: aquecimento (por meio dos aquecedores de água) e geração de eletricidade.

Tipos de usina à base de energia solar

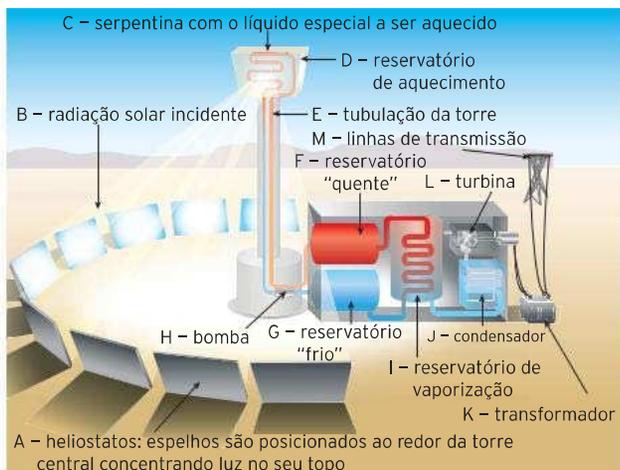
O aproveitamento da energia solar na geração de eletricidade é feito por dois processos: torres de concentração de luz solar ou plantas de painéis fotovoltaicos.

Usina de concentração de energia solar	Usina solar fotovoltaica
	
<p>Usina solar em Barstow, Califórnia, EUA, com 1 818 espelhos que focalizam a luz solar em uma torre central. As usinas de concentração de energia solar utilizam arranjos de espelhos em formação circular ao redor de uma torre central. Com isso, é possível aquecer a água a ponto de evaporá-la, e o vapor faz girar o eixo da turbina – o restante do processo é idêntico ao das usinas hidrelétricas. Foto de 2005.</p>	<p>Central solar fotovoltaica de Amareleja, Moura, Portugal. Com capacidade de produção de 93 GWh/ano, é uma das maiores usinas desse tipo no mundo. Foto de 2008. As usinas de conversão fotovoltaica utilizam painéis capazes de converter diretamente a energia solar em eletricidade por meio do efeito fotoelétrico (fenômeno que foi mencionado no livro 2 e que será estudado em detalhes no capítulo 9 deste livro). Esse sistema apresenta baixo índice de conversão de energia solar em energia elétrica. O recorde de conversão, batido recentemente, foi pouco além dos 30%.</p>

Essas usinas não funcionam à noite, e seu rendimento é prejudicado em dias nublados ou chuvosos. Além disso, a radiação solar varia conforme as estações climáticas do ano, de modo que nem todas as regiões do planeta apresentam condições favoráveis à implantação de usinas solares.

Esquema de funcionamento de uma usina solar

As usinas solares de concentração de luz funcionam com dínamos, à semelhança de uma usina hidrelétrica, como se vê neste esquema.



Larry MacDougall/AP Photo/Glowimages

Esquema de usina solar.

Detalhe da torre da Usina Solar Two, na Califórnia, EUA. Foto de 2014.

Para que o dínamo seja acionado, inicialmente a energia solar é concentrada por um conjunto numeroso de espelhos, os heliostatos (A), dispostos ao redor de uma torre central, como mostrado no esquema.

A luz solar incidente (B) é focalizada no reservatório (D) no alto da torre, no qual há uma serpentina (C) preenchida com um líquido com alta capacidade térmica, que é aquecido.

Esse líquido circula pela tubulação da torre (E) até atingir o reservatório "quente" (F), onde passará pela serpentina do reservatório de vaporização (I), voltando em seguida mais frio para outro reservatório (G), sendo bombeado (H) de volta ao topo da torre.

No reservatório de vaporização, normalmente preenchido com água, o líquido térmico troca calor com a água, aquecendo-a até que ela se transforme em vapor sob alta pressão. Esse vapor é então direcionado à turbina (L), onde acionará o eixo do gerador elétrico.

Após isso, o vapor é resfriado no condensador (J), transformando-se novamente em água líquida, realimentando o ciclo. O acionamento do gerador produz eletricidade, que passa por um transformador (K) e é direcionada às linhas de transmissão (M), que a conduzirão finalmente aos centros consumidores.

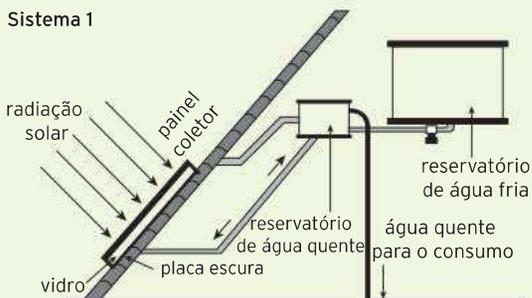
As usinas que utilizam painéis fotovoltaicos fazem a conversão de energia solar diretamente em energia elétrica. Para isso, os painéis são recobertos de material semicondutor, normalmente à base de silício dotado de fósforo. O rendimento na conversão de energia nesse caso ainda é baixo. Com o avanço tecnológico, porém, sua eficiência deverá aumentar.

Com isso, poderá ser garantido o acesso à energia barata e praticamente inesgotável a cada vez mais pessoas, mesmo em localidades distantes dos grandes centros urbanos.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

6. As ilustrações a seguir mostram uma forma de aproveitamento da energia solar. Em ambos os sistemas há um painel solar, indicando que a energia solar será utilizada para aquecimento ou fornecimento de energia elétrica. Analise-os atentamente e faça o que se pede a seguir.

Sistema 1



Fonte de pesquisa: Adaptado de PALZ, W. *Energia solar e fontes alternativas*. São Paulo: Hemus, 1981.

Ilustrações: Setup Bureau/ID/BR

Sistema 2



- Identifique qual dos sistemas é utilizado para aquecimento e qual é utilizado para a obtenção de eletricidade. Aponte um elemento em cada sistema que facilite essa identificação.
- Descreva, de maneira simplificada, o funcionamento de cada sistema.
- Verifique qual desses sistemas tem seu uso mais difundido atualmente e exponha a razão pela qual se dá essa diferença no uso desses dois sistemas.

Resolução

- a) O sistema **1** está relacionado ao aquecimento da água pela energia solar. A presença dos reservatórios de água auxilia na identificação. O sistema **2** está associado à obtenção de energia elétrica. Isso pode ser facilmente identificado pela presença do jogo de baterias e de tomadas elétricas.
- b) Sistema **1** – a energia solar incide no painel coletor. Este absorve a energia incidente e aquece a água presente na tubulação localizada logo abaixo dele. A água quente torna-se menos densa e é então empurrada tubulação acima pela diferença de densidade entre ela e a água fria. Desse modo, a água circula pelo sistema, e a caixa de água passa a conter água aquecida.
- Sistema **2** – a energia solar incide nos painéis coletores. Estes são dotados de células que convertem a energia luminosa diretamente em energia elétrica (efeito fotoelétrico), alimentando as baterias. A tensão elétrica das baterias é então elevada pelo inversor e aplicada às tomadas, que alimentarão outros aparelhos.
- c) Os aquecedores solares de água têm seu uso mais difundido devido a seu custo mais baixo e sua maior eficiência energética.

7. Um painel solar deverá ser utilizado para fornecimento de energia elétrica, suprimindo o funcionamento de um chuveiro de potência 4 kW. A intensidade (potência por unidade de área) da radiação solar que incide na superfície da Terra é $1,0 \text{ kW/m}^2$, e a eficiência de conversão desse painel, 15%. Calcule a área do painel para que ele consiga alimentar satisfatoriamente esse chuveiro, considerando boas as condições de iluminação solar durante o seu funcionamento. Comente o resultado encontrado.

Resolução

A porcentagem da radiação solar incidente que é efetivamente convertida em eletricidade é 15%, ou seja:

$$I_{ef} = 0,15 \cdot I_{total} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{ef} = 0,15 \cdot 1\,000 \text{ W/m}^2 = 150 \text{ W/m}^2$$

Então, tem-se:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow 150 = \frac{4\,000}{A} \Rightarrow A = \frac{4\,000}{150} = 26,7 \text{ m}^2$$

Essa área cobriria todo o telhado da casa, considerando uma área aproximada de $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$, e funcionaria somente para alimentar o chuveiro. Dado que o funcionamento das fotocélulas não ocorre à noite e é pouco eficiente em dias de baixa luminosidade, o projeto não é energeticamente viável. Além disso, o custo de fabricação desses painéis é elevado.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

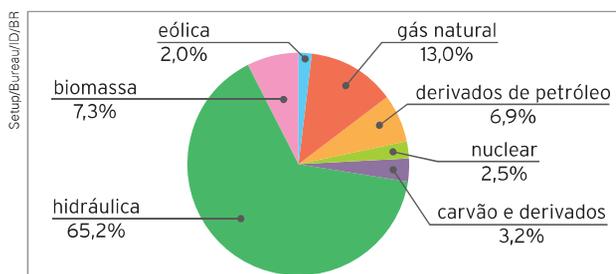
8. A fotografia a seguir, de 2007, mostra detalhe da usina hidrelétrica de Marimbondo, construída nos anos 1970, na cidade de Fronteira, em Minas Gerais. Analise a imagem e faça o que é proposto a seguir.



Thomas Vira Neto/Pulsar Imagens

- a) Faça um esquema representando a foto e localize nele a barragem e os dutos forçados.
- b) De acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica, a potência dessa usina é 1 440 MW. Considerando que cada conduto forçado alimenta apenas uma unidade geradora, calcule a potência elétrica de cada unidade.
9. Refaça os cálculos do exercício resolvido 7, considerando a eficiência de conversão de energia das células fotovoltaicas igual a 50% e a necessidade de alimentar, além do chuveiro (4 kW), uma geladeira (300 W), cinco lâmpadas (100 W cada uma) e um ferro de passar roupas (1 kW).

10. O gráfico a seguir mostra a distribuição das fontes de geração de energia elétrica no Brasil em 2014.



Fonte de pesquisa: Relatório BEN 2015, p. 16. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf>. Acesso em: 4 maio 2016.

- a) Identifique a principal fonte utilizada na geração de energia elétrica no país.
- b) Elabore um texto simples justificando a presença marcante dessa fonte.
- c) Faça uma lista das principais vantagens e desvantagens dessa fonte de energia.
11. Considerando a área do telhado de uma casa popular próxima de 30 m^2 , calcule a potência máxima que ela poderia gerar nas condições de conversão de energia do exercício 9. Responda se essa potência poderia suprir a energia elétrica consumida por uma família com quatro pessoas.

Usinas termelétricas

As usinas termelétricas produzem eletricidade por acionamento de geradores elétricos, como nas hidrelétricas e nas usinas solares. Assim como nas solares, é produzido **vapor sob alta pressão** para mover as pás das turbinas. No entanto, as termelétricas diferem das usinas de concentração solar no que diz respeito à energia inicial introduzida no processo.

As usinas solares utilizam energia solar, que é convertida em calor para a obtenção de vapor a altas pressões. Já as usinas termelétricas usam combustível, que, ao ser queimado, libera grande quantidade de calor, o qual aquece e vaporiza a água em uma caldeira. O vapor, então, aciona as turbinas. O restante do processo é similar ao das hidrelétricas e das usinas de concentração solar.

Após passar pela turbina, o vapor atravessa uma tubulação, onde é condensado (torna-se líquido novamente) e depois direcionado por uma bomba até a caldeira, dando início a um novo ciclo.

Desse modo, as usinas termelétricas utilizam a energia presente inicialmente nos combustíveis (energia química), armazenada nas ligações entre os átomos que os compõem e que é liberada no processo de combustão.



Usina termelétrica Yallourn W, em Victoria, Austrália, 2015.

Para potencializar o rendimento dessas usinas, são usados combustíveis com alto poder calórico, capazes de liberar grande quantidade de energia térmica ao sofrerem combustão. Em geral, são **combustíveis fósseis** (petróleo, carvão natural, gás natural), que comportam alto teor de carbono. Ao serem queimados, esses combustíveis liberam na atmosfera material particulado e gases que aumentam consideravelmente a poluição atmosférica e contribuem para o aumento do efeito estufa.

Por serem compactas, essas usinas podem ser instaladas de maneira rápida e relativamente simples, em comparação às usinas hidrelétricas e mesmo às usinas solares. Em países cujas condições naturais não favorecem a construção de hidrelétricas, as termelétricas são uma opção viável para a obtenção de energia elétrica.

A operação de uma termelétrica, contudo, está sujeita à disponibilidade de combustíveis, a qual é limitada pelos altos custos de produção e de distribuição, considerando-se os fatos de não serem recursos renováveis (as reservas mundiais um dia se esgotarão) e de exigirem a instalação de oleodutos ou gasodutos. Associa-se a isso a desvantagem de ser poluente (veja o box ao lado).

O Brasil possui usinas termelétricas em vários estados, mas algumas delas funcionam apenas quando há necessidade de suprimento extra de energia elétrica, em momentos críticos do fornecimento de eletricidade pelas usinas hidrelétricas.

PARA REFLETIR

Impactos ambientais das termelétricas

Devido à queima de combustíveis fósseis, as termelétricas emitem nuvens poluentes diretamente na atmosfera. Essa queima libera, além de partículas, dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre (SO_2), que são lançados continuamente na atmosfera.

Além da degradação das condições do ar respirável, esses poluentes contribuem para o aumento do efeito estufa (principalmente pelo CO_2) e para a intensificação das chuvas ácidas (pelo SO_2).

A água fria utilizada no resfriamento dos sistemas da termelétrica provém de um rio, lago ou braço de mar nas proximidades da usina. Essa fonte recebe de volta água mais quente do que quando foi retirada. Isso leva a alterações significativas nos ecossistemas locais, causando danos ao meio ambiente.

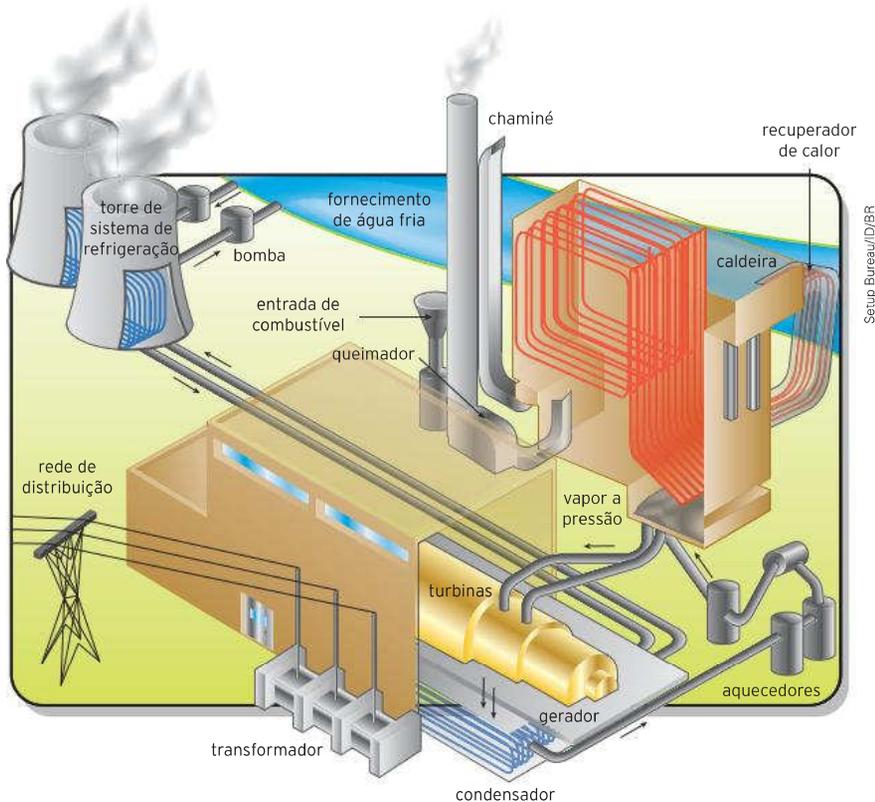
O microclima do local também é afetado com a ligeira elevação da temperatura média do local em que a usina é instalada. A chuva ácida pode alterar as condições da água, elevando o teor de acidez, que também altera a vida aquática. Outras consequências da chuva ácida podem ser percebidas nas cidades, como a corrosão de construções e monumentos.

1. Com tantos aspectos negativos do ponto de vista ambiental, o que justifica a instalação de uma usina termelétrica em determinada localidade?

Funcionamento de uma usina termelétrica

À semelhança das hidrelétricas, as usinas termelétricas possuem um sistema de turbinas e geradores que precisam ser movimentados para a geração de eletricidade. Seu acionamento se dá por meio de vapor pressurizado, como em uma usina solar. Os impactos ambientais, no entanto, são muito mais facilmente percebidos.

O esquema a seguir mostra que o combustível é inserido no reservatório queimador, onde entrará em combustão, liberando calor. A fumaça resultante dessa queima é liberada pelas chaminés diretamente na atmosfera.



Esquema de usina termelétrica. Imagem fora de escala e em cores-fantasia.

Com o calor liberado na combustão, aquece-se a água circulante na tubulação do interior da caldeira. Assim, a água se transforma em vapor, que, devido a sua alta temperatura, exerce violenta pressão nas paredes da tubulação. Esse vapor a alta pressão é então direcionado às turbinas, empurrando suas pás e movendo seu eixo central.

Com a movimentação do eixo das turbinas, move-se também a parte central do gerador, onde são colocados os grandes magnetos. Devido a esse movimento, passa a ocorrer indução eletromagnética, gerando correntes elétricas nas bobinas do corpo do gerador.

Tais correntes elétricas são conduzidas por cabos aos transformadores e posteriormente à rede de distribuição, que possibilitará a transmissão dessa eletricidade aos centros consumidores, geralmente distantes dali.

Enquanto isso, o vapor, após passar pela turbina, atravessa a câmara de condensação, onde uma tubulação secundária o resfria, transformando-o novamente em água líquida, a qual retornará à caldeira, realimentando o processo.

Nessa tubulação secundária do condensador também circula água, que, após resfriar o vapor, é levada para as torres de refrigeração, para acelerar seu resfriamento. Após isso, a água é devolvida ao local de onde foi retirada. Dependendo da localização da usina, essa água poderá ser retirada de tanques ou diretamente de rios ou do mar.

PARA DEBATER

Usina de Belo Monte

O reservatório da Usina Hidrelétrica Belo Monte já pode começar a ser enchido pela Norte Energia, concessionária responsável pelo empreendimento. [...] A previsão é de que a usina comece a gerar de forma mais intensa a partir de março de 2016, quando se espera o início da operação da Casa de Força Principal (Sítio Belo Monte), que responderá por 97% da energia do empreendimento. Os outros 3% estão localizados na Casa de Força Auxiliar (Sítio Pimental).

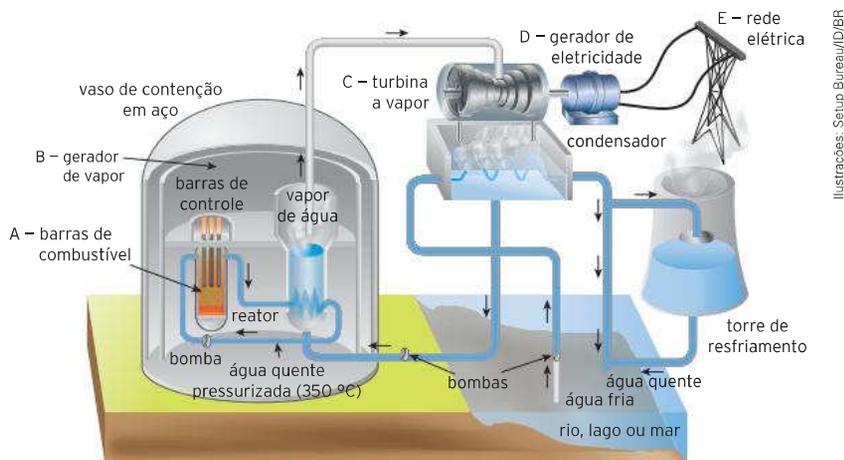
Até 2019, quando a usina deverá estar totalmente concluída, Belo Monte terá uma capacidade instalada de 11 233 MW, e uma geração efetiva de 4 571 MW médios, pois irá gerar a plena carga no período das chuvas e reduzir a produção no período da seca, já que seu reservatório foi reduzido no projeto final da usina para reduzir o impacto ambiental do projeto anterior e assegurar que não seria inundada nenhuma terra indígena. [...]

Emep. Disponível em: <<http://www.emep.eng.br/noticias/ibama-autoriza-enchimento-de-belo-monte-25111220>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

1. Belo Monte estará listada entre as cinco maiores hidrelétricas do mundo e será capaz de produzir energia para atender a demanda de até 60 milhões de pessoas e alavancar o crescimento do país. No entanto, seu projeto é bastante polêmico e está sendo combatido até agora por muitos setores da sociedade. Pesquise e debata com seus colegas as vantagens e desvantagens da construção dessa usina e aponte algumas alternativas que poderiam evitar sua construção.

Usinas nucleares

As usinas ou centrais nucleares, ou usinas nucleoeletricas, usam energia nuclear para a produção de eletricidade. A liberação da energia térmica que aquece o líquido que gera vapor a alta pressão é induzida, nas termelétricas, por um processo de combustão (reação química), enquanto nas usinas nucleares depende de um processo de **fissão nuclear** (reações que ocorrem no núcleo do átomo). O esquema a seguir mostra as etapas do funcionamento de uma usina nuclear típica.



Esquema, fora de escala e em cores-fantasia, de uma usina nuclear.

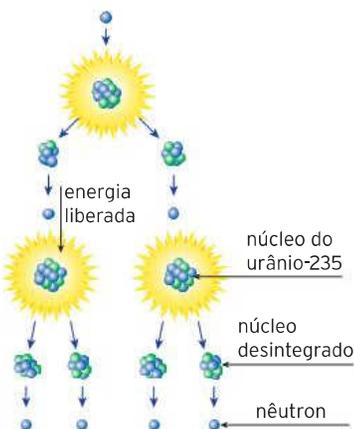
As barras de combustível nuclear (urânio ou plutônio), dentro do núcleo do reator, são bombardeadas com nêutrons, dando início à fissão nuclear (A).

O processo de fissão consiste na “quebra” desses núcleos atômicos pesados. A cada núcleo “quebrado”, um montante de energia é liberado, juntamente com nêutrons velozes. Esses nêutrons “quebram” outros núcleos atômicos e liberam mais energia e outros nêutrons, que, por sua vez, “quebram” outros, gerando o ciclo denominado **reação em cadeia** (ver esquema ao lado).

A energia liberada na fissão é absorvida por um líquido, que é aquecido rapidamente. Na câmara geradora de vapor (B), a água é vaporizada e direcionada às turbinas (C). Por sua alta pressão, o vapor é capaz de mover as pás das turbinas, acionando o gerador (D) e produzindo eletricidade, que é levada pela rede elétrica (E) aos centros consumidores distantes da usina. A refrigeração final do sistema é semelhante à que ocorre em uma termelétrica.

O núcleo do reator exige monitoramento constante. Barras de atenuação são inseridas para absorver os nêutrons livres e, assim, controlar a reação nuclear. Sem esse controle, ocorreria um aquecimento descomunal, o que poderia levar à explosão e ao rompimento das paredes do núcleo. Quando isso acontece, além da grande destruição local, nuvens de vapor altamente radioativo são liberadas na atmosfera, contaminando o ambiente. Com a ação dos ventos, essas nuvens são conduzidas a locais mais distantes, ampliando o raio de contaminação.

A alta sofisticação tecnológica envolvida na construção e na operação segura de uma usina nuclear tem impacto direto em seu custo final, o que a torna uma das formas mais caras de geração de eletricidade.



Esquema, sem escala e em cores-fantasia, da reação em cadeia da fissão nuclear.

PARA REFLETIR

O acidente nuclear na Central de Fukushima Daiichi

No dia 11 de março de 2011, o Nordeste do Japão foi atingido por um terremoto de 9 graus na escala Richter. [...] A maior parte das construções e todas as instalações industriais com riscos de explosões e liberação de produtos tóxicos ao meio ambiente [...] colapsaram imediatamente, causando milhares de mortes e dano ambiental ainda não totalmente quantificado. Mas as 14 usinas nucleares das três centrais da região afetada resistiram às titânicas forças liberadas pela Natureza. Todas desligaram automaticamente e se colocaram em modo seguro de resfriamento com diesel-geradores, após ter sido perdida toda a alimentação elétrica externa.

A onda gigante (tsunami) que se seguiu ao evento inviabilizou todo o sistema diesel de emergência destinado à refrigeração de 4 reatores da Central Fukushima-Daiichi e os levou ao *status* de grave acidente nuclear, com perda total dos 4 reatores envolvidos, devido ao derretimento dos seus núcleos e com liberação de radioatividade para o meio ambiente após explosões de hidrogênio, porém sem vítimas devido ao acidente nuclear.(...)

Eletrobras. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/Saibamais/Perguntasfrequentes/TemasgeraisoacidentenaCentraldeFukushima.aspx>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

1. Você acredita que o Brasil está preparado para uma ocorrência de um acidente nuclear em uma de nossas duas usinas atualmente em operação?

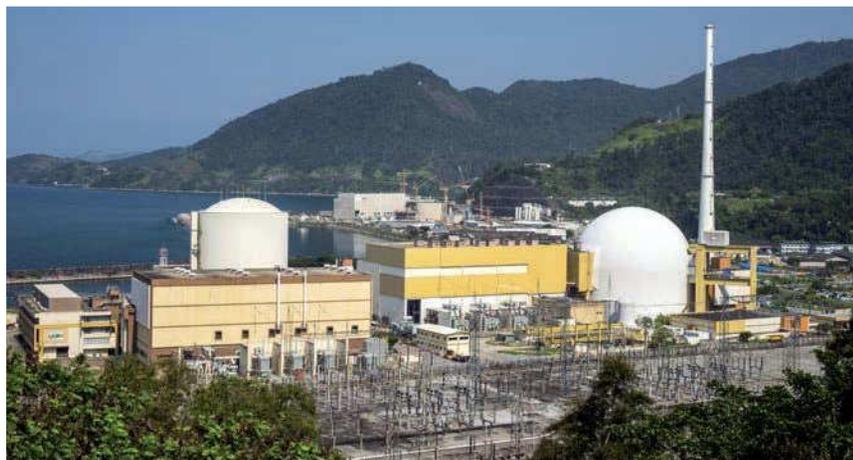
A energia nuclear no Brasil

No final dos anos 1960 e começo dos anos 1970, o governo brasileiro planejava construir três usinas nucleares, que deveriam entrar em funcionamento no final da década de 1970. Um acordo firmado entre o governo brasileiro, ainda durante o regime militar, e o governo da antiga Alemanha Ocidental permitiria a compra de equipamentos e a transferência de tecnologia para que o Brasil pudesse se tornar posteriormente autônomo nessa área.

A justificativa utilizada na época para a assinatura do acordo e a construção dessas usinas baseava-se na urgência de se ter uma fonte alternativa de produção de eletricidade, pois o país corria o risco de não ter como gerar energia apenas por meio de usinas hidrelétricas em quantidade suficiente para suprir a crescente demanda. Curiosamente, a época em que se previa o início do funcionamento das usinas nucleares coincide com a da construção de Itaipu, umas das maiores usinas hidrelétricas do mundo.

Para a construção dessas três usinas nucleares, foi escolhida uma bela enseada na cidade de Angra dos Reis, no litoral do estado do Rio de Janeiro. A proximidade do mar, as montanhas ao fundo e a curta distância aos grandes centros consumidores, em particular às cidades de São Paulo e do Rio de Janeiro, foram argumentos decisivos.

Desde aquela época, os orçamentos iniciais para a construção das três usinas já foram revistos e ampliados diversas vezes, sem que o projeto tenha chegado ao final. Duas usinas já foram construídas (Angra 1 e Angra 2). Angra 3 começou a ser construída em 2010 e a previsão é que entre em funcionamento em 2018, segundo a Eletronuclear.



Maurício Simonetti/Pulsar Imagens

Vista de cima das usinas que compõem a CNAAA - Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto. Angra dos Reis, RJ. Foto de 2015.

A energia elétrica produzida pelas centrais nucleares em funcionamento (Angra 1 e Angra 2) responde por menos de 3% da energia elétrica total produzida no país. Em países como a França, por exemplo, a produção de eletricidade em usinas nucleares responde por quase 80% da energia elétrica total produzida no país. A tabela abaixo mostra os principais países que utilizam essa modalidade de produção de eletricidade.

Centrais nucleares (porcentagem da produção doméstica de eletricidade)									
1. França	2. Suécia	3. Ucrânia	4. Coreia	5. Reino Unido	6. EUA	7. Rússia	8. Canadá	28. Brasil	Mundo
74,7%	43,4%	43%	25,8%	19,8%	19,2%	16,3%	15,8%	2,9%	10,6%

Fonte de pesquisa: Key World Energy Statistics, 2015, p. 17, International Energy Agency (IEA), ano-base 2013. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld_Statistics_2015.pdf>. Acesso em: 4 maio 2016.

PARA REFLETIR

O Brasil pretende desenvolver e explorar a tecnologia que lhe possibilite dominar todo o ciclo de produção do combustível nuclear utilizado nas usinas para produzir eletricidade. Isso lhe permitiria também desenvolver submarinos nucleares, que podem fazer longas viagens com economia de combustível. Organismos internacionais e países que se opõem a isso afirmam que o domínio dessas técnicas proporciona a construção de bombas atômicas.

1. Em sua opinião, o Brasil deve investir no desenvolvimento dessas técnicas? Justifique sua escolha com argumentos.

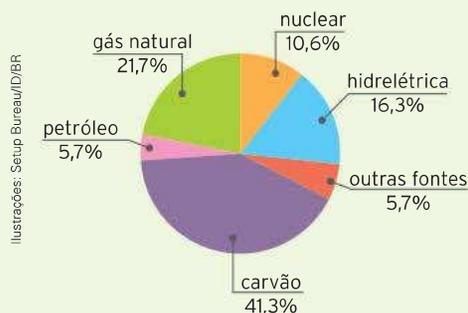
EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

12. Usinas hidrelétricas, termelétricas, de concentração de luz solar e nucleares têm um fator em comum. Identifique esse fator e comente a respeito.

Resolução

As quatro modalidades de usina têm em comum a necessidade de acionamento de um gerador por meio de uma turbina. O que difere uma da outra é a maneira como essa turbina é acionada: enquanto a hidrelétrica tem acionamento direto pela água, sem uso de combustível de nenhuma espécie, os outros tipos de usina devem produzir vapor pressurizado, que induz o acionamento da turbina.

13. O gráfico a seguir mostra dados de obtenção de eletricidade por fonte, em escala global.



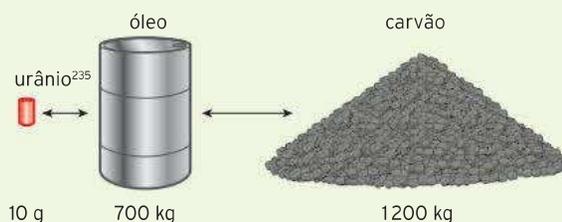
Fonte de pesquisa: International Energy Agency Statistics (OCDE/IEA). *Key World Energy Statistics 2015*. p. 24. Dados de 2013.

- a) Identifique, com base no gráfico, as duas principais fontes mundiais de obtenção de energia para a geração de eletricidade.
- b) Associe às duas fontes uma modalidade de usina de geração de eletricidade. Justifique.

Resolução

- a) As duas principais fontes mostradas no gráfico são o carvão e o gás natural, que respondem por 63% da produção global.
- b) Essas duas fontes devem estar associadas a usinas termelétricas, que as utilizam como combustível em seus processos de geração de eletricidade.

14. Observe o esquema a seguir, no qual são mostrados valores de massa de alguns combustíveis para os quais se obtém o mesmo valor de energia.



Esquema fora de escala e em cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). *Energia Nuclear* – apostila educativa. p. 15.

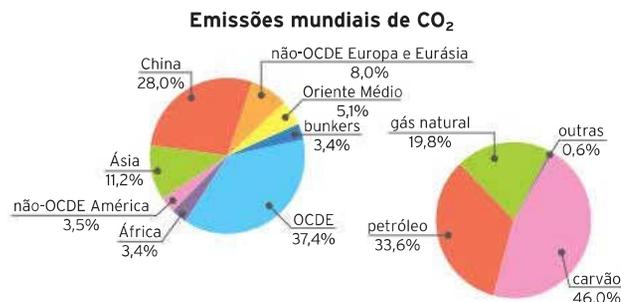
Explique a relação apresentada no esquema.

Resolução

A ideia do esquema é mostrar a altíssima eficiência de uma central nuclear comparada à de uma central termelétrica, por exemplo. Dessa forma, é apresentada a informação de que 10 g de urânio-235 contêm o mesmo potencial de liberação de energia que 700 kg de óleo combustível ou 1 200 kg de carvão.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

15. Diferencie o funcionamento de uma usina de concentração de luz solar e o de uma usina fotovoltaica.
16. Analisando novamente o gráfico apresentado no exercício resolvido 13, identifique a produção de eletricidade global por meio de hidrelétricas e compare com a produção brasileira, apresentada no texto do capítulo. Enuncie ao menos duas razões que justifiquem, ainda que parcialmente, essa diferença entre o Brasil e o restante do globo.
17. Retorne ao exercício resolvido 14. Caso se disponha de uma reserva de urânio de 1 tonelada, determine a quantos quilogramas de carvão isso corresponderá.
18. As emissões mundiais de CO₂ por fonte de combustível e por região do globo são apresentadas nos gráficos a seguir.



Fonte de pesquisa: IEA. *Key World Energy Statistics 2015*, p. 44 e 45. Dados de 2013.

- a) Identifique, de acordo com os dados dos gráficos, as duas maiores fontes de emissão de CO₂ e o maior emissor desses resíduos.
- b) Das usinas estudadas até agora, identifique uma que esteja mais diretamente ligada a essas emissões.

Usinas eólicas

Uma das primeiras utilizações humanas da energia eólica foram as embarcações a vela, que, impelidas pelos ventos, permitiram a navegadores de várias civilizações sair em jornadas mar afora.

Outra antiga aplicação da energia eólica são os moinhos de vento, que usam o vento como fonte de energia para movimentar mecanismos de moagem de grãos, condução de água dos rios e levantamento de cargas.



Embarcação típica do litoral do Nordeste brasileiro, a jangada utiliza a energia dos ventos para navegar. Jijoca de Jericoacoara, CE. Foto de 2009.



Moinhos de vento em La Mancha, Espanha, imortalizados na obra *Dom Quixote*, de Miguel de Cervantes. Foto de 2014.

A utilização da energia dos ventos para a obtenção de eletricidade é bem mais recente. Correntes de ar de alta velocidade movem grandes pás, como abas de um enorme cata-vento, também chamado **aerogerador**. Ao girarem, essas pás movimentam o eixo de um gerador elétrico, produzindo eletricidade por meio de indução eletromagnética, que é captada por uma central e direcionada aos centros consumidores.

Ao atingir as pás, o vento inicia o movimento de rotação do cubo do rotor, que aciona o eixo principal (baixa velocidade). Este aciona um eixo secundário (alta velocidade), que amplifica o movimento rotativo. Um gerador é então acionado, produzindo eletricidade. A energia elétrica é coletada por cabos e levada a transformadores, que depois a direcionam aos centros consumidores.

A geração de energia eólica em larga escala apresenta dificuldades, porque exige, além de ventos fortes e constantes no local, a instalação de vários e enormes cata-ventos.

O uso de energia eólica é considerado uma das formas mais limpas de obtenção de energia elétrica, pois não implica emissão de poluentes no solo, na atmosfera ou na água. No entanto, os grandes conjuntos de cata-ventos geram poluição sonora significativa e, por isso, são instalados longe de comunidades urbanas.

Há também estudos afirmando que as pás dos cata-ventos podem, em determinadas localidades, interferir na rota migratória de bandos de aves.



Detalhe de aerogeradores do parque eólico de Osório, RS. Foto de 2014.

AÇÃO E CIDADANIA

Brasil, um país verde!

O Brasil reúne condições para a exploração de fontes renováveis de energia em diversas modalidades, como hidrelétrica, eólica e energia de marés, de biomassa (bagaço de cana, por exemplo) e de biocombustíveis (entre eles, o gás obtido em biodigestores e o biodiesel). Por isso, é apontado como país de vanguarda na questão energética mundial. O Nordeste brasileiro apresenta condições privilegiadas para a utilização da energia solar.

Por serem renováveis e menos poluentes, essas fontes de energia são chamadas de “verdes”. O Brasil é, portanto, um país com grande potencial para ser sempre “verde” no que se refere à questão energética.

1. Quais as atitudes “verdes” que você toma no seu dia a dia com relação ao consumo de energia?

PARA REFLETIR

Energia eólica no Brasil e no mundo

O Brasil conta com alguns parques de aerogeradores espalhados pelo território. Como no restante do mundo, entretanto, a energia eólica ainda é pouco explorada no país. A tabela abaixo mostra a participação brasileira na produção mundial de energia elétrica por meio de energia eólica.

Energia eólica (porcentagem em MW de potência instalada) – 2014

1. China	31%
2. EUA	17,8%
3. Alemanha	10,6%
4. Espanha	6,2%
5. Índia	6,1%
10. Brasil	1,6%

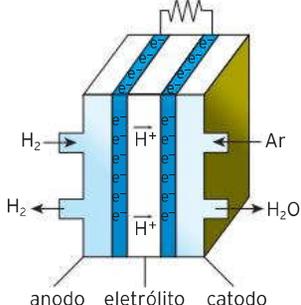
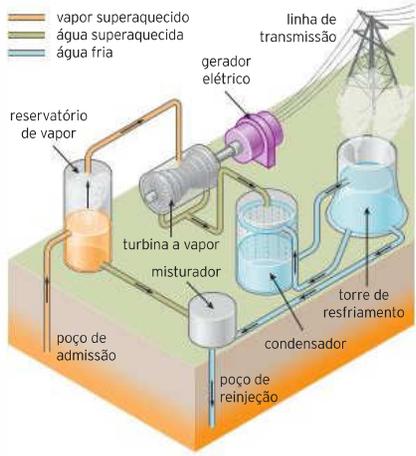
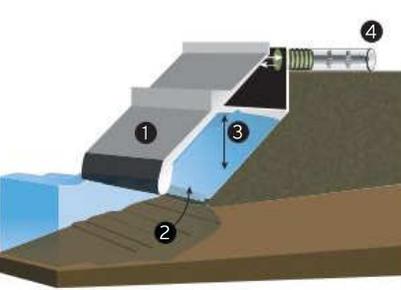
Fonte de pesquisa disponível em: GWEC – Global Wind Report / Annual Market Update 2014, p. 8

Fontes alternativas de energia

A crescente demanda mundial por energia, associada à pressão por formas de geração menos degradantes, tem levado os pesquisadores a buscar novas formas de obtenção de energia.

A energia solar e a eólica são consideradas energias alternativas em determinados países. Em outros, as chamadas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), de capacidade menor que 30 MW, capazes de fornecer energia elétrica para pequenas comunidades, também recebem o rótulo de alternativas.

Algumas das energias alternativas têm ganhado cada vez mais destaque devido às possibilidades de utilização futura.

Biodiesel	Etanol de cana-de-açúcar e biomassa	Células de hidrogênio
 <p>Óleos obtidos de sementes (de soja, girassol, algodão, amendoim, mamona, etc.) são postos a reagir com álcool, gerando um óleo combustível com alto poder calorífico (cerca de 9 500 kcal/kg) – o biodiesel.</p>	 <p>O etanol é um combustível cuja matéria-prima é a cana-de-açúcar. Ele é utilizado para aquecer o líquido em caldeiras de usinas termelétricas e como combustível de veículos. Além de produzir etanol, o próprio bagaço da cana é utilizado como combustível em caldeiras. A queima do etanol e do bagaço libera gás carbônico na atmosfera. Contudo, parcela significativa desse gás é reabsorvida pela própria cana (durante seu replantio), pelas algas e por outros vegetais.</p>	 <p>Uma célula combustível funciona como uma bateria. Costumam-se utilizar hidrogênio e oxigênio como reagentes da célula de hidrogênio (ver figura). É fornecido hidrogênio do lado do anodo e oxigênio (do ar) do lado do catodo. O gás hidrogênio entra no anodo, onde é separado em prótons e elétrons. Os prótons são conduzidos para o catodo, e os elétrons percorrem um circuito externo. No catodo, as moléculas de oxigênio reagem com os elétrons vindos do circuito externo e, com isso, formam água, que é um resíduo não poluente.</p>
Energia geotérmica	Energia das ondas	Energia de correntes marinhas ou de marés
 <p>O calor das camadas inferiores da Terra pode aquecer a água de tubulações especiais, produzindo vapor para movimentar turbinas elétricas.</p>	 <ol style="list-style-type: none"> 1 – Câmara de captura das ondas instalada na rocha 2 – Ondas empurram água para dentro da câmara 3 – Movimento alternado da superfície do mar (ondas) pressuriza e despressuriza o ar contido na câmara 4 – O ar movimenta a turbina criando energia <p>O movimento das ondas gera um fluxo de ar que movimenta turbinas elétricas.</p>	 <p>As correntes marinhas podem ser utilizadas para acionar turbinas submersas, como na figura. A subida e a descida das marés também podem ser usadas para o mesmo fim.</p>

O caminho da energia: das usinas às residências

As usinas de produção de eletricidade normalmente se localizam longe dos centros consumidores. As distâncias podem variar de dezenas a milhares de quilômetros.

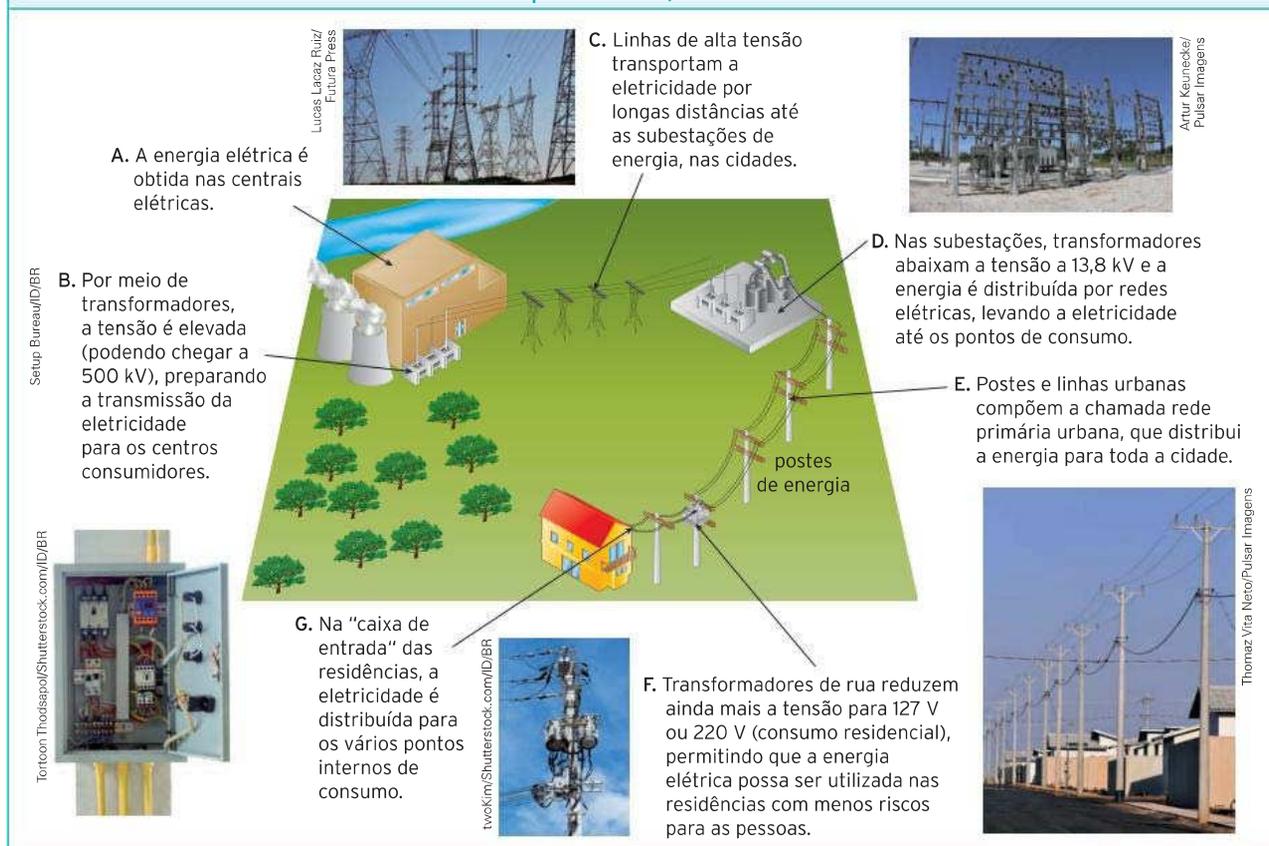
O transporte de eletricidade envolve várias etapas e um número elevado de equipamentos para garantir que a energia chegue aos pontos de consumo com qualidade e segurança. A tensão elétrica gerada nas **centrais** é, em geral, alternada, e estabelecida em 600 V. A **subestação de transmissão** eleva essa tensão a até 500 000 V, e a eletricidade é então transportada pelas **linhas de alta tensão**.

Nas **subestações de energia**, via de regra localizadas próximas aos centros urbanos, a tensão elétrica é diminuída para 13 800 V e distribuída pelas **linhas de média tensão** urbanas.

Ao chegar aos locais de consumo, **transformadores** reduzem a tensão elétrica para 127 V ou 220 V. Cabos de baixa tensão levam a eletricidade até as **caixas de entrada** de residências, estabelecimentos comerciais e indústrias, e de lá fios a distribuem para os pontos finais de consumo, onde a energia elétrica será finalmente utilizada.

Os chamados **relógios de energia** medem o consumo de energia elétrica de cada ponto consumidor e coletam informações que serão apresentadas na fatura de consumo. O esquema a seguir apresenta de forma simplificada, sem escala e em cores-fantasia, as principais etapas envolvidas nesse transporte.

Esquema mostrando o caminho da eletricidade desde a sua geração, nos diversos tipos de usinas, até o consumidor final



A eletricidade chega às residências

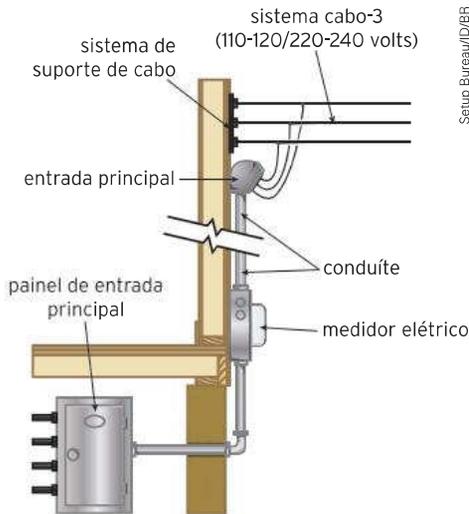
A eletricidade chega às residências por meio de **cabos de baixa tensão** que estão ligados às linhas de distribuição das ruas.

Como já mencionado, a tensão da rede primária (cerca de 13,8 kV) é reduzida para 127 V ou 220 V nos transformadores que se encontram nos postes das ruas.

Essas tensões, muito menores, garantem a redução de riscos para os usuários finais, em caso de contato direto com a rede elétrica.

Em uma instalação típica, três fios partem do transformador externo (nos postes) para uma residência: duas fases e um neutro. As **fases** apresentam tensão alternada que oscila geralmente entre -127 V e $+127\text{ V}$. O **neutro** tem potencial elétrico zero, como foi estudado no capítulo 4.

Esses cabos são ligados à caixa de entrada, onde há o medidor de consumo de energia elétrica (“relógio”), responsável por registrar o consumo mensal da residência, para que a empresa fornecedora de energia possa gerar a fatura de cobrança.



Os fios de eletricidade passam pelo “relógio” medidor, depois pela caixa de disjuntores até, finalmente, chegar aos pontos de consumo.

Setup Bureau/IDBR

Os fusíveis ou disjuntores são elementos de proteção contra sobrecargas na rede elétrica. Eles são fabricados de modo que fundam (fusível) ou desarmem (disjuntores), quando circular por eles uma corrente elétrica perigosa para a instalação elétrica. Assim, evitam que os demais componentes da rede residencial, incluindo os aparelhos ligados a ela, sofram algum dano.

Transmissão de eletricidade

A eletricidade, em sua origem nas centrais elétricas, é alternada; no entanto, sua transmissão das centrais produtoras até os centros de consumo pode ser feita por meio de tensão alternada ou contínua. O método de transmissão é determinado por fatores de ordem técnica. Na maioria das vezes, a transmissão é feita por tensão alternada.

As linhas de transmissão apresentam resistência elétrica elevada devido ao seu longo comprimento. Isso causa aquecimento dos fios – efeito Joule – e consequente perda de energia elétrica na transmissão, transformada em calor. A potência dissipada pode ser escrita em função da resistência do fio e da intensidade da corrente.

$$P_{\text{final}} = P_{\text{total}} - P_{\text{dissipada}} \quad P_{\text{final}} = P_{\text{total}} - r \cdot i^2$$

Para diminuir a perda de energia elétrica devido ao aquecimento dos cabos, deve-se diminuir sua resistência elétrica ou a intensidade de corrente elétrica que circula por eles. Para tanto, podem-se considerar os procedimentos a seguir.

- Trocar o material do qual os cabos são feitos. Em geral, as linhas de transmissão de alta tensão são de aço e alumínio, possuindo baixa resistividade elétrica e alta resistência à tração e à exposição contínua ao ambiente. Trocar essas linhas por cabos de cobre ou de outro material que seja melhor condutor elétrico encareceria demasiadamente sua instalação, sem diminuir de maneira significativa as perdas por aquecimento.
- Aumentar o diâmetro dos cabos reduziria sua resistência elétrica; entretanto, aumentaria ainda mais a sua massa, tornando-os demasiadamente pesados para serem utilizados.
- Diminuir a intensidade da corrente elétrica. Isso poderá ser feito aumentando-se a tensão elétrica entre os terminais da linha de transmissão. Os transformadores presentes na linha de corrente alternada transferem sempre a mesma potência entre seus enrolamentos primários e secundários, de modo que elevar a tensão causa uma redução proporcional da intensidade da corrente elétrica, pela expressão $P = U \cdot i$.

Assim, quanto menor a intensidade da corrente elétrica transportada, menor o aquecimento nos fios devido ao efeito Joule. Esse é o principal método utilizado em quase todas as linhas de transmissão.



ceilo/Alamy/Latinstock

O medidor elétrico pode se localizar na mesma caixa em que se encontram a chave geral, os fusíveis ou disjuntores e as chaves auxiliares secundárias. Dependendo da instalação, no entanto, o medidor pode se localizar em uma caixa externa, para facilitar o acesso do profissional responsável pela leitura do relógio. Nesse caso, os outros equipamentos (chave geral, chaves secundárias e elementos de proteção) normalmente se localizam em uma caixa secundária, dentro da residência.

A chave geral controla todo o fornecimento de energia elétrica que chega do exterior para a casa. Se estiver desligada, não haverá eletricidade circulando pela residência.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

19. Para determinar a potência de um gerador de energia eólica, os estudiosos utilizam a seguinte expressão:

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^3,$$

sendo P a potência do gerador, ρ a densidade do ar, r o raio do conjunto de pás e v a velocidade do vento. Com base nessas informações, responda: quando a velocidade do vento é duplicada, em quanto aumenta a potência do gerador?

Resolução

Conforme mostra a equação apresentada, a potência do gerador de energia eólica é diretamente proporcional ao cubo da velocidade do vento.

Se considerarmos uma potência P_0 , calculada para uma densidade ρ , um raio r e uma velocidade v_0 , $P_0 = \frac{1}{2} \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v_0^3$, podemos comparar a nova potência para $v = 2v_0$ pelo seguinte procedimento:

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot (v)^3$$

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot (2v_0)^3$$

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot 8 \cdot v_0^3$$

$$P = 8 \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v_0^3$$

$$P = 8 \cdot P_0$$

Portanto, a potência do gerador será oito vezes maior.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

20. (Enem) Deseja-se instalar uma estação de geração de energia elétrica em um município localizado no interior de um pequeno vale cercado de altas montanhas de difícil acesso. A cidade é cruzada por um rio que é fonte de água para consumo, irrigação das lavouras de subsistência e pesca. Na região, que possui pequena extensão territorial, a incidência solar é alta o ano todo. A estação em questão irá abastecer apenas o município apresentado. Qual forma de obtenção de energia, entre as apresentadas, é a mais indicada para ser implantada nesse município de modo que cause o menor impacto ambiental?

- Termelétrica, pois é possível utilizar a água do rio no sistema de refrigeração.
- Eólica, pois a geografia do local é própria para a captação desse tipo de energia.
- Nuclear, pois o modo de resfriamento de seus sistemas não afetaria a população.
- Fotovoltaica, pois é possível aproveitar a energia solar que chega à superfície do local.
- Hidrelétrica, pois o rio que corta o município é suficiente para abastecer a usina construída.

21. (Enem) A energia geotérmica tem sua origem no núcleo derretido da Terra, onde as temperaturas atingem 4 000 °C. Essa energia é inicialmente produzida pela decomposição de materiais radioativos dentro do planeta. Em fontes geotérmicas, a água, aprisionada em um reservatório subterrâneo, é aquecida pelas rochas ao redor e fica submetida a altas pressões, podendo atingir temperaturas de até 370 °C sem entrar em ebulição. Ao ser liberada na superfície, à pressão ambiente, ela se vaporiza e se resfria, formando fontes ou gêiseres. O vapor de poços geotérmicos é separado da

água e utilizado no funcionamento de turbinas para gerar eletricidade. A água quente pode ser utilizada para aquecimento direto ou em usinas de dessalinização.

HINRICH, R. A. *Energia e meio ambiente*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. Adaptado.

Em conversão de energia, as usinas geotérmicas:

- funcionam com base na conversão de energia potencial gravitacional em energia térmica.
 - transformam inicialmente a energia solar em energia cinética e, depois, em energia térmica.
 - podem aproveitar a energia química transformada em térmica no processo de dessalinização.
 - assemelham-se às usinas nucleares no que diz respeito à conversão de energia térmica em cinética e, depois, em elétrica.
 - utilizam a mesma fonte primária de energia que as usinas nucleares, sendo, portanto, semelhantes os riscos decorrentes de ambas.
22. A perda de energia nas transmissões por efeito Joule é de aproximadamente 2,5%. Se uma usina produz uma potência de 400 MW, qual será a perda em W?



Torres de transmissão de energia na BR-465. Foto de 2015,

Marcelo Dias/Futura Press

O problema da escassez mundial de energia

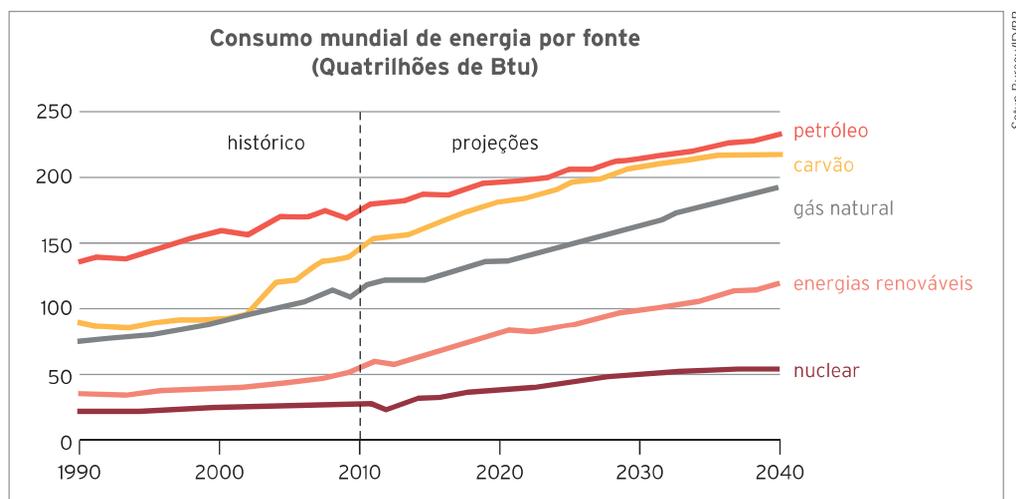
A produção e o consumo mundial de energia, nas suas mais diversas formas, são problemas que preocupam todas as nações, pois ocorrem de maneira desigual pelo planeta.

Projeções recentes anunciam uma situação alarmante até 2030: crescimento de 45% na demanda mundial por energia, a uma taxa média de 1,6% ao ano. Além disso, o crescimento concentra-se na utilização de combustíveis fósseis, altamente poluentes, em especial o carvão.

Contudo, manifestações atuais de escassez anunciam que o cenário negativo já se manifesta no presente e deverá se intensificar em poucos anos, entre elas, as interrupções no fornecimento de energia elétrica em várias partes da Terra, como nos Estados Unidos e no Brasil, e dificuldades de abastecimento, como ocorre com o gás natural na Europa.

Para reverter essas tendências e minimizar os efeitos negativos da escassez, algumas iniciativas e propostas de mudança de mentalidade têm se apresentado como soluções viáveis. Alguns pontos que merecem destaque são: incrementos tecnológicos que visem ao aumento da eficiência energética de equipamentos e processos de geração de energia; reforço de hábitos individuais de economia de energia; incentivo ao consumo consciente e sustentável, que contribua para a redução de lixo e demande menor uso de energia; busca por fontes de energia renováveis.

O gráfico de linha abaixo apresenta a projeção de consumo mundial, em unidade de tonelada equivalente de petróleo (TOE, na sigla em inglês), a qual fornece a quantidade de energia liberada pela queima de uma tonelada do combustível.



Setup Bureau/DBR

O gráfico mostra, em quadrilhões de Btu (unidade britânica de energia) as projeções de uso de energia em função de diversas fontes.

Fonte de pesquisa: EIA – U.S. Energy Information Administration. Disponível em: <<http://www.eia.gov/forecasts/ieo/>>. Acesso em: 6 maio 2016.

PARA DEBATER

Esterco de galinha como fonte de energia

A busca por fontes alternativas e renováveis de energia tem chamado a atenção para a matéria orgânica – a chamada **biomassa**, usada para produzir o biogás, com alto poder calórico. Para tanto, a matéria pode ser queimada diretamente ou deixada em decomposição.

Na Inglaterra, por exemplo, na cidadezinha de Eye, cerca de 100 casas se beneficiam da energia elétrica gerada por uma termelétrica que queima esterco de galinha em sua caldeira. Essa queima diminui o odor do esterco e é menos poluente do que a queima do carvão. Os resíduos da queima viram adubo, garantindo o ciclo renovável de energia da biomassa.

Levando em conta aspectos econômicos, sociais e ambientais pesquise, aponte e debata com seus colegas ao menos uma vantagem e uma desvantagem dessa solução para a obtenção de energia elétrica trazida pelo texto.

Energias renováveis

Por energia renovável, entendemos toda modalidade de energia que, de alguma maneira, volta à sua origem no ciclo de transformações energéticas no qual se insere.

Tomemos como exemplo a água utilizada em hidrelétricas para o acionamento das turbinas. Cumprindo seu ciclo natural, a água, na forma de chuva, por exemplo, sempre retorna a alguma nascente de rio e sempre pode passar novamente por uma usina.

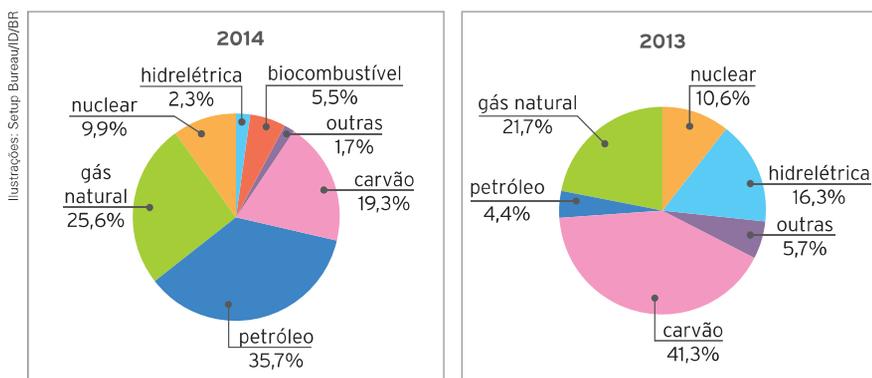
As principais fontes renováveis de energia são:

- **Biomassa.** A queima de algumas matérias orgânicas pode ser aproveitada na geração de energia elétrica. A queima do bagaço da cana-de-açúcar, por exemplo, libera energia térmica, que pode ser usada em termelétricas adjacentes às usinas de açúcar e de etanol. Os resíduos da queima podem ser aproveitados na adubação de roças de replantio. Por meio da fotossíntese realizada por plantas e algas, o CO₂ eliminado na queima de matéria orgânica é novamente absorvido e fixado, fechando, com isso, um ciclo de obtenção de energia renovável.
- **Biocombustíveis.** Óleos extraídos de plantas como a soja e a mamona podem ser transformados em uma espécie de *diesel* altamente calórico e usado como combustível. Os resíduos eliminados na queima são reintroduzidos no ciclo de obtenção de energia, como no caso da biomassa.
- **Biogás.** Obtido da decomposição da matéria orgânica, o biogás também fornece energia ao ser queimado. Os resíduos podem gerar nova matéria orgânica, completando o ciclo de renovação na natureza.
- **Energias solar, eólica, das marés e das ondas.** São consideradas fontes renováveis, pois estão associadas principalmente ao Sol, cujo tempo de vida útil deverá acompanhar muitas e muitas gerações de vidas terrestres.

Energias não renováveis

Entre as fontes não renováveis, as mais importantes são os combustíveis fósseis, como o petróleo, e seus subprodutos, o carvão mineral e o gás natural. As matérias-primas nucleares, como o urânio e o tório (chamados por analogia de “combustíveis nucleares”), também são fontes não renováveis de energia.

A humanidade ainda utiliza energias não renováveis em larga escala, explorando pouco as formas de energia renováveis, como pode ser observado nos gráficos a seguir.



Os dois gráficos mostram que, no mundo, o uso das fontes de energia não renováveis ainda prevalecem sobre o uso das fontes renováveis.

Fonte de pesquisa disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld_Statistics_2015.pdf>. p. 7 e 24. Acesso em: 6 maio 2016.

PARA REFLETIR

Principais riscos ambientais das usinas

Apresentamos aqui os principais riscos ambientais acarretados pelas usinas mais comuns.

Centrais termelétricas

Queima de combustíveis não-civis, em geral fósseis, como o gás natural, o carvão e o petróleo. Emissão constante de gases poluentes associados à chuva ácida (efeito local) e ao efeito estufa (efeito global), além de poluição térmica local.

Centrais hidrelétricas

Alteração da paisagem local, interferindo na fauna e na flora terrestres e aquáticas. Interferência em rotas migratórias de vários animais. Acidificação das águas e emissão prolongada de gases de efeito estufa devido à decomposição da vegetação submersa.

Centrais eólicas

Alteração de rotas migratórias de aves. Poluição sonora causada pelo funcionamento dos aerogeradores. Inutilização das terras onde os aerogeradores são fixados, com provável interferência na qualidade de vida das populações locais. Possíveis acidentes com aves. Modificação da paisagem. Emissão de poluentes (restrita à fabricação e ao transporte das partes que compõem a central).

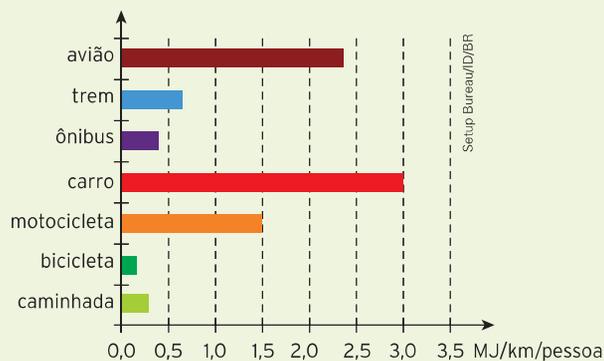
Centrais solares fotovoltaicas

Inutilização das terras onde os heliostatos são fixados, com provável interferência na qualidade de vida das populações locais. Riscos de acidentes envolvendo animais e pessoas que circulem pelo local. Emissão de poluentes (restrita à fabricação e ao transporte dos materiais que compõem a central). Emissão de detritos tóxicos pelo descarte de materiais utilizados no armazenamento de energia elétrica (baterias).

EXERCÍCIO RESOLVIDO

23. O gráfico ao lado apresenta dados de consumo de energia por passageiro em diversas modalidades de transporte.

- De acordo com esses dados, aponte o transporte que consome relativamente mais energia.
- Considerando o deslocamento de grande número de pessoas por distâncias não muito longas, analise qual tipo de transporte, entre carro e trem, deveria estar no centro das atenções das políticas governamentais.



Fonte de pesquisa: WALISIEWICZ, M. *Energia alternativa: solar, eólica, hidrelétrica e biocombustíveis*. São Paulo: Publifolha, 2008. p. 30.

Resolução

- Pelo gráfico, percebe-se que, na comparação relativa, o carro apresenta o maior gasto energético (3,0 MJ/km/pessoa).
- Entre trem e carro, o primeiro deveria receber mais atenção, pois representa menor gasto energético.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

24. As imagens abaixo destacam equipamentos ou dispositivos e recursos relacionados a determinadas formas de energia: eólica, térmica, biomassa, solar fotovoltaica, elétrica e nuclear. Faça uma tabela associando as fotografias a cada uma dessas formas de energia e descreva resumidamente o equipamento, dispositivo ou o recurso apresentado.



Placa solar. São José dos Campos (SP)
Foto de maio de 2016.



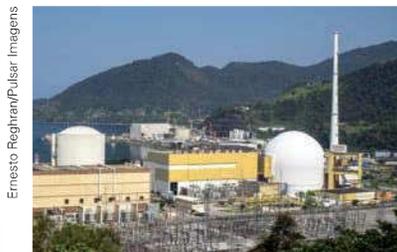
Canavial. Teresina (PI)
Foto de agosto de 2016.



Rede elétrica. Paraibuna (SP)
Foto de junho de 2016.



Moinho de vento. São Bento do Norte (RN)
Foto de junho de 2015.



Usina nuclear. Angra dos Reis (RJ)
Foto de setembro de 2015.



Placa fotovoltaica. Florianópolis (SC)
Foto de outubro de 2014.

25. Considerando o exercício resolvido 23:

- cite hábitos que as pessoas, de modo geral, poderiam intensificar com o objetivo de reduzir o impacto do gasto energético individual causado pelos transportes mencionados;
- em que você contribui para a redução desse tipo de impacto?

26. Ainda sobre o exercício 23, extraia informações do gráfico e associe-as a outros argumentos que sustentem a defesa da implantação de ciclovias de longo percurso nos centros urbanos.

27. Elabore um texto justificando por que o gasto energético de uma caminhada é maior do que quando se anda de bicicleta.

A importância de economizar energia elétrica

A perspectiva de escassez energética mundial compromete todo o conforto propiciado pela maior parte dos avanços tecnológicos. Além das ações que os governos devem implementar para aumentar a oferta de energia, a soma de pequenos hábitos individuais de economia e uso consciente de energia em todo o mundo geraria impactos muito positivos na direção de manter o acesso à energia e a seus múltiplos benefícios.

Uso consciente dos aparelhos que mais consomem energia elétrica em uma casa

<p>CHUVEIRO. Responde por 25% a 30% do consumo total. Potência média: 3,5 kW</p>
<ul style="list-style-type: none">• Reduzir tempo de banho – quanto maior o tempo, maior o consumo.• Sempre que possível, usar o chuveiro na posição “verão” ou “morno”.• Comprar chuveiros de potência igual a ou menor que 6 kW. Salvo em lugares muito frios, essa potência é suficiente para aquecer a água, de modo que o banho seja confortável no inverno.• Não usar resistores velhos e “remendados”, pois eles aumentam o consumo do chuveiro.
<p>GELADEIRA. Responde por 25% do consumo total. Potência média: de 300 W a 400 W</p>
<ul style="list-style-type: none">• Instalar a geladeira em local ventilado, não muito próximo à parede, facilita a dissipação de calor da grade traseira (irradiador).• Degelar e limpar a geladeira com frequência. Em geral, isso deve ser feito antes que a camada de gelo das bordas do congelador atinja 1 cm de espessura.• Não manter a porta da geladeira aberta por muito tempo, pois parte do ar frio escapa, e a geladeira tem de iniciar o ciclo de resfriamento novamente.• Manter as borrachas de vedação em bom estado, garantindo o bom fechamento das portas.• Não colocar alimentos quentes na geladeira nem bloquear a circulação de ar através das grades das prateleiras.
<p>LÂMPADAS. Respondem por 15% a 25% do consumo total. Potência média: 100 W (individual)</p>
<ul style="list-style-type: none">• Acender lâmpadas somente nos ambientes em que a iluminação é necessária naquele momento.• Aproveitar ao máximo a iluminação natural, evitando acender lâmpadas durante o dia.• Usar lâmpadas com potência adequada e em número compatível com o ambiente, evitando excesso de iluminação.• Se possível, trocar as lâmpadas incandescentes (de filamento) por lâmpadas fluorescentes compactas, que iluminam igualmente e com menor gasto energético.
<p>TELEVISOR. Responde por 10% a 15% do consumo total. Potência média: de 90 W a 120 W</p>
<ul style="list-style-type: none">• Evitar deixar a TV ligada durante muitas horas seguidas.• Programar a TV para desligar-se automaticamente quando houver o risco de dormir na frente dela, evitando que o aparelho permaneça ligado durante a noite toda.• Regular as condições de exibição da imagem (brilho, contraste, nitidez, etc.) para não prejudicar a visão por falta ou excesso de luminosidade.
<p>FERRO DE PASSAR ROUPAS. Responde por 5% a 7% do consumo total. Potência média: 700 W a 1 000 W</p>
<ul style="list-style-type: none">• No momento em que é ligado, o ferro precisa de maior quantidade de energia elétrica para seu aquecimento. Por isso, é conveniente acumular roupas para passá-las de uma só vez, evitando ligar o aparelho repetidas vezes.• Alguns tecidos não exigem altas temperaturas para ser alisados. Começar passando roupas desse tipo de tecido otimiza o uso do ferro, pois, mesmo com pouco aquecimento, ele estará em uso.• Para prevenir acidentes, evitar deixar o ferro ligado quando se ausentar do local, mesmo que por breves momentos, principalmente se houver crianças ou animais por perto.• Ler o manual do fabricante favorece o uso mais adequado do ferro de passar roupas, sobretudo se ele for dotado de sistema de vapor.
<p>MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS. Responde por 2% a 5% do consumo total. Potência média: 500 W a 700 W</p>
<ul style="list-style-type: none">• Planejar o uso da máquina para o máximo de roupas permite melhor aproveitamento de água e de energia elétrica.• Manter o filtro de saída sempre limpo, evitando que a máquina apresente problemas em seu funcionamento.• Usar a quantidade de sabão adequada, pois o excesso de sabão exige que se repita o enxágue.• Ler o manual do fabricante auxilia na programação adequada da máquina e no uso de sua capacidade máxima de lavagem.

Princípios que conduzem à economia de energia elétrica

Economizar energia elétrica e usá-la de forma consciente são necessidades do mundo atual. Mas isso não significa abrir mão do conforto e dos benefícios propiciados por ela. Uma cultura de uso econômico e responsável da energia pode se basear nos princípios expostos a seguir.

1. Usar a energia elétrica com inteligência

Refere-se aos casos, mencionados no quadro da página anterior, dos aparelhos de potência elevada, que devem ter seu uso programado para funcionar o menor número de vezes ou durante o menor intervalo de tempo possível. O chuveiro elétrico, a geladeira e as lâmpadas são os principais exemplos. No caso de aparelhos de baixa potência, a contribuição para o consumo total pode se tornar significativa se a manutenção e o uso adequados não forem observados atentamente. Por isso, convém ficar atento ao consumo de todos os eletrodomésticos.

2. Busca por eficiência energética propiciada pela tecnologia

A tecnologia tem desenvolvido aparelhos capazes de realizar as mesmas tarefas gastando menos energia. Programas governamentais de incentivo têm premiado projetos que apresentam soluções técnicas para reduzir o gasto energético, em busca de maior eficiência energética.

3. Aquisição consciente de equipamentos e serviços

A facilidade e o conforto anunciados em peças publicitárias, que circulam nos diversos meios, muitas vezes colaboram para que se adquiram produtos cujo valor efetivo de uso pode ser questionado. Assim, uma postura de consumo consciente deve levar em consideração também os bens a adquirir. Alguns equipamentos de custo elevado proporcionam saltos mínimos de qualidade na vida das pessoas. É necessário, portanto, ser um consumidor consciente, e não compulsivo.

4. Instalações elétricas seguras e com boa qualidade técnica

Instalações elétricas inadequadas ou precárias são outro fator de desperdício de energia elétrica. Fios fora das especificações adequadas, fusíveis ou disjuntores dimensionados de forma errada, ligações elétricas malfeitas e a falta de aterramento elétrico são alguns dos problemas encontrados em muitas residências que colaboram para o superaquecimento da fiação e para a geração de fugas de corrente elétrica, de faíscas e de curtos-circuitos, o que resulta em consumo de energia acima do normal, além de tornar a residência insegura para seus moradores.

Esses quatro princípios requerem conscientização sobre a importância do uso racional da energia elétrica e, principalmente, educação. A mudança cultural que se faz necessária ajudará a ampliar o acesso à energia para mais pessoas e a evitar a escassez energética severa prevista para o futuro próximo.

PARA REFLETIR

Controle remoto sem desperdício

Os dispositivos dotados de controle remoto trouxeram grande comodidade a seus usuários. No caso dos televisores, por exemplo, o espectador pode controlá-los por completo sentado confortavelmente no sofá. Essa comodidade, contudo, tem um custo: uma parte do circuito do aparelho dotado de controle remoto, o *stand by*, permanece ligada em estado de alerta (normalmente identificado por uma luzinha acesa no painel frontal), aguardando qualquer comando para ser acionado. Isso significa um gasto de energia elétrica de até 5% do consumo do aparelho, mesmo com ele “desligado”. Desligar totalmente o *stand by* à noite ou quando o aparelho não for usado por períodos prolongados evita tal desperdício.

1. Que comodidades propiciadas pela energia elétrica e pela tecnologia que colaboram para hábitos de vida sedentários você consegue identificar em sua casa?
2. De quais desses confortos você conseguiria abrir mão sem perder qualidade de vida?

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

28. A tabela abaixo apresenta dados de consumo médio de energia de alguns aparelhos comuns em residências.

Consumo médio de aparelhos elétricos				
Aparelho	Potência (W)	Tempo médio de uso por dia	Número de dias	Consumo (kWh)
Chuveiro	3 500	40 min	30	70,0
Ferro elétrico	1 000	1 h	12	12,0
Lavadora de roupas	500	1 h	12	6,0
Secador de cabelos	1 400	10 min	30	7,0
TV	90	5 h	20	9,0
Ventilador de teto	120	8 h	30	28,8

- a) Aponte o aparelho que apresenta o maior consumo médio mensal relativo.
- b) Em uma casa, uma lâmpada de 100 W fica ligada em média 6 horas por dia, durante os 30 dias do mês. Ao se retirar o ventilador de teto dessa casa, calcule quantas lâmpadas poderiam ser alimentadas com a energia que o ventilador usaria. Tendo como critério a economia de energia, analise se vale a pena a retirada do ventilador.
- c) “O secador de cabelos é supérfluo, e seu uso pode ser abolido com impacto significativo no consumo mensal de uma residência.” Avalie essa afirmação.

Resolução

- a) Cada aparelho fica ligado por diferentes períodos, de modo que os consumos apresentados devem ser comparados com cuidado, pois são relativos. No entanto, na comparação relativa, o chuveiro elétrico é o aparelho que apresenta o maior consumo.

- b) Escrevendo inicialmente a potência da lâmpada em kW (0,1 kW), a energia consumida por uma lâmpada no período sugerido pode ser calculada por:

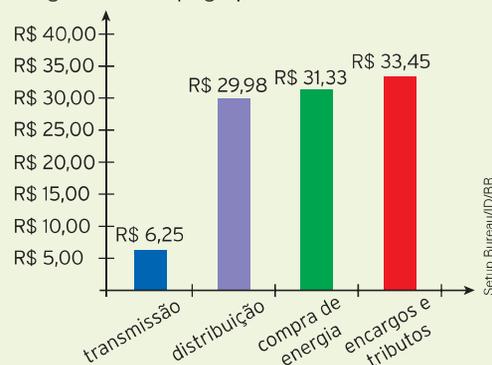
$$E = P \cdot \Delta t \Rightarrow E = 0,1 \text{ kW} \cdot 6 \text{ h/dia} \cdot 30 \text{ dias}$$

$$E = 18 \text{ kWh}$$

O ventilador de teto, ligado 8 horas por dia, consome o equivalente a uma vez e 6 décimos o consumo da lâmpada. Somente isso não justifica a retirada do equipamento.

- c) O critério de classificação do secador de cabelos como supérfluo envolve diversos parâmetros. Eliminando os critérios subjetivos, podemos dizer que, em uma região do país que apresente temperaturas mais elevadas, a presença do ventilador de teto é mais justificável que a do secador, e este poderia ser enquadrado na categoria de supérfluo. Em outra região, com temperaturas anuais típicas mais baixas, a análise seria inversa.

29. O gráfico abaixo apresenta uma distribuição dos valores que compõem a fatura mensal de consumo de energia elétrica paga pelo consumidor final.



Fonte de pesquisa: Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Cartilha_Por_Dentro_da_Conta_de_Energia\(2011\).pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Cartilha_Por_Dentro_da_Conta_de_Energia(2011).pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2016.

Com base nesses dados, para uma conta de R\$ 100,00, analise cada afirmativa a seguir.

- Os encargos e tributos representam a maior parcela dessa fatura.
- O consumidor também arca com os custos da transmissão e da distribuição de energia elétrica.
- A redução no consumo (compra de energia) reduzirá a parcela relativa à distribuição e à transmissão de energia.

Resolução

- Verdadeira, pois o gráfico mostra que a parcela relativa aos encargos e tributos é maior que as demais.
- Verdadeira, pois a transmissão e a distribuição da energia elétrica também são cobradas do consumidor final, além da energia que ele efetivamente consome.
- Falsa, pois as informações fornecidas e os dados do gráfico não permitem concluir que tais gastos são proporcionais ao montante de energia comprada.

EXERCÍCIO PROPOSTO

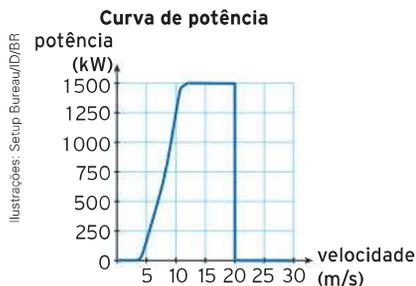
30. Consulte a tabela do exercício 28 e compare os aparelhos listados na tabela com os de sua casa. Estime em quais o consumo é maior do que os valores representados na tabela.

31. Uma turbina eólica individual tem três pás de 6 m de comprimento cada uma. A potência entregue às pás pelo vento que as movimenta é dada pela expressão:

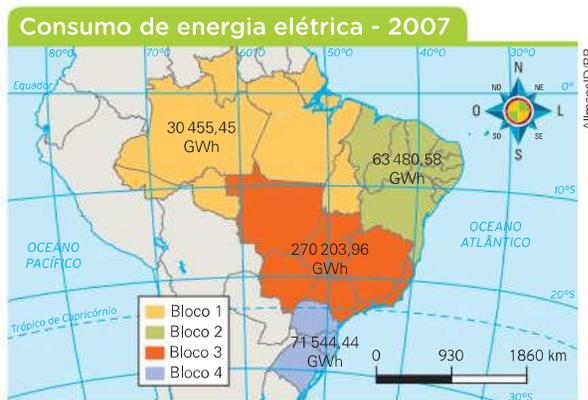
$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3,$$

em que ρ é a densidade do ar no local; A , a área da seção transversal à direção do vento; v , a velocidade do vento. Considere $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ e $\pi = 3$.

- Calcule a potência eólica da turbina quando passam por ela ventos de 10 m/s de velocidade.
 - Determine o fluxo de ar, em kg/s, que atravessa a região circular delimitada pelas pás da turbina.
 - Calcule o aumento percentual na potência quando a velocidade dos ventos atinge 14 m/s.
32. A curva de potência desenvolvida por uma turbina eólica em função da velocidade de suas pás é apresentada abaixo.

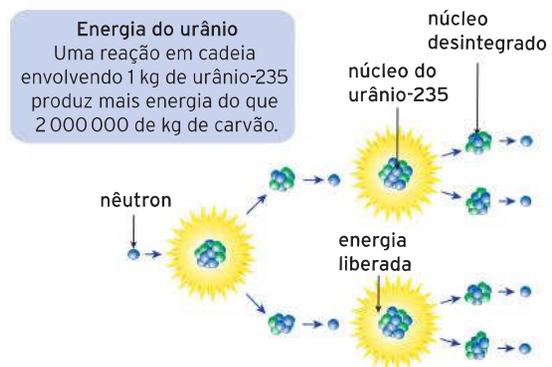


- Analisando o gráfico, identifique em qual velocidade a turbina começa a gerar energia elétrica e qual é a potência máxima que ela pode desenvolver.
 - Há uma velocidade denominada **velocidade de corte**, a partir da qual a turbina é desligada automaticamente por questões de segurança. Identifique no gráfico o valor dessa velocidade.
 - Se o coeficiente de conversão de energia eólica em energia elétrica dessa turbina é 35%, determine a potência eólica recebida pela turbina.
33. O mapa a seguir apresenta o consumo de energia elétrica por região no Brasil no ano de 2007.



Fonte de pesquisa: Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf>. Acesso em: 7 maio 2016.

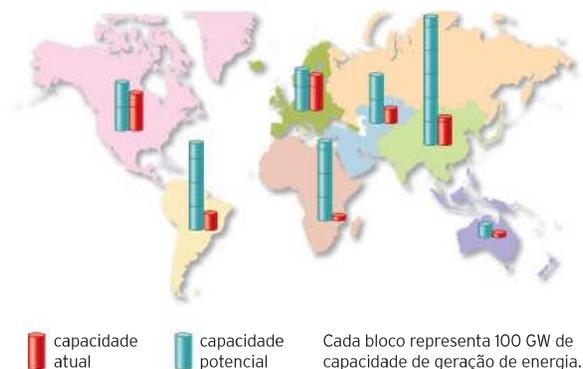
- Identifique no mapa o bloco de estados brasileiros com maior consumo de energia verificado em 2007. Indique o nome dos estados que fazem parte desse bloco.
 - Apresente alguns argumentos que justifiquem por que esse bloco apresentou o maior consumo de energia elétrica.
34. O esquema a seguir mostra, de maneira simplificada, o processo de fissão do urânio, fenômeno que ocorre, por exemplo, nos reatores nucleares das usinas de Angra dos Reis, RJ.



Estima-se que as reservas brasileiras de urânio sejam de aproximadamente 278 700 toneladas, em uma projeção modesta. Em geral, o processo de fissão do urânio converte apenas uma pequena parte de sua massa em energia. Considerando que apenas 0,001% desse urânio possa ser convertido em energia, determine quantas toneladas de carvão corresponderiam a essas reservas.

Fonte de pesquisa: Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica no Brasil*. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008. p. 122. Dados de 2007.

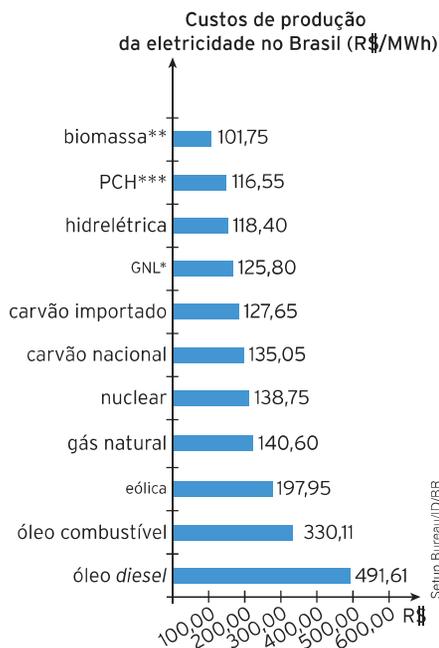
35. O gráfico abaixo mostra a produção de energia elétrica nas principais regiões do planeta.



Fonte de pesquisa: WALISIEWICZ, M. *Energia alternativa: solar, eólica, hidrelétrica e biocombustíveis*. São Paulo: Publifolha, 2008. p. 36.

- Nomeie cada região mostrada no gráfico. Usando a escala indicada no gráfico, faça uma tabela com a capacidade atual de produção de cada região.
- Identifique a região de maior capacidade atual de produção de energia e também a região de menor capacidade.

36. O gráfico abaixo apresenta o custo de geração de energia elétrica no Brasil, com base em várias fontes. Observe-o e responda às questões.



* gás natural liquefeito ** bagaço de cana

*** pequenas centrais hidrelétricas

Fonte de pesquisa: Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3. ed. Brasília: Aneel, 2013. p. 47.

- Identifique a fonte que acarreta o maior custo de produção de energia elétrica.
- Aponte em que tipo de usina essa fonte de energia deve ser utilizada.
- Pesquise e descubra em que regiões do país essa fonte de energia é mais utilizada para a geração de eletricidade.
- Escreva argumentos que defendam o uso desse tipo de energia, apesar do custo.

37. Uma das maneiras de determinar o consumo médio aproximado de energia elétrica de uma residência é efetuar a soma do consumo de todos os aparelhos eletroeletrônicos dessa residência. Considere uma residência na qual os aparelhos eletroeletrônicos, com suas potências e tempo de funcionamento, estão mostrados na tabela a seguir.

Aparelho	Potência (W)	Tempo
Geladeira	250	24 h/dia
Chuveiro	4 400	30 min/dia
Televisor	150	4 h/dia
Máquina de lavar	1 500	4 h/semana
5 lâmpadas	60 cada	6 h/dia

- Calcule o consumo médio mensal dessa residência.
- Refaça a tabela, colocando os aparelhos em ordem crescente de potência.
- Em outra tabela, coloque os aparelhos em ordem crescente de consumo.
- Comparando as respostas dos itens b e c, identifique quais elementos devem ser considerados para avaliar o gasto de energia gerado por um aparelho.

38. O quadro a seguir apresenta dados sobre três modalidades de usina: hidrelétrica, termelétrica e nuclear.

Parâmetro	Hidro	Térmica	Nuclear
investimento por kW	alto	menor	muito alto
custo do combustível	nulo	muito alto	baixo
custo da energia	baixo	alto	muito alto
linha de transmissão	longa	menor	menor
tempo de construção	grande	menor	grande
tempo de vida	grande	pequeno	médio
geração de empregos	grande	menor	média
impacto ambiental	reservatório	atmosfera	radioatividade
efeito estufa	menor	grande	nenhum
importação	pequena	grande	média
taxa de retorno	baixa	alta	baixa

Fonte de pesquisa: ROSA, L. P. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. *Estudos Avançados*, v. 21, n. 59, p. 47, 2007.

Reúna-se em grupo. Imagine que você e os colegas tenham de decidir sobre a implantação de uma central elétrica em uma região hipotética. Caracterize a região e elabore, com base nas informações do quadro, argumentos que justifiquem a opção pela implantação de um modelo entre os apresentados.

De volta para o começo

- Retome as respostas que você deu às questões propostas na abertura deste capítulo. Que alterações você faria naquelas respostas?
- O Sol é, direta ou indiretamente, a principal fonte de energia da Terra. Qual é a importância do Sol na obtenção de energia do vento, da água e do petróleo?
- Em sua opinião, a quais fontes de energia o Brasil deveria dar preferência? E quais deveriam ser abolidas? Justifique.

Urbanização, energia e eletricidade

O mundo atual é essencialmente urbano – mais da metade dos atuais 7 bilhões de pessoas vive em cidades. Mas esse fenômeno é relativamente recente. Até 2007, a população rural superava a urbana. O UNFPA (Fundo de População das Nações Unidas), em seu relatório *Situação da população mundial 2007: desencadeando o potencial do crescimento urbano*, já apontava para 2008 a mudança do cenário rural para o cenário de predominância urbana.



Setup Bureau/IDBR

Fonte de pesquisa: Organização das Nações Unidas (ONU).

É importante notar também que, apenas durante o século XX, a população urbana mundial saltou de 220 milhões de pessoas para os 3,4 bilhões estimados atualmente.

O fenômeno, no entanto, deu-se de maneira desigual e em duas fases distintas. A primeira fase ocorreu mais intensamente na Europa e nos Estados Unidos, com início no século XVIII. A primeira e a segunda Revolução Industrial, associadas a transições demográficas, acentuaram o processo de urbanização nessas regiões. Esse processo foi demorado, estendendo-se pelo decorrer de praticamente dois séculos (de 1750 a 1950) e envolvendo uma pequena parcela da população mundial (algumas centenas de milhões de pessoas).

Fontes de pesquisa: UNFPA. Situação da população mundial 2007: desencadeando o potencial do crescimento urbano. Disponível em: <<http://www.unfpa.org.br/Arquivos/swop2007.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2016; OSTRONOFF, H. As mega-aldeias. Revista *Problemas Brasileiros*, Sesc-SP, n. 392, mar./abr. 2009.

A segunda etapa disseminou-se mundo afora, atingindo as regiões menos desenvolvidas do globo. E causou intenso processo de transferência de populações rurais para centros urbanos, devido à precariedade da vida no campo e às promessas de trabalho, de melhores salários e de melhoria do padrão de vida nos centros urbanos, que cresciam e se industrializavam. A segunda fase, no entanto, foi muito mais rápida e intensa que a primeira, podendo ser percebida de forma marcante no decorrer do último meio século.

O avanço tecnológico simbolizado pelas máquinas a vapor do século XVIII, combinado a descobertas e exploração de suprimentos cada vez maiores de energia, está entre os motores das revoluções industriais ocorridas nessa época da história.

A maciça extração de carvão das minas britânicas, entre outras, e a exploração comercial do petróleo – cuja perfuração do primeiro poço deu-se em 1859, na Pensilvânia (EUA), pelo coronel Edwin Drake – marcam o início da era da energia em aparente abundância. Meios de transportes mais rápidos e numerosos, como os automóveis, são reflexos disso.

O desenvolvimento da tecnologia da eletricidade e dos dínamos eletromagnéticos permitiu alimentar as cidades com iluminação abrangente e mais duradoura, possibilitando também o desenvolvimento das telecomunicações e de outros confortos. A construção das primeiras usinas termelétricas e hidrelétricas, no final do século XIX, anunciava um futuro de energia aparentemente ilimitada, sustentando novos padrões de consumo.

Outros fatores, como melhoria da qualidade de vida nas cidades, avanços da medicina, ampliação de saneamento básico e hábitos pessoais de higiene e melhoria dos padrões de alimentação e moradia, acarretaram quedas expressivas nas taxas de mortalidade infantil e aumento da expectativa de vida, contribuindo para a explosão demográfica observada nas cidades. Contudo, uma parte significativa dessa população, atualmente estimada em um bilhão de pessoas, vive em condições precárias, habitando favelas ao redor do globo, e merece o acesso aos benefícios anunciados pela modernidade.

Compreender e relacionar

1. Identifique em que época a população mundial tornou-se predominantemente urbana.
2. Explique se a urbanização é um fenômeno homogêneo, verificado em todo o mundo.
3. Relacione o aumento do uso social da eletricidade com a aceleração do processo de urbanização.
4. Em sua opinião, seria interessante propor aos governos a criação de políticas públicas para incentivar o aumento da população rural? Justifique.

Aquecedor solar caseiro

Objetivo

Estimar a energia solar disponível.

Material

- espelho de farol de carro
- mesa de madeira com tampo pouco maior que o espelho de farol
- 2 ripas de madeira (10 cm × 3 cm × 1 cm)
- tubo de ensaio
- termômetro e proveta
- arame liso
- fita-crepe

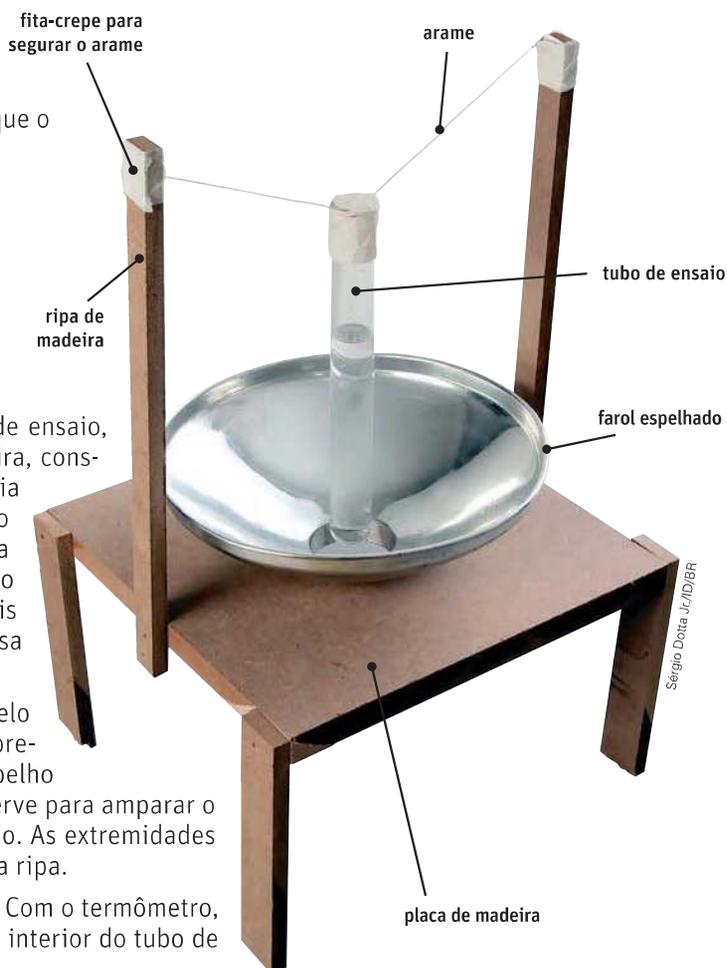
Procedimento

1. Com o espelho do farol de carro, o tubo de ensaio, o arame, a mesa e as duas ripas de madeira, construa um arranjo semelhante ao da fotografia ao lado. O tampo da mesa deve ser furado no centro, de maneira que o espelho possa ser encaixado no orifício. As duas ripas são afixadas em dois orifícios, feitos em laterais diametralmente opostas do tampo da mesa ou aparafusadas lateralmente.
2. O tubo de ensaio deve ficar pendurado, pelo arame, entre as ripas. Observe que o tubo precisa ficar um pouco acima da base do espelho do farol, sem encostar nele. A fita-crepe serve para amparar o arame no qual se pendura o tubo de ensaio. As extremidades do arame são enroladas, cada uma em uma ripa.
3. Coloque 40 mL de água no tubo de ensaio. Com o termômetro, meça a temperatura inicial (T_0) da água no interior do tubo de ensaio.
4. Em um dia ensolarado, coloque o arranjo sob a luz do Sol e meça a temperatura a cada 5 minutos, durante 40 minutos.

Depois do experimento

Interpretação dos resultados

1. Calcule a quantidade de calor absorvida pela água, bem como o fluxo de calor recebido nesse intervalo de tempo. Considere o valor de calor específico da água $c = 1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$.
2. Construa o gráfico da temperatura da água em função do tempo para as medidas obtidas. Esse gráfico pode ser considerado linear? Justifique.
3. Se essa experiência fosse realizada em outro horário do dia, os resultados seriam diferentes? Justifique.
4. Se essa experiência fosse realizada em um dia nublado, os resultados seriam diferentes? Justifique.
5. Seria possível produzir energia elétrica com um arranjo como esse?



Sérgio Dutra Jr./ID/BR

1. (Enem) Uma estudante que ingressou na universidade e, pela primeira vez, está morando longe da sua família, recebe a sua primeira conta de luz:

Medidor		Consumo		Leitura		Cód	Emissão	Id. Bancária		
Número	Consumidor	Leitura	kWh	Dia	Mês	21	01/04/2009	Banco	Agência	Município
7131312	951672	7295	260	31	03			222	999-7	S. José das Moças
Consumo dos últimos 12 meses em kWh										Descrição
253 Mar. 08		278 Jun. 08		265 Dez. 08						
247 Abr. 08		280 Jul. 08		266 Jan. 09		Fornecimento ICMS				
256 Maio 08		280 Nov. 08		268 Fev. 09						
Base de Cálculo ICMS		Alíquota		Valor		Total				
R\$ 130,00		25%		R\$ 32,50		R\$ 161,50				

Se essa estudante comprar um secador de cabelos que consome 1 000 W de potência e considerando que ela e suas 3 amigas utilizem esse aparelho por 15 minutos cada uma durante 20 dias no mês, o acréscimo, em real, na sua conta mensal será de:

- a) R\$ 10,00 c) R\$ 13,00 e) R\$ 14,00
 b) R\$ 12,50 d) R\$ 13,50
2. (UFRPE) Considere dois fios ideais, não deformáveis, delgados, infinitos e paralelos. Os fios estão distantes de D no vácuo e carregam correntes elétricas constantes. Nesse contexto, é correto afirmar que há uma força magnética entre os fios, de módulo proporcional a:
- a) D_3 c) D e) $\frac{1}{D_2}$
 b) D_2 d) $\frac{1}{D}$
3. (Enem) No Brasil, o sistema de transporte depende do uso de combustíveis fósseis e de biomassa, cuja energia é convertida em movimento de veículos. Para esses combustíveis, a transformação de energia química em energia mecânica acontece:
- a) na combustão, que gera gases quentes para mover os pistões no motor.
 b) nos eixos, que transferem torque às rodas e impulsionam o veículo.
 c) na ignição, quando a energia elétrica é convertida em trabalho.
 d) na exaustão, quando gases quentes são expelidos para trás.
 e) na carburação, com a difusão do combustível no ar.
4. (Ufac) Um fio, reto e extenso, é percorrido por uma corrente elétrica contínua de intensidade $I = 3 \text{ A}$. A permeabilidade magnética do vácuo é $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$. Qual o módulo do campo magnético B produzido num ponto P à distância $r = 0,25 \text{ m}$ do fio, no vácuo?

- a) $24 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ d) $10,0 \cdot 10^{-6} \text{ T}$
 b) $5,0 \cdot 10^{-6} \text{ T}$ e) $7,5 \cdot 10^{-6} \text{ T}$
 c) $2,4 \cdot 10^{-6} \text{ T}$

5. (Uespi) Um estudante paga R\$ 40,00 (quarenta reais) por mês pelo uso de um chuveiro elétrico de 5 000 W de potência. Sabendo que essa quantia resulta de uma cobrança a custo fixo por kWh de energia elétrica consumida mensalmente, ele decide economizar trocando esse chuveiro por outro de 4 000 W. Se o novo chuveiro for utilizado durante o mesmo tempo que o chuveiro antigo, a economia em um mês será de:

- a) R\$ 5,00 d) R\$ 20,00
 b) R\$ 8,00 e) R\$ 39,00
 c) R\$ 15,00

6. (UEPB) O cientista inglês Michael Faraday (1791-1867) dedicou seus estudos a diversos ramos da Física, entre eles o eletromagnetismo. Nesse ramo, sua grande contribuição foi, sem dúvida, a descoberta do fenômeno da indução eletromagnética, que resultou na transformação radical da tecnologia. Por exemplo, quando um ímã se aproxima ou se afasta de uma espira, surgem, nessa espira, correntes induzidas que se opõem à aproximação ou ao afastamento do ímã. Esse fenômeno básico do eletromagnetismo se aplica:

- a) às lâmpadas incandescentes.
 b) aos geradores eletromagnéticos.
 c) aos chuveiros elétricos.
 d) às campainhas.
 e) aos eletroímãs.

7. (UFMT) A fração da energia solar incidente na superfície do planeta na forma de luz visível que, em parte, é temporariamente absorvida, é posteriormente reemitida em direção ao espaço interplanetário na forma de radiação infravermelha. No entanto, ao se encontrar com determinadas substâncias, como compostos de carbono, existentes na atmosfera, reflete-se e retorna em parte à superfície da Terra. Esse fenômeno denomina-se efeito estufa. O aumento de compostos de carbono no ar intensifica o efeito estufa, aquecendo ainda mais o planeta. Em relação ao assunto, assinale a afirmativa **correta**:

- a) A radiação reemitida pela superfície do planeta tem menor comprimento de onda que a incidente.
 b) A radiação incidente na superfície do planeta possui maior frequência que a reemitida.
 c) Os fótons da radiação incidente são menos energéticos que os da reemitida.
 d) A luz visível incidente transforma-se em radiação infravermelha devido ao fenômeno de reflexão na superfície do planeta.
 e) O efeito estufa viola o princípio de conservação de energia, por isso o planeta se aquece.