

Resistência Total ao Avanço

Exemplos

1) Um caminhão pesado, com peso de 328800 N, avança pela rodovia I70 de Denver a 108 km/h. A temperatura do ar é de 12,8 °C e a pressão barométrica é de 88,4 kPa. O caminhão tem largura de 2,44 m e altura de 4,11 m, e seu coeficiente aerodinâmico de arrasto é 0,65. O caminhão usa pneus radiais. Calcule o arrasto aerodinâmico, a resistência ao rolamento (de acordo com a equação da SAE) e a potência de avanço (potência da “road load”) nessas condições.

Solução:

Vamos usar a equação:

$$D_A = \frac{1}{2} \rho V^2 C_D A$$

A temperatura e a pressão são diferentes da padrão. Assim:

$$\rho = 1,225 \left(\frac{88,4}{101,325} \right) \left(\frac{288,16}{273,16 + 12,8} \right) = 1,077 \text{ kg/m}^3$$

Portanto:

$$D_A = 0,5 \cdot 1,077 \cdot \left(\frac{108}{3,6} \right)^2 \cdot 0,65 \cdot (2,44 \cdot 4,11) = 3159 \text{ N}$$

Para a resistência ao rolamento, da equação da SAE para pneus radiais:

$$f_r = (0,0041 + 0,0000041 \cdot V) \cdot C_h$$

Com coeficiente de rolamento $C_h = 1$ (concreto liso), temos:

$$f_r = \left[0,0041 + 0,0000041 \cdot \left(\frac{108}{1,60934} \right) \right] = 0,00685$$

Portanto, a resistência ao rolamento é:

$$R_x = 0,00685 \cdot 328800 = 2252 \text{ N}$$

Na velocidade de 108 km/h, a potência requerida para equilibrar o arrasto aerodinâmico será:

$$Pot_A = (3159 \text{ N}) \cdot \left(\frac{108 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} \right) = 94,77 \text{ kW} \cong 127 \text{ hp}$$

E a potência para equilibrar a resistência ao rolamento será:

$$Pot_R = (2252 \text{ N}) \cdot \left(\frac{108 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} \right) = 67,56 \text{ kW} \cong 90,6 \text{ hp}$$

Potência total requerida: 162,33 kW \cong 217,6 hp

Obs.:

- Esse tipo de caminhão tem motor de 350 a 600 hp.

- Com consumo de combustível típico do motor de 0,213 kg/kWh, o motor consumirá 34,58 kg/h, ou 45,44 l/h, de combustível, correspondendo a aproximadamente 2,38 km/l. É usual ter um tanque com capacidade de 1130 l, o que dá autonomia de cerca de 2700 km, ou 24 horas, antes de abastecer novamente.

2) Um automóvel de passeio tem área frontal de $1,95 \text{ m}^2$ e coeficiente de arrasto igual a $0,42$. Ele avança com velocidade de $88,5 \text{ km/h}$. Calcule o arrasto aerodinâmico e a potência requerida correspondente se esse carro estiver avançando com vento de 40 km/h pela frente, e com vento de 40 km/h pela ré.

Solução:

O arrasto deve ser calculado pela equação:

$$D_A = \frac{1}{2} \rho V^2 C_D A$$

com V sendo a velocidade relativa do veículo com o vento.

Vamos adotar as condições normais de temperatura e pressão.

Vento de frente:

$$D_A = 0,5 \cdot 1,225 \cdot \left(\frac{88,5 + 40}{3,6} \right)^2 \cdot 0,42 \cdot 1,95 = 639 \text{ N} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow Pot = 639 \cdot \frac{88,5}{3,6} = 15,7 \text{ kW} = 21 \text{ hp}$$

Vento de ré:

$$D_A = 0,5 \cdot 1,225 \cdot \left(\frac{88,5 - 40}{3,6} \right)^2 \cdot 0,42 \cdot 1,95 = 91 \text{ N} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow Pot = 91 \cdot \frac{88,5}{3,6} = 2,2 \text{ kW} = 3 \text{ hp}$$

Obs.:

- sem vento: $\sim 300 \text{ N} \Rightarrow 7,3 \text{ kW} = 10 \text{ hp}$
- diferença devida ao quadrado da velocidade relativa.