

BC0207

Energia: Origem, conversão e uso

Profa. Denise Criado
E-mail: denise.criado@ufabc.edu.br
Sala: 614-3, Torre 3 Bloco A

Aula 2

Cap. 2 – Mecânica da Energia – A, B, C, D, Foco 2.1, E, F
Cap. 3 – Conservação de Energia – A, B, C, D, E, F

Formas de energia

Uma forma de definir a energia é a capacidade de certos materiais têm, sob certas condições, de realizar tarefas úteis.

Vamos identificar as várias formas de energia e suas transformações .

Tabela 2.1 FORMAS DE ENERGIA

		Química	Nuclear	Radiante	Térmica	Elétrica	Mecânica (cinética, potencial)
Fontes Primárias		Uso Final					
Carvão	}	Química	Aquecimento				
Óleo combustível			Luz				
Gás natural			Movimento				
Urânio-nuclear			Eletricidade				
Sol-radiante/solar			Processos químicos				

Transformação da energia

As fontes primárias geralmente são transformadas por meio de um ou mais processos de conversão de energia.

Exemplos: energia química do óleo combustível é convertida em energia térmica liberada ao se queimar o óleo combustível em uma caldeira, transformando a água em vapor, movimentando uma turbina para gerar energia elétrica.

Célula solar: converte energia solar em elétrica.

Fonte primária: energia solar.

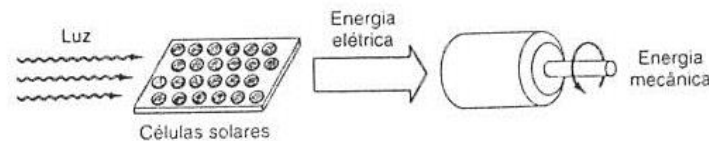


FIGURA 2.1

Ilustração das conversões entre diferentes formas de energia. Aqui, a energia da luz solar é convertida por uma célula solar em energia elétrica, que é utilizada para movimentar um motor.

Diferentes tipos de dispositivos que ilustram uma transformação de uma forma de energia em outra

Tabela 2.2 CONVERSÕES DE ENERGIA

De	Para Química	Para Elétrica	Para Calor	Para Luz	Para Mecânica
De Química	fábricas de alimentos	bateria célula a combustível	fogo alimentos	vela fosforescência	foguete músculo animal
De Elétrica	bateria eletrólise eletrodeposição	transistor transformador	torradeira lâmpada térmica vela de carro	lâmpada fluorescente diodo emissor de luz	motor elétrico relê
De Calor	gaseificação vaporização	termopar	bomba de calor trocador de calor	fogo	turbina motor a gasolina motor a vapor
De Luz	fotossíntese filme fotográfico	célula solar	lâmpada térmica irradiador solar	laser	abridor de portas fotoelétrico
De Mecânica	célula de calor (cristalização)	gerador alternador	freio de fricção	faísca de pedra	volante pêndulo roda d'água

Tipos de energia mecânica

A **Energia Mecânica (EM)** é dividida em 2 tipos de energia:

Energia Cinética (EC): Energia associada ao movimento de um corpo. Ex.: correnteza da água, um inseto voando.

Energia Potencial (EP): Energia associada a posição de um corpo; é a energia armazenada. Ex.: água no topo de uma represa possui energia potencial (EP) gravitacional devido à sua posição em relação ao fundo da represa.

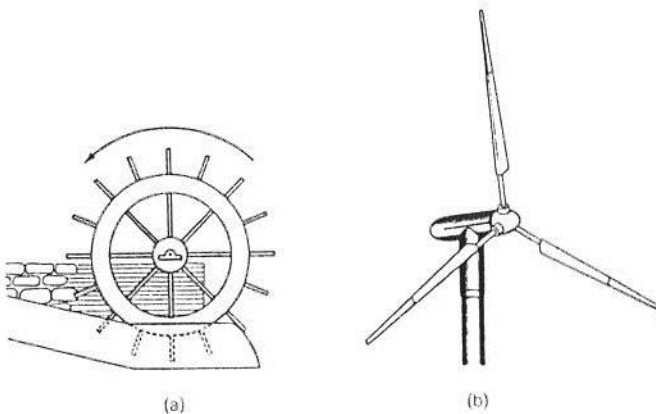


FIGURA 2.2

Dois exemplos ilustrando a conversão de energia cinética (EC) da água ou ar em movimento de uma roda d'água ou uma lâmina, que podem ser utilizadas para moer grãos ou gerar eletricidade, respectivamente. (a) Uma roda d'água semi-submersa. (b) Um gerador eólico de eixo horizontal e três lâminas.

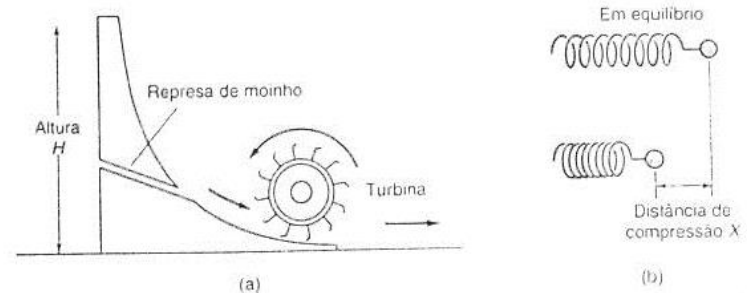


FIGURA 2.3

Exemplos de energia potencial. (a) A energia potencial gravitacional da água no reservatório atrás da represa é igual ao peso da água multiplicado pela sua altura acima da turbina. (b) A energia potencial da mola comprimida é proporcional ao quadrado do deslocamento X da mola em relação à sua posição de equilíbrio.

Movimento

Velocidade: Distância percorrida por um corpo dividida pelo tempo que levou para percorrer. (m/s, km/h, ft/s, mph)

Aceleração: variação da velocidade dividida pelo tempo transcorrido durante tal variação. (m/s^2)

Força: a interação de um corpo com outros corpos em seu ambiente, e normalmente assume a forma de um empurrão ou puxão. No SI é o newton (N)

Força líquida: soma (vetorial) de todas as forças que atuam sobre o corpo. (N)

Movimento

Segunda Lei de Newton: relação matemática entre a força líquida e a aceleração.

$$F = ma$$

No SI: N (newton)

Exemplo 1: Um meteoro de 6kg esta no espaço. Se uma força de 3N for aplicada sobre ele, qual será sua aceleração?

Movimento

Atrito: Força que atua no sentido oposto ao movimento.

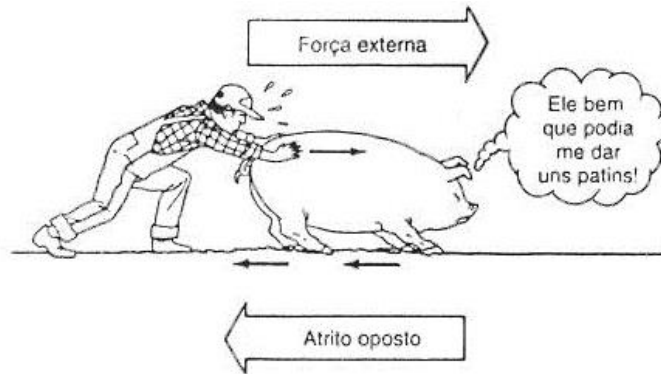


FIGURA 2.4

O atrito aparece em praticamente todas as situações no mundo real. Para acelerar um corpo, a força do empurrão deve exceder a força de atrito.

Para que ocorra a aceleração teve ter uma força líquida sobre o corpo, ou seja, a soma das forças que atuam sobre o corpo deve ser diferente de zero.

Velocidade constante significa que a força líquida aplicada ao corpo menos a força de atrito deve ser zero.

Problema com particulados



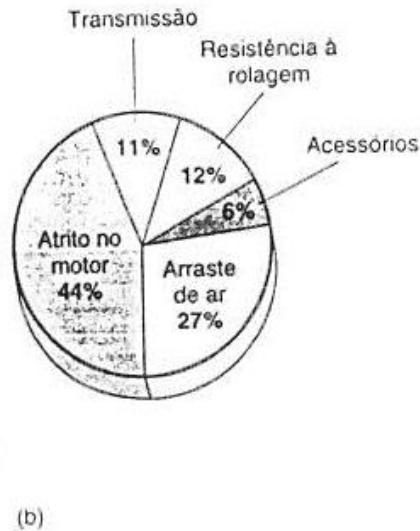
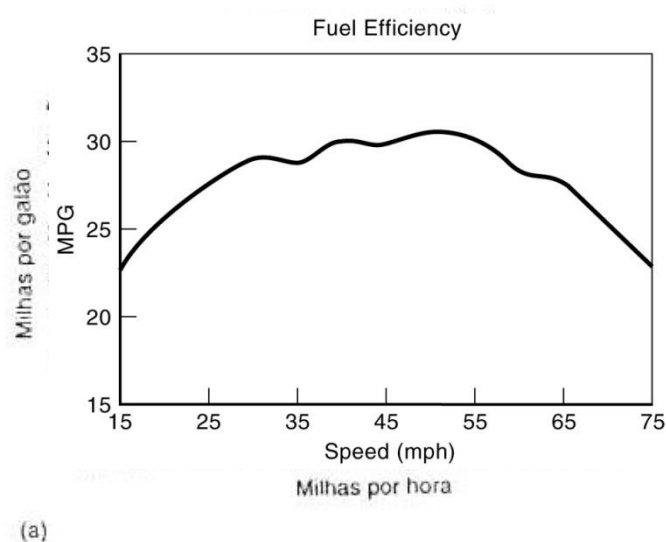
Exemplo 2: Uma emissão de particulados é formada por partículas de tamanho médio que têm uma velocidade vertical constante de $0,3 \text{ m/s}$. Se elas são emitidas por uma chaminé com altura de 200m e há um vento de 15 km/h , qual a distancia percorrida pela partícula até pousar na terra?

Perdas de energia em um carro

Eficiência do carro: eficiência do motor (quanto de energia química do combustível é convertida em trabalho para mover os pistões) e eficiência mecânica (fração do trabalho realizado pelo motor que realmente serve para mover o veículo).

$$F_{líquida} = F_{motor} - F_{atrito} = ma$$

Perdas de energia em um carro



Conversão

1 milha = 1,609 Km

1 gal = 4L

40 milhas/h =
64 Km/h

(a) Consumo de gasolina em função da velocidade de um carro. (INSURANCE INSTITUTE FOR HIGHWAY SAFETY); (b) Perdas de energia em um carro (média ponderada de vendas) em velocidades de cruzeiro (a eficiência do motor não está incluída). (ANNUAL REVIEW OF ENERGY, VOL. 19)

Vel. const.: $F_{\text{líquida}} = 0$

Perda por atrito no motor é menor e baixas velocidades.

O arraste de ar aumenta com o quadrado da velocidade, ou seja, o arraste de ar será 4 vezes maior a 60 mph do que a 30 mph.

Perdas de energia em um carro

Preço do combustível nos Estados Unidos é menor que nos demais países, por isso, consomem mais gasolina.

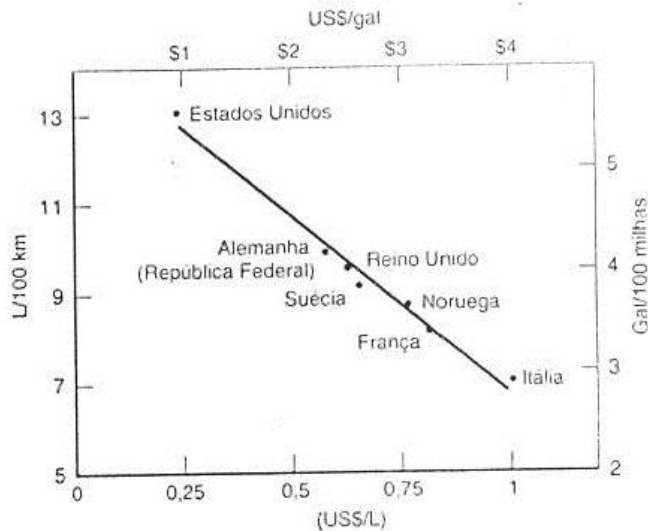


Tabela 2.3 NOVA FROTA DE CARROS DE PASSAGEIROS: CARACTERÍSTICAS MÉDIAS

Caraterísticas	1978	1988	1998
Peso (lb)	3.349	2.831	3.071
Potência (hp)	136	116	129
Tamanho do motor (deslocamento em in³)	260	161	164
Milhas por galão (combinação cidade/estrada)	19,9	28,6	28,6

Fonte: Departamento de Transportes dos Estados Unidos

Trânsito “anda-e-pára” consome mais combustível, pois aceleramos mais vezes (aplicamos uma força líquida).

O consumo tem diminuído nos últimos anos mais devido a diminuição da massa do que da melhora da eficiência.

Perdas de energia em um carro

24
Jan

Os 10 países onde a gasolina é mais cara e mais barata



A consultoria *Air Inc* avaliou o **preço** do galão da **gasolina** em 35 **países** de todo o mundo. Abaixo os **preços** foram convertidos da pesquisa original de dólares americanos por galão (3,78 litros) para reais por **litro**. Confira onde é mais **caro** e **barato** abastecer:

Mais caras:

- 1º **Eritreia**: R\$ 4,61 por litro
- 2º **Noruega**: R\$ 4,49
- 3º **Itália**: R\$ 4,10
- 4º **Dinamarca**: R\$ 4,08
- 5º **Mônaco**: R\$ 4,07
- 6º **Reino Unido**: R\$ 3,91
- 7º **França**: R\$ 3,88
- 8º **Hong Kong**: R\$ 3,78
- 9º **Alemanha**: R\$ 3,74
- 10º **Japão**: R\$ 3,17

13º. **Brasil**: R\$ 2,90

Mais baratas:

- 1º **Venezuela**: R\$ 0,03 por litro
- 2º **Arábia Saudita**: R\$ 0,22
- 3º **Kuwait**: R\$ 0,39
- 4º **Egito**: R\$ 0,55
- 5º **Emirados Árabes Unidos**: R\$ 0,85
- 6º **Nigéria**: R\$ 1,09
- 7º **Irã**: R\$ 1,17
- 8º **México**: R\$ 1,29
- 9º **Rússia**: R\$ 1,56
- 10º **Estados Unidos**: R\$ 1,71

Lista completa [neste link](#)

Fonte: AIR INC

- Com R\$ 1 você conhece toda a Venezuela de carro.

Energia e trabalho

Nenhum trabalho é realizado se o corpo ao qual a força é aplicada não se move, não importa com quanta força você o empurre.

$$\textit{Trabalho} = \textit{força} \times \textit{distância}$$

$$W = F \times d$$

Ex. Aplicar força a um carrinho e movimentá-lo a uma certa distância (o carrinho adquiriu energia cinética), elevar um corpo até uma certa altura (o trabalho realizado aumentou a energia potencial).

No SI: N.m ou J (Joules) (equivale a energia de potencial de uma massa que esta a um metro acima do chão)

Ex. 3: Um homem empurra uma caixa ao longo do chão, exercendo uma força de 150N sobre ela na direção do movimento. Se a caixa é movida por 3 m, quanto trabalho (W) o homem realizou?

Energia e trabalho

Tabela 2.4 UNIDADES EM MECÂNICA

Quantidade	SI	Sistema Inglês	Conversões
Velocidade	m/s	ft/s	1 ft/s = 0,305 m/s
Aceleração	m/s ²	ft/s ²	1 ft/s ² = 0,305 m/s ²
Força	newton (N)	lb	1 lb = 4,45 N
Energia	joule (J)	ft-lb	1 ft-lb = 1,356 J
Potência	watt (W)	ft-lb/s, hp	550 ft-lb/s = 1 hp = 746 W

Energia e trabalho

Empurrando um corpo ladeira acima a partir do repouso:

$$W = \Delta(EC + EP)$$

Outra maneira de transferir energia é pela adição de calor.

Calor é a energia transferida como resultados da diferença de temperatura entre dois corpos.

Um corpo nunca contém calor, um corpo contém energia térmica.

$$W + Q = \Delta(EC + EP + ET)$$

A realização de trabalho sobre um corpo lhe fornece mais energia. Inversamente, a energia é a capacidade de realizar trabalho.

Energia e trabalho

Energia Potencial: relacionada a altura de um corpo.

$$EP = peso \times altura = mgh$$

Onde: m = massa, g=aceleração da gravidade ($9,8\text{m/s}^2$),
h=altura

Ex. 4: Quanta energia potencial tem 10.000kg de água (aproximadamente 10m^3 ou 2.600gal) atrás de uma represa, se a queda d água antes de atingir as pás de uma turbina é de 20 m?

Energia e trabalho

Energia Cinética: associada a movimento de um corpo.

$$EC = \frac{1}{2}mv^2$$

Onde: m = massa, v = velocidade

Ex. 5: Qual é a energia de 1 kg de ar (aproximadamente 1 m³) movendo-se a 15 m/s?

Potência

Potência: taxa com que se realiza trabalho, ou a taxa com que a energia é produzida, utilizada ou transferida.

$$Potência = \frac{trabalho_realizado}{tempo_gasto} = \frac{energia_utilizada}{tempo_gasto}$$

No SI: joule/segundo ou Watt (W)

FIGURA 3.1
Se a bola é cuidadosamente lançada do Ponto A para oscilar através dos Pontos A-B-C-B-A, ela não irá ultrapassar A em seu retorno (e, assim, não irá quebrar o nariz da pessoa). A massa possui uma quantidade fixa de energia no Ponto A, a qual se encontra na forma de energia gravitacional potencial. No Ponto B, toda a energia da massa se encontra na forma cinética e a massa atinge sua máxima velocidade neste ponto. A massa não pode ultrapassar o Ponto A porque, para fazê-lo, ela precisaria ganhar energia, o que é impossível dada a ausência de forças externas.

Conservação de energia

No caso de um sistema não isolado:

A energia dentro de um sistema é igual á energia que sai dele mais a energia que ele armazena.

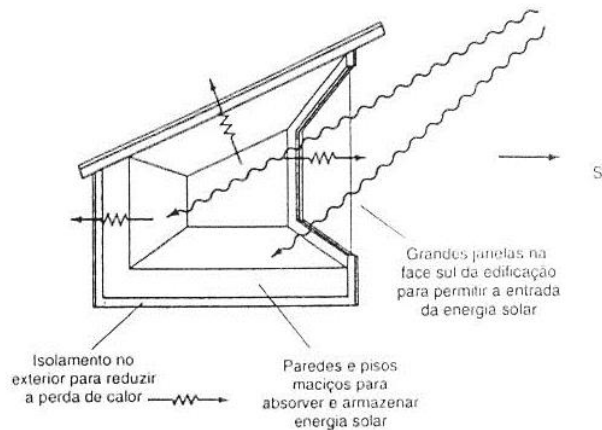


FIGURA 3.2
Uma casa com
energia solar
passiva. Energia que
entra = energia que
sai + energia
armazenada.

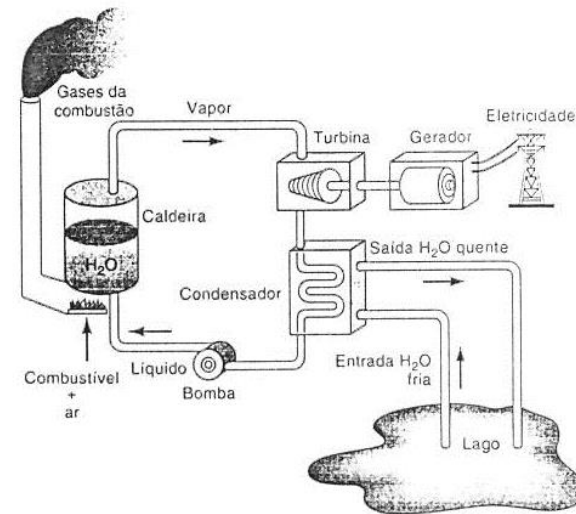


FIGURA 3.3
Diagrama de
bloco de uma
estação geradora
de eletricidade
abastecida por
combustível
fóssil. Entrada de
energia = saída
de energia,
porque não
ocorre
armazenamento.

Eficiência na conversão de energia

Quanto da energia conservada em um processo de conversão de energia será transformada em energia útil ou trabalho útil?

A eficiência de um processo de conversão de energia é definida:

$$Eficiência = \frac{\text{produção de energia ou trabalho útil}}{\text{total de entrada de energia ou energia armazenada}} \times 100\%$$

No exemplo da usina, apenas uma fração da entrada de energia (energia química do combustível) é convertida em energia elétrica, em torno de 35%. Neste caso:

$$Eficiência = \frac{E_{\text{eletricidade}}}{E_{\text{combustível}}} \times 100\% = 0,35 \times 100\% = 35\%$$

Eficiência na conversão de energia

Tabela 3.1 EFICIÊNCIAS DE ALGUNS SISTEMAS E ESQUEMAS DE CONVERSÃO DE ENERGIA

Esquema	Eficiência
Geradores elétricos (mecânica → elétrica)	70–99%
Motor elétrico (elétrica → mecânica)	50–95%
Fornalha a gás (química → térmica)	70–95%
Turbina de vento (mecânica → elétrica)	35–50%
Usina de energia abastecida por combustível fóssil (química → térmica → mecânica → elétrica)	30–40%
Usina nuclear (nuclear → térmica → mecânica → elétrica)	30–35%
Motor de automóvel (química → térmica → mecânica)	20–30%
Lâmpada fluorescente (elétrica → luminosa)	20%
Lâmpada incandescente (elétrica → luminosa)	5%
Célula solar (luminosa → elétrica)	5–28%

Eficiência na conversão de energia

No caso de um processo com diferentes etapas, a eficiência geral será igual ao produto das eficiências individuais.

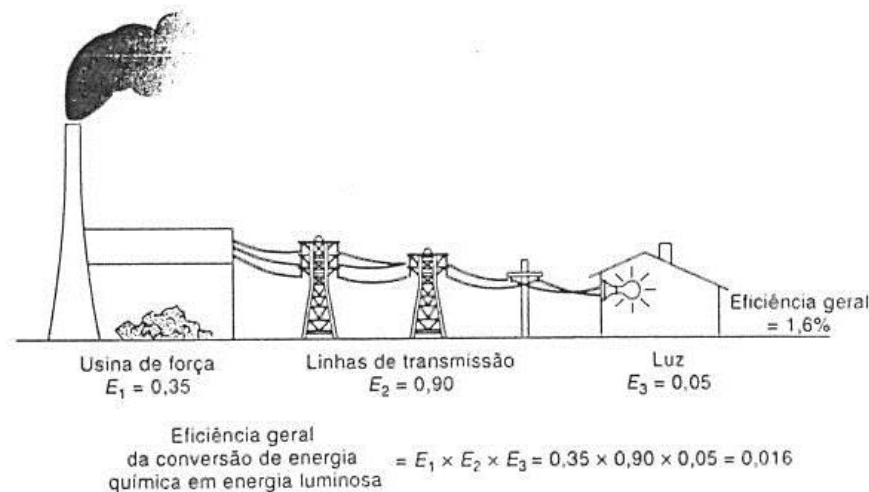


FIGURA 3.4

O cálculo da eficiência geral de um processo de múltiplas etapas envolve a multiplicação das eficiências das etapas individuais.

A eficiência geral nunca será maior que a da etapa do processo com menor eficiência.

Energia em países em desenvolvimento

Países em desenvolvimento concentram $\frac{3}{4}$ da população mundial, mas consomem apenas $\frac{1}{4}$ da energia.

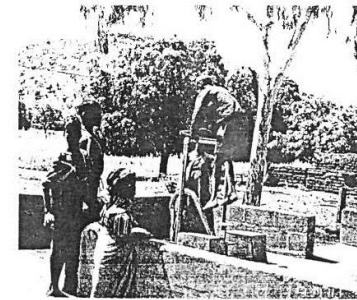


FIGURA 3.5
Um interessante método de bombear água em Burkina Faso, Oeste da África. O menino está realizando o trabalho utilizando a Energia Potencial (EP) adquirida ao pular no ar. (W. BENNETT)

Tabela 3.2 CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA COMERCIAL: 1970 E 1999

Região	1970		1999	
	Consumo de Energia	Per capita	Consumo de energia	Per capita
	(10^{18} J)	(10^9 J/pessoa)	(10^{18} J)	(10^9 J/pessoa)
Países em desenvolvimento	31	12	137	34
América Latina	8	26	16	49
Ásia	19	10	110	34
África	4	10	11	22
Países industrializados	129	180	183	221
Economias de planejamento centralizado	44	120	38	128
MUNDO	203	55	358	70

Fontes: British Petroleum, *BP Amoco Statistical Review of World Energy* (Londres: 2000);
Nações Unidas, *World Population Prospects 1990* (Nova York: 1991).

Energia em países em desenvolvimento

Desde 1960, os países em desenvolvimento quadruplicaram o seu uso de energia enquanto triplicaram o seu uso per capita.

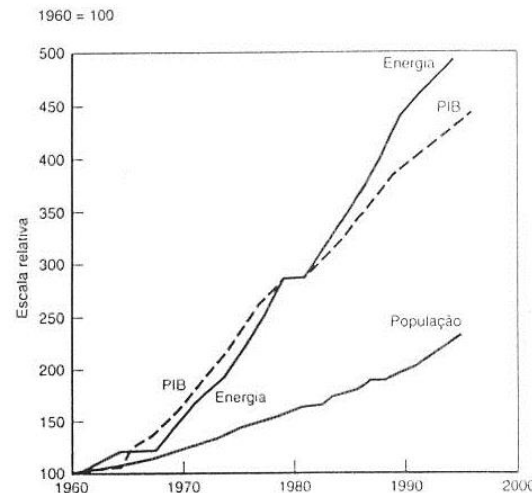


FIGURA 3.6

Crescimento no uso de energia, PIB e população nos países em desenvolvimento: 1960-1995. (FONTES: BRITISH PETROLEUM, NAÇÕES UNIDAS, BANCO MUNDIAL, POPULATION REFERENCE BUREAU).

Problemas causados em alguns países: aumenta na dívida externa causado pela importação de petróleo, problemas ambientais e de saúde causados pelo declínio da qualidade de ar e pela degradação dos recursos hídricos.

Energia em países em desenvolvimento

O carvão, que é o combustível fóssil que mais emite CO₂ quando queimando, gera 70% da eletricidade na China e Índia.

Tabela 3.3 USO DE ENERGIA NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

Fonte	Percentual
Biomassa	35
Petróleo	26
Carvão	25
Gás natural	8
Outros renováveis	6
Nuclear	<1

Fonte: Worldwatch Institute (www.worldwatch.org), "State of the World, 1993".

Equivalência de Energia

O “valor de aquecimento” de um combustível é a quantidade de calor que este fornece quando completamente queimado.

Um Btu é a energia necessária para elevar em 1°F a temperatura de uma libra de água.

Uma caloria é a energia necessária para elevar 1°C a temperatura de uma grama de água.

$1 \text{ Btu} = 252 \text{ cal} = 1.055 \text{ J}$.

Equivalência de Energia

Tabela 3.4 CONVERSÕES E EQUIVALÊNCIAS

Unidades de energia	1 Btu = 1.055 J = 778 ft-lb = 252 cal 1 ft-lb = 1.356 J = 0.33 cal 1 caloria = 4,184 J 1 caloria alimento = 1.000 cal = 1 kcal 1 hp-hr = $2,68 \times 10^6$ J = 0,746 kWh 1 kWh = $3,61 \times 10^6$ J = 3.413 Btu = $2,65 \times 10^5$ ft-lb 1 Quad = 10^{15} Btu 1 GJ = 10^9 J = 948.000 Btu
Unidades de força	1 watt = 1 J/s = 3,41 Btu/h 1 hp = 550 ft-lb/s = 2.545 Btu/h = 746 W
Relações de combustíveis	1 barril (bbl) de petróleo cru = 42 gal = $5,8 \times 10^5$ Btu = $6,12 \times 10^9$ J 1 standard ft ³ de gás natural (SCF) = 1.000 Btu 1 therm = 100.000 Btu 1 gal de gasolina = $1,24 \times 10^5$ Btu 10 ⁶ ft ³ de gás natural = 172 bbl de petróleo cru 1 ton de carvão betuminoso = 25×10^6 Btu 1 ton ²³⁵ U = 70×10^{12} Btu 1.000 bbl/dia de petróleo = $2,117 \times 10^{12}$ Btu/ano 1 milhão de bbl/dia de petróleo (1 MBPD) = $5,8 \times 10^{12}$ Btu/dia = 80 milhões de toneladas por ano de carvão = ¼ tonelada por ano de óxido de urânio
Demanda de combustível para uma usina de força 1.000 MWe (entrada de $2,4 \times 10^{11}$ Btu/dia)	Carvão: 9.000 tons/dia ou 1 unidade de carga de trem (100 carros de 90 toneladas) dia Petróleo: 40.000 bbl/dia ou 1 petroleiro/semana Gás natural: $2,4 \times 10^8$ SCF/dia Urânio (como ²³⁵ U): 3 kg/dia
Necessidades de energia	Consumo total de energia nos EUA (1999) = 97×10^{15} Btu (97 Quads) = 45 MBPD de petróleo ou equivalente = 102×10^9 GJ

continua

Tabela 3.4 CONVERSÕES E EQUIVALÊNCIAS (continuação)

Uso diário e equivalências de energia	1 barril (bbl) de petróleo = dirigir 1.400 km (840 milhões) em um carro médio Eletricidade para abastecer uma cidade de cem mil habitantes demanda 4.000 bbl de petróleo por dia Demanda energética do Estado da Califórnia por 8 h = 1 milhão de bbl de petróleo 1 gal de gasolina = 11 kWh de eletricidade (com 30% de eficiência na geração) = 5 h de operação de um aparelho de ar-condicionado padrão = 200 dias de funcionamento de um relógio eletrônico = 48 h de funcionamento de uma TV colorida = incidência de energia solar em 2 m ² (22 ft ²) durante um dia
Um milhão de Btu equivalem a aproximadamente	90 lb de carvão 125 lb de madeira seca no forno 8 gal de gasolina 10 therms de gás natural 1 dia de consumo per capita de energia nos Estados Unidos 100 kWh de eletricidade produzida em uma usina de força
Dados de força	Uma usina de 1.000 MWe, a 60% da capacidade, gera $5,3 \times 10^9$ kWh/ano, suficiente para uma cidade de aproximadamente 1 milhão de habitantes Uso de força per capita nos Estados Unidos = 12 kW Humano, sentado = 60 W Humano, correndo = 400 W Automóvel a 65 mph = 33 kW

Ex. 6: Se uma tonelada de carvão betuminoso for queimada para produzir eletricidade, quantos kWh podem ser produzidos se a eficiência dessa conversão é de 35%?

Bibliografia

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