

**ENGENHARIA FLORESTAL**  
**MECÂNICA TÉCNICA**

**CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE TEORIA DE TRACÇÃO**

**Exercícios de aplicação**

**I**

1- Um tractor exerce uma força de tracção à barra de 15 kN à velocidade de 2 m/s. Qual a potência à barra que desenvolve nestas condições ?

2- Um tractor exerce uma força de tracção à barra de 12000 N à velocidade real de avanço de 2m/s. O escorregamento das rodas motrizes nestas condições é de 20%. Qual a potência perdida devido ao escorregamento.

3- Um tractor com 2000 kg de massa exerce uma força de tracção de 1200 kg. As perdas por rolamento e escorregamento são de 10 e 20 % respectivamente. Sendo a velocidade de avanço de 2m/s, qual é a potência desenvolvida ao eixo do motor ?.

4- Um tractor com 2000 kg de massa exerce uma força de tracção de 1200 kg. As perdas por rolamento e escorregamento são de 10 e 20 % respectivamente. Sendo a velocidade de avanço de 2m/s, e o rendimento à transmissão de 92 %, calcule:

a) A potência desenvolvida pelo motor ?.

b) Considerando que o consumo específico do motor é de 260 g/kW.h, qual o consumo horário em litros; a massa volúmica do combustível é de 0.84.

c) Sabendo que o reservatório de combustível do tractor tem uma capacidade de 60 L, qual é autonomia, em horas de trabalho, do tractor considerado ?

5- Um tractor acciona um colhedor de batatas a uma velocidade de 1 m/s. O escorregamento das rodas motrizes é praticamente nulo e a força de tracção desenvolvida é de 7500 N. À velocidade considerada a TDF gira a 540 rpm e o binário absorvido é de 300 Nm.

Calcule a potência consumida pelo colhedor.

6- Um tractor acciona um colhedor de batatas a uma velocidade de 1 m/s. O escorregamento das rodas motrizes é praticamente nulo e a força de tracção desenvolvida é de 7500 N. À velocidade considerada a TDF gira a 540 rpm e o binário absorvido é de 300 Nm.

Considerando que:

- a resistência ao rolamento do tractor é de 1500 N;

- o rendimento da transmissão às rodas e à TDF é de 90%, qual a potência exigida ao motor

?.

7- Um tractor com uma massa de 25000 N puxa um reboque carregado, cuja tara (peso em vazio) é de 10000 N. Considerando que a resistência ao rolamento é de 10% para o tractor e reboque, o coeficiente de aderência é de 60%.

Qual a carga máxima que se poderá por no reboque ?.

8- Um tractor está a trabalhar com uma charrua de 2F, 14". Desejando-se efectuar uma lavoura num solo com uma resistência específica de 100 kg/dm<sup>2</sup>, q 25 cm de profundidade, calcule:

a) A força de tracção necessária ?.

b) A potência à barra para uma velocidade de avanço de 4.5 km/h.

c) Considerando que o escorregamento é de 20%, determine a potência desenvolvida pelo motor

9- Um tractor de 37 kW à TDF acciona uma máquina rebocada que necessita de 25kW. Pesando a máquina e o tractor 4 ton. e sendo a resistência ao avanço de 100 kg/ton, calcule:

a) A velocidade a que se pode deslocar o conjunto em trabalho?

b) Supondo que a velocidade de avanço é de 1 m/s, qual é o declive limite que pode subir o conjunto ?; admita que para vencer 1% de inclinação é necessária uma força de tracção de 1% da massa do conjunto.

10- Um tractor com uma massa de 2.5 ton. puxa em estrada um reboque de 5 ton. Considerando que a resistência ao rolamento é de 50 kg/ton, calcule:

a) A potência desenvolvida no eixo motriz, quando o conjunto se desloca a 25 km/h.

b) Admitindo que o rendimento à transmissão é de 90%, o consumo específico de 270 g/kW.h, a massa volúmica de 0.84, qual será o consumo ?.

1 - Comprou um tractor para trabalhar numa vinha implantada segundo o declive com 35% de inclinação. Trata-se de um tractor de 4RM (iguais) com 35 kW de potência ao volante do motor e uma massa total de 12000 N.

Pretende fazer uma mobilização com um escarificador com rodas de tancharia a 5 cm de profundidade. Calcule:

a) Massa total do tractor necessária a este trabalho. Coef. de tracção (k) de 0.40, escorregamento (E)15% e coeficiente de resistência ao rolamento (Cr) de 0.18. A força de tracção prevista é de 4.5 kN.

b) Qual a potência a fornecer pelo motor no trabalho ascendente a uma velocidade de avanço de 3.4 km/h. Rendimento da transmissão ( $\eta_t$ ) de 0.85.

c) Se quisesse combinar com este trabalho uma operação de despona usando um equipamento de transmissão hidrostática que exige um débito de 20 l/min a uma pressão de 120 bar (Rend. global de 0.80), qual seria a reserva de potência com que trabalharia?

d) Qual o consumo de combustível previsível desta operação combinada, sabendo que o consumo específico médio do motor é de 248 g/kW.h (massa volúmica do gasóleo 900 g/l).

2 - Calcule a máxima força de tracção realizável pelo seguinte tractor, em solo duro:

Sistema de locomoção - Rasto

Massa em ordem de marcha - 2500Kg

Coefficiente de tracção (k) - 0.7

Coefficiente de resistência ao rolamento (Cr) - 0.06

3 - Calcule:

a) a força de tracção que o tractor com 4RM, de 2.2 m de distância entre eixos e peso 24.5 kN, estando o seu centro de massas (c.m.) a 0.7 m do eixo traseiro, pode realizar num solo lavrado recentemente.

b) a potência nominal ideal do motor desse tractor se tivesse que realizar essa força a 8 km/h.

Dados:

Coef. de tracção (k) - 0.4

Coef. de resistência ao rolamento (Cr) - 0.18

Escorregamento (E) - 0.15

Reserva de potência (I) - 0.2

Rendimento da transmissão ( $\eta_t$ ) - 0.80

4 - Comprou um tractor de rastros com uma massa total de 3571 kg (35000 N) para trabalhar numa parcela horizontal lavrada e compactada pelo tempo;  $k = 0.5$  ;  $C_r = 0.12$  .

Quer rebocar um escarificador pesado com 3 metros de largura de trabalho a trabalhar a uma profundidade de 18 a 23cm ( $F_t = 2.9 \text{ kN} / 1\text{m}$ ) .

- a) Verifique se tractor tinha capacidade de tracção para esse efeito.
- b) Calcule a potência à barra para uma velocidade de trabalho de 3 km/h.
- c) Se o rendimento global à tracção fosse de 0.6, qual deveria ser a potência mínima do tractor?

5- Determine o aumento de massa que se deve colocar nas rodas motrizes de um tractor de tracção simples com 2000 kg de massa (1300 kg são suportados pelo eixo traseiro e 700 kg pelo da frente), para trabalhar com um semi-reboque de 4000 kg de massa (3000 kg suportados pelo seu eixo e 1000 kg pelo eixo motriz do tractor).

Dados:

- $k = 0.6$ ;
- $C_r = 0.15$
- $\alpha = 15 \%$

6- Considerando que dispõe de um Skidder de 3000 kg de peso bruto, com uma potência nominal de 180 kW, a trabalhar num solo em que o coeficiente de tracção é de 0.6 e a resistência ao rolamento de 0.13, calcule:

- a) A força máxima à barra.
- b) Para uma eficiência à tracção de 60% qual seria a velocidade correspondente à força máxima.
- c) A capacidade máxima de tracção a progredir numa encosta com 15% de declive.

7- Dispõe de um tractor de 4RM, 30 kW de potência ao volante motor e uma massa de 15000 N.

Considerando que:

- coeficiente de tracção é 0.4;
- escorregamento é 15%;
- a resistência ao rolamento é 2000 N;
- rendimento de transmissão é 0.85.

- a) Determine a massa do tractor necessária para efectuar uma força de tracção de 5 kN.
- b) Qual a potência a fornecer pelo motor para obter a força de tracção anterior a uma velocidade de 5 km/h.
- c) Qual o consumo de combustível gasto na operação anterior. O consumo específico médio é de 250 g/kW.h e a massa volúmica do gasóleo de 854 g/l.
- d) Caso estivesse a trabalhar numa encosta de 30% de declive qual seria a força necessária para deslocar o tractor.

## RESOLUÇÃO

### PARTE I

1-  $F_t = 15 \text{ kN}$      $v = 2 \text{ m/s}$

$$Pot = 15\,000 \cdot 2 = 30 \text{ kN}$$

2-  $F_t = 12000 \text{ N}$      $v = 2 \text{ m/s}$      $E = 20\%$

$$Pr = 12000 \cdot 2 = 24000 \text{ w}$$

$$E = (V_t - V_r) / V_t ; V_r = V_t \cdot (1 - E) ; V_t = 2 / 0.8 = 2.5 \text{ m/s}$$

$$Pt = 12000 \cdot 2.5 = 30000 \text{ w}$$

$$\text{Perda} = 6 \text{ kW}$$

3-  $w = 2000 \text{ kg}$      $F_t = 1200 \text{ kg}$      $Cr = 10\%$      $E = 20\%$      $v = 2 \text{ m/s}$

$$V_t = 2 / 0.8 = 2.5 \text{ m/s}$$

$$R_r = 2000 \cdot 0.1 = 200 \text{ kg}$$

$$F_{tot} = 1200 + 200 = 14000 \text{ N} \quad (F_{tot} = F_t + R_r)$$

$$Pt = F_{tot} \cdot V_t = 14000 \cdot 2.5 = 35 \text{ kW}$$

$$\text{Pteórica} = P_{real} + P_{perdida \text{ por rolamento}}$$

$$= (1200 \cdot 2.5) + (2000 \cdot 0.1) \cdot 2.5 = 3500 \text{ kgm/s}$$

$$= 3500 / 75 = 46.6 \text{ cv}$$

4-  $\eta_t = 92\%$

a)  $Pr = Pt / \eta_t = 35 / 0.92 = 38 \text{ kW}$

b)  $Ch = Ce \cdot Pt / Mv = 260 \cdot 38 / 0.84 = 11.76 \text{ l}$

c)  $60 / 11.76 = 5.1 \text{ h}$

5-  $v = 1 \text{ m/s}$      $F_t = 7500 \text{ N}$      $TDF = 540 \text{ rpm}$      $B = 300 \text{ Nm}$

$$P_{tot} = P_{TDF} + P_{tracção}$$

$$P_{TDF} = 540 \cdot 300 \cdot 2 \pi / 60 = 17 \text{ kW}$$

$$P_{tracção} = 7500 \text{ N} \cdot 1 \text{ m/s} = 7.5 \text{ kW}$$

$$P_{tot} = 17 + 7.5 = 24.5 \text{ kW}$$

6-  $R_r = 1500 \text{ N}$      $\eta_t = 90$

$$P_{Rr} = 1500 * 1 = 1.5 \text{ kW}$$

$$P_{tot} = 24.5 + 1.5 = 26 \text{ kW}$$

$$P_{real} = 26 / 0.9 = 29 \text{ kW}$$

7-  $w = 25000 \text{ N}$     $w_r = 10000 \text{ N}$     $Cr = 10 \%$     $Et = 60 \%$

$$W_t = 25000 + 10000 = 35000 \text{ N}$$

$$R_r = 35000 * 0.1 = 3500 \text{ N}$$

$$F_t = 25000 * 0.6 = 15000 \text{ N}$$

$$\text{Carga reb.} = 15000 - 3500 = 11500 \text{ N}$$

8-  $l = 14 \text{ "}$     $p = 25 \text{ cm}$     $Re = 100 \text{ kg /dm}^2$     $Et = 0.20$

a)  $F_t = 14 * 2 * 2.5 * 100 = 17500 \text{ N}$

b)  $P_b = 17500 * 4.5 / 3.6 = 22 \text{ kW}$

c)  $Peixo = 22 / 0.8 = 27.5 \text{ kW}$

Considerando 10 % de perdas na transmissão tem-se:

$$P_{motor} = 27.5 / 0.9 = 31 \text{ kW}$$

9-  $P_{TDF} = 37 \text{ kW}$     $P_{maq} = 25 \text{ kW}$

a)  $P_{disp} = 37 - 25 = 12 \text{ kW}$

$$R_r = 4000 * 0.1 = 400 \text{ kg} = 4000 \text{ N}$$

$$P_{disp} = 4000 \text{ N} * v ; v = P_{disp} / 4000 = 3 \text{ m/s}$$

b)  $R_r = 4000 * 0.1 = 400 \text{ N}$

$$F_t \text{ (em plano)} = 12 \text{ 000 kW} / 1 \text{ m/s} - R_r = 8000 \text{ N}$$

$$1 \% \rightarrow 400 \text{ N}$$

$$x \rightarrow 8000 \text{ N}$$

$$x = 20\%$$

10-  $w_1 = 2.5 \text{ ton}$     $w_2 = 5 \text{ ton}$     $Cr = 0.05$     $v = 25 \text{ km/h (6.9 m/s)}$

$$R_r = 7.5 * 0.05 = 3750 \text{ N}$$

a)  $Peixo = 37500 * 6.9 = 26 \text{ kW}$

b)  $P_{mot} = 26 / 0.9 = 29 \text{ kW}$

$$C \text{ l/h} = 29 * 0.27 / 0.8 = 9.78 \text{ l/h}$$

$$C \text{ l/km} = 9.78 * 1 / 25 = 0.39 \text{ l/km (9.78} \rightarrow 25 \text{ km; } x \rightarrow 1 \text{ km)}$$

## PARTE II

1-

4-  $w = 35 \text{ kN}$

a)  $F_t = P \cdot k = 35 \cdot 0.6 = 21 \text{ kN}$   
 $F_t (\text{esc}) = 2.9 \cdot 3 = 8.7 \text{ kN}$   
 $21 \text{ kN} > 8.7 \text{ kN} \Rightarrow$  o tractor tem capacidade de tracção

b)  $P_{\text{barra}} = F_t \cdot v = 8.7 \cdot (3 / 3.6) = 7.2 \text{ kW}$

c)  $P_{\text{motor}} = P_{\text{barra}} / \text{rend. à transmissão}$   
 $= 7.2 \cdot 0.6 = 14.2 \text{ kW}$

5-

$$0.6 \cdot (2300 + x) = (6000 + x) \cdot (0.15 + 0.15) = 400 \text{ kg}$$

6-  $w = 3000 \text{ kg}$      $P_{\text{mot}} = 180 \text{ kW}$

a)  $F_t = 3000 \cdot 0.16 - (3000 \cdot 0.13) = 1410 \text{ kgf}$

b)  $F_{\text{útil}} = F_{\text{barra}} \cdot 0.6 = 8460 \text{ N}$   
 $v = P / F_{\text{útil}} = 180000 / 8460 = 21.2 \text{ m/s}$

c)  $F_t = 1410 - (1410 \cdot 0.15) = 1198.5 \text{ kgf}$

7- ???  $k = 0.4$      $C_e = 15\%$      $R_r = 2000 \text{ N}$      $\eta_t = 0.85$

a)  $F_{t_{\text{barra}}} = w \cdot k + R_r = 15000 \cdot 0.4 + 2000 = 8000 \text{ N}$

b)  $v_t = v_r / 0.85 = 1.6 \text{ m/s}$   
 $P_{\text{mot}} = F_{t_{\text{barra}}} \cdot v_t \cdot \eta_t = 8000 \cdot 1.6 / 0.85 = 15 \text{ kW}$

c)  $C = 15 \cdot 0.250 / 0.854 = 4.39 \text{ l/h}$

d)  $F_{t_e} = 2000 + 15000 \cdot (0.3) = 6500 \text{ N}$