Exercício 1

EXEMPLO 2–1 Um Automóvel Movido a Combustível Nuclear

Um automóvel comum consome cerca de 5 l de gasolina por dia, e a capacidade do tanque de combustível é de cerca de 50 l. Assim, um automóvel precisa ser reabastecido a cada 10 dias. Da mesma forma, a densidade da gasolina varia de 0,68 a 0,78 kg/l, e seu poder calorífico inferior é aproximadamente 44.000 kJ/kg (ou seja, 44.000 kJ de calor são liberados quando 1 kg de gasolina é queimado completamente). Suponha que todos os problemas associados à radioatividade e disposição final de resíduos dos combustíveis nucleares estejam resolvidos, e que o automóvel seja abastecido com o U-235. Se um automóvel novo vier equipado com 0,1 kg do combustível nuclear U-235, determine se este automóvel terá de ser reabastecido em condições normais de uso (Figura 2-9).

Solução Um automóvel abastecido com energia nuclear vem equipado com combustível nuclear. É preciso determinar se este automóvel precisará de reabastecimento.

Hipóteses 1 A gasolina é uma substância incompressível com densidade média de 0,75 kg/l. 2 O combustível nuclear é convertido completamente em energia térmica.

Análise A massa de gasolina usada por dia pelo automóvel é

$$m_{\text{gasolina}} = (\rho V)_{\text{gasolina}} = (0{,}75\ \text{kg/l})(5\ \text{l/dia}) = 3{,}75\ \text{kg/dia}$$

Observando que o poder calorífico da gasolina é de 44.000 kJ/kg, a energia fornecida ao automóvel por dia é

$$\begin{aligned} E &= (m_{\text{gasolina}})(\text{Poder calorífico}) \\ &= (3{,}75\ \text{kg/dia})(44.000\ \text{kJ/kg}) = 165.000\ \text{kJ/dia} \end{aligned}$$

A fissão completa de 0,1 kg de urânio-235 libera

$$(6{,}73 \times 10^{10}\ \text{kJ/kg})(0{,}1\ \text{kg}) = 6{,}73 \times 10^{9}\ \text{kJ}$$

de calor, que é suficiente para atender às necessidades de energia do automóvel por

$$\begin{aligned} \text{N}^{\text{o}}\ \text{de dias} &= \frac{\text{Quantidade de energia do combustível}}{\text{Uso diário de energia}} = \frac{6{,}73 \times 10^{9}\ \text{kJ}}{165.000\ \text{kJ/dia}} = \\ &= \mathbf{40.790\ dias} \end{aligned}$$

o que equivale a cerca de 112 anos. Considerando que nenhum automóvel dure mais que 100 anos, esse veículo nunca precisará ser reabastecido. Parece, então, que combustível nuclear equivalente ao tamanho de uma cereja é suficiente para abastecer um automóvel durante toda a sua vida útil.

Discussão Observe que o problema não é muito realista, uma vez que a massa crítica necessária não pode ser atingida com uma quantidade tão pequena de combustível. Além disso, nem todo o urânio pode ser convertido durante fissão, novamente devido aos problemas de massa crítica após conversão parcial.

Exercício 2

EXEMPLO 2–2 Energia do Vento

Um local avaliado para uma estação eólica tem ventos estáveis de velocidade 8,5 m/s (Figura 2-10). Determine a energia do vento (*a*) por unidade de massa, (*b*) para uma massa de 10 kg de ar e (*c*) para um fluxo de massa de 1154 kg/s de ar.

Solução Um local com velocidade do vento conhecida é considerado. As energias por unidade de massa para uma massa especificada e para um certo fluxo de massa de ar devem ser determinadas.

Hipótese O vento sopra de modo estável à velocidade especificada.

Análise A única forma de energia do ar atmosférico aproveitável para esse fim é a energia cinética, a qual é capturada por uma turbina eólica.

(*a*) A energia do vento por unidade de massa do ar é

$$e = \mathrm{ec} = \frac{V^2}{2} = \frac{(8{,}5\ \mathrm{m/s})^2}{2}\left(\frac{1\ \mathrm{J/kg}}{1\ \mathrm{m^2/s^2}}\right) = \mathbf{36{,}1\ J/kg}$$

(*b*) A energia do vento para uma massa de ar de 10 kg é

$$E = me = (10\ \mathrm{kg})(36{,}1\ \mathrm{J/kg}) = \mathbf{361\ J}$$

(*c*) A energia do vento para um fluxo de massa de 1154 kg/s é

$$\dot{E} = \dot{m}e = (1154\ \mathrm{kg/s})(36{,}1\ \mathrm{J/kg})\left(\frac{1\ \mathrm{kW}}{1000\ \mathrm{J/s}}\right) = \mathbf{41{,}7\ kW}$$

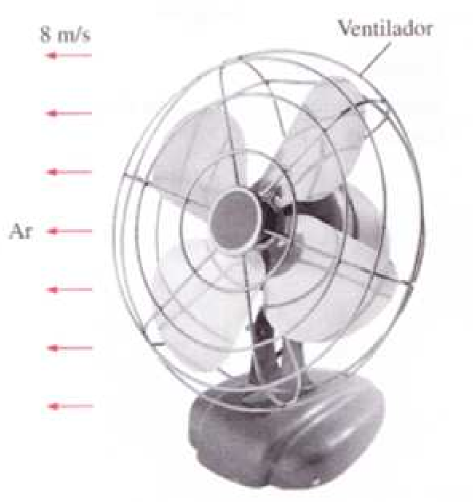
Discussão É possível mostrar que o fluxo de massa especificado corresponde a uma seção de escoamento com diâmetro de 12 m quando a densidade do ar é de 1,2 kg/m³. Portanto, uma turbina de envergadura de 12 m tem um potencial de geração de energia de 41,7 kW. Turbinas eólicas reais convertem cerca de um terço desse potencial em energia elétrica.

Exercício 3

EXEMPLO 2–11 Aceleração do Ar por Meio de um Ventilador

Um ventilador que consome 20 W de energia elétrica quando em operação descarrega ar de uma sala ventilada a uma taxa de 0,25 kg/s e a uma velocidade de 8 m/s

Determine o rendimento da conversão de energia elétrica em mecânica



Resolução:

Massa de ar (por segundo) = 0,25 Kg

Velocidade do ar = 8 m/s

Energia cinética = $mv^2/2 = \dfrac{0{,}25 \text{ Kg} \times (8 \text{ m/s})^2}{2} = 8 \text{ J}$ (obs: unidades SI)

Como estamos considerando a massa de ar por segundo, esta é a energia cinética por segundo do ar descarregado, ou seja, a potência:

P = 8 J/s = 8 W

Como a potência elétrica consumida foi de 20 W, o rendimento será:

η = 8 W/20 W = 40%

Exercício 4

EXEMPLO 2–16 Desempenho de um Conjunto Gerador-Turbina Hidráulica

A água de um grande lago deve ser utilizada para gerar eletricidade, por meio da instalação de um conjunto gerador-turbina hidráulica em um local onde a profundidade da água é de 50 m (Figura 2-60). A água deve ser fornecida à razão de 5000 kg/s. Se a potência elétrica gerada medida é de 1862 kW e a eficiência do gerador é de 95%, determine (*a*) a eficiência global do conjunto gerador-turbina, (*b*) a eficiência mecânica da turbina e (*c*) a potência de eixo fornecida pela turbina ao gerador.

Solução Um conjunto gerador-turbina hidráulica deve gerar eletricidade por meio da água de um lago. A eficiência global, a eficiência da turbina e a potência de eixo da turbina devem ser determinadas.

Hipóteses **1** A profundidade do lago permanece constante. **2** A energia mecânica da água na saída da turbina é desprezível.

Propriedades A densidade da água pode ser tomada como $\rho = 1000\ \text{kg/m}^3$.

Análise (*a*) Escolhemos convenientemente o fundo do lago como o nível de referência. Assim, as energias cinética e potencial da água são zero, e a variação de sua energia mecânica por unidade de massa torna-se

$$e_{\text{mec},e} - e_{\text{mec},s} = \frac{P}{\rho} - 0 = gh = (9{,}81\ \text{m/s}^2)(50\ \text{m})\left(\frac{1\ \text{kJ/kg}}{1000\ \text{m}^2/\text{s}^2}\right)$$
$$= 0{,}491\ \text{kJ/kg}$$

A taxa com a qual a energia mecânica é fornecida à turbina pelo fluido e a eficiência global tornam-se

$$|\Delta \dot{E}_{\text{mec,fluido}}| = \dot{m}(e_{\text{mec},e} - e_{\text{mec},s}) = (5000\ \text{kg/s})(0{,}491\ \text{kJ/kg}) = 2455\ \text{kW}$$

$$\eta_{\text{global}} = \eta_{\text{turbina-ger}} = \frac{\dot{W}_{\text{elétr},s}}{|\Delta \dot{E}_{\text{mec,fluido}}|} = \frac{1862\ \text{kW}}{2455\ \text{kW}} = 0{,}76$$

(*b*) Conhecendo as eficiências global e do gerador, a eficiência mecânica da turbina é determinada por

$$\eta_{\text{turbina-ger}} = \eta_{\text{turbina}}\eta_{\text{gerador}} \rightarrow \eta_{\text{turbina}} = \frac{\eta_{\text{turbina-ger}}}{\eta_{\text{gerador}}} = \frac{0{,}76}{0{,}95} = 0{,}80$$

(*c*) A potência de eixo na saída é determinada pela definição de eficiência mecânica,

$$\dot{W}_{\text{eixo},s} = \eta_{\text{turbina}}|\Delta \dot{E}_{\text{mec,fluido}}| = (0{,}80)(2455\ \text{kW}) = 1964\ \text{kW}$$

Discussão Observe que o lago fornece 2455 kW de energia mecânica à turbina, a qual converte 1964 kW desta em trabalho de eixo para mover o gerador, que por sua vez gera 1862 kW de energia elétrica. Existem perdas associadas a cada componente.

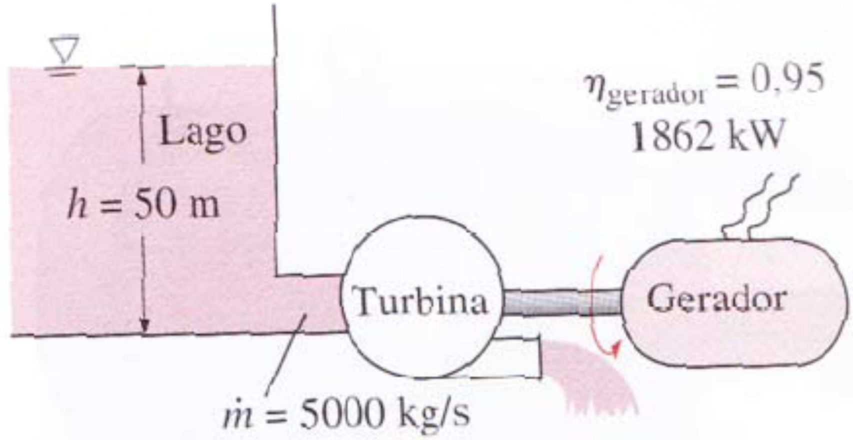


FIGURA 2–60

Representação esquemática do Exemplo 2–16.