

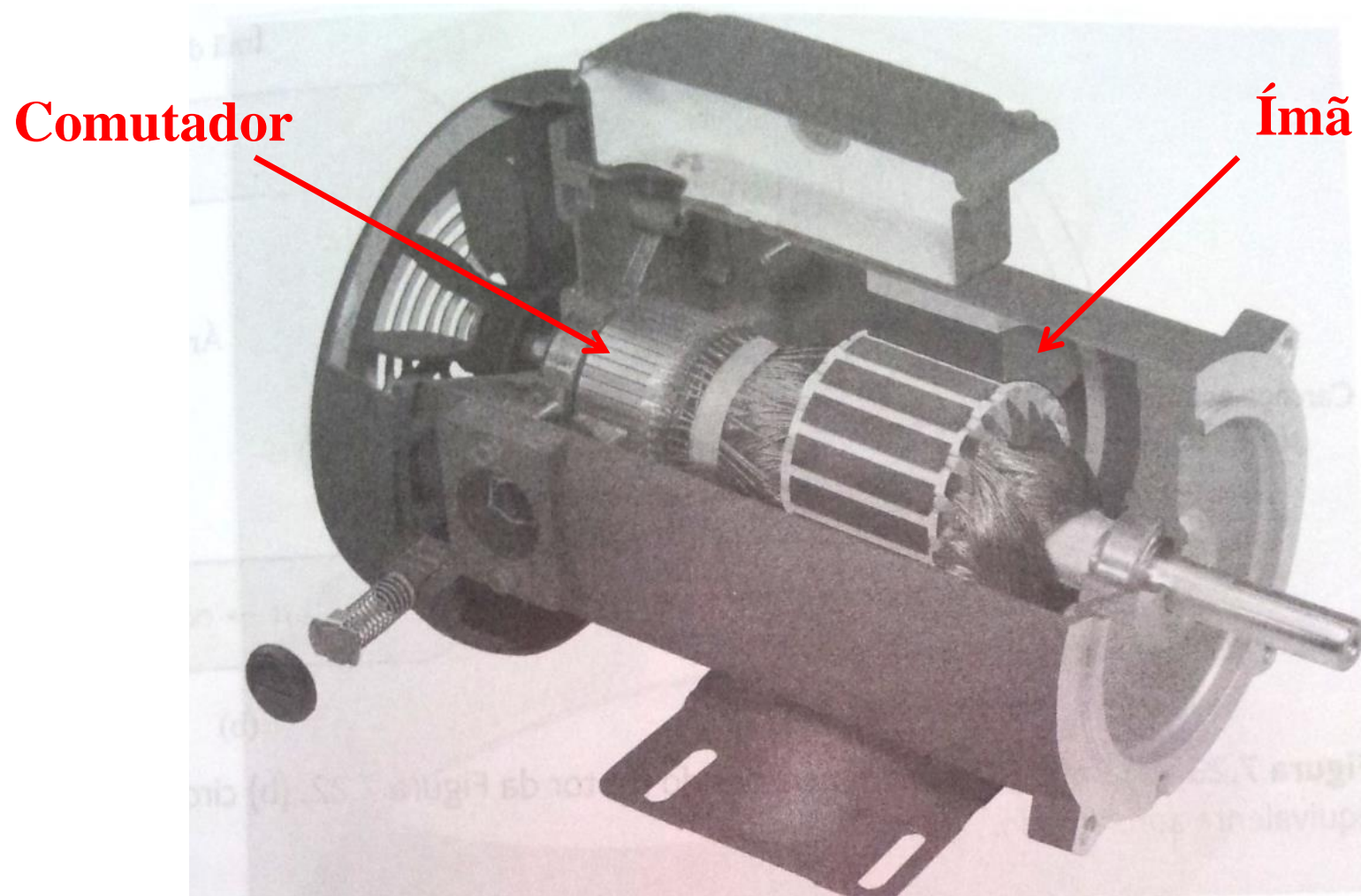
SEL 329 – CONVERSÃO ELETROMECCÂNICA DE ENERGIA

Aula 16

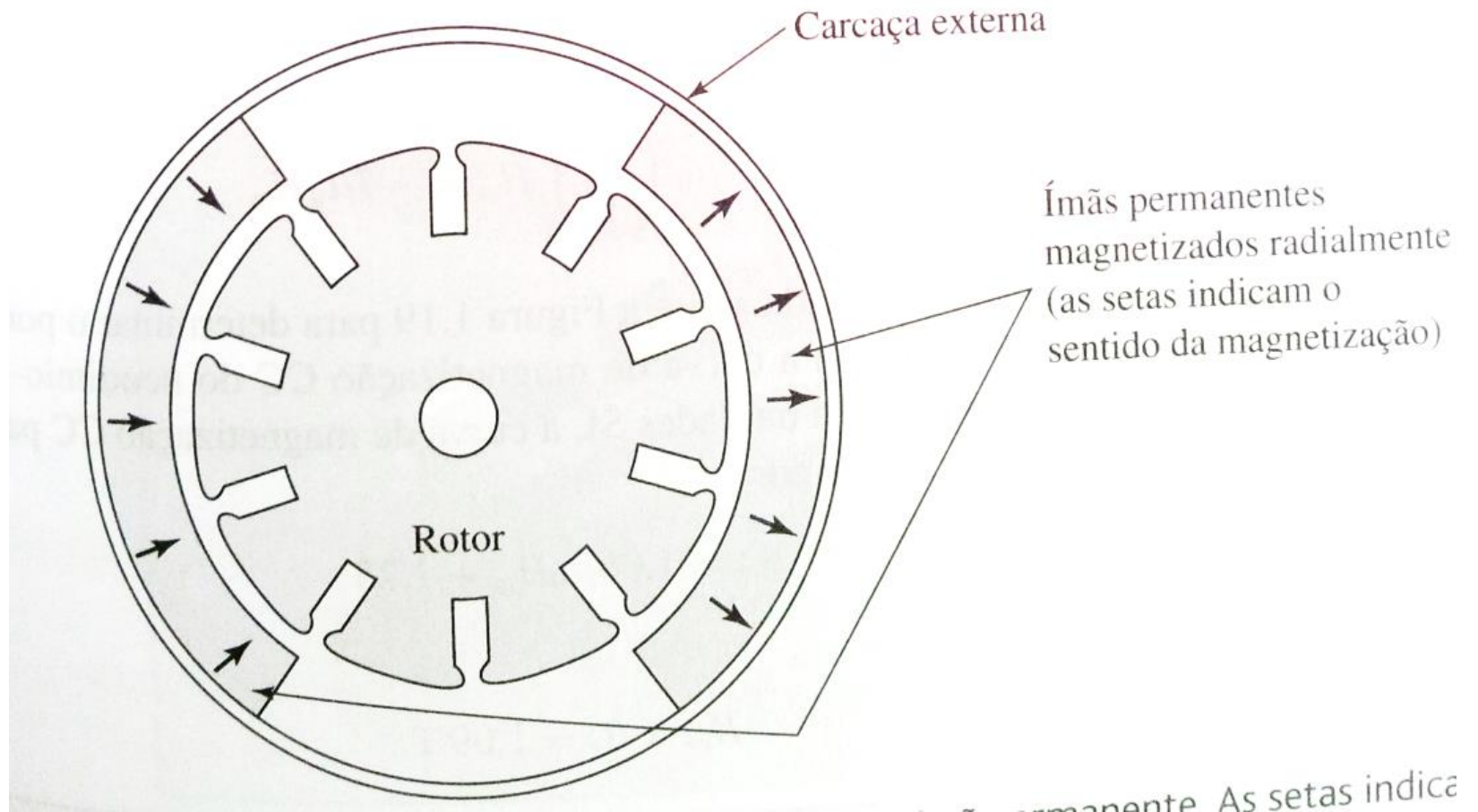
- Máquinas CC de Ímã Permanente

Estrutura

- Visão geral:



- Detalhe da seção transversal de um motor típico de ímã permanente:



➤ **Vantagens:**

- Construção mais simples, uma vez que o enrolamento de campo deixa de existir.
- Não há a necessidade de uma fonte de excitação externa e também não há dissipação de potência para criar o campo magnético da máquina. Isso implica em maior eficiência.
- Máquinas menores e mais baratas em comparação às máquinas com excitação externa.

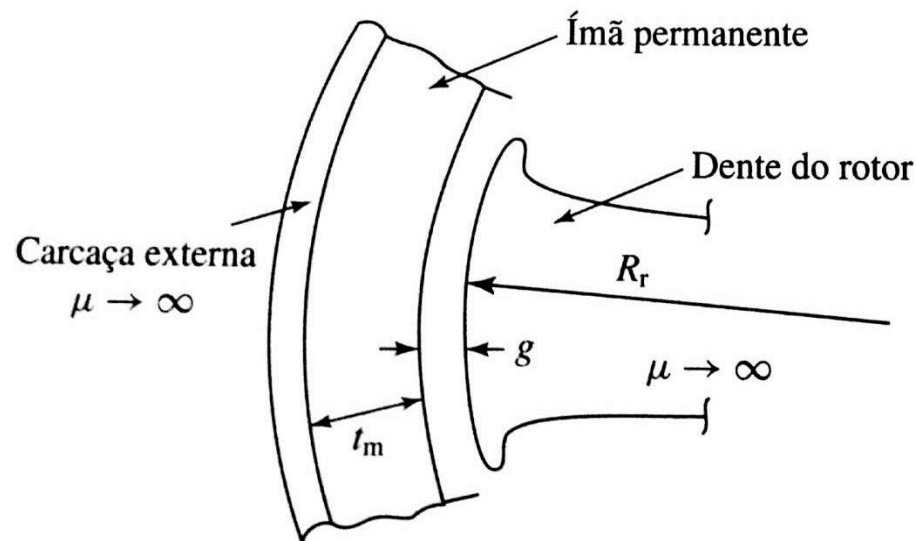
➤ **Desvantagens:**

- Risco de desmagnetização dos ímãs permanentes por correntes de armadura excessivas ou por aquecimento excessivo.
- Perde-se a possibilidade de controle de velocidade via corrente de campo da MCC.
- Os ímãs permanentes normalmente são limitados em relação à produção de **B**. No entanto, a descoberta de novos materiais (ex. samário-cobalto e neodímio-ferro-boro) tem reduzido essas limitações.

Exemplo

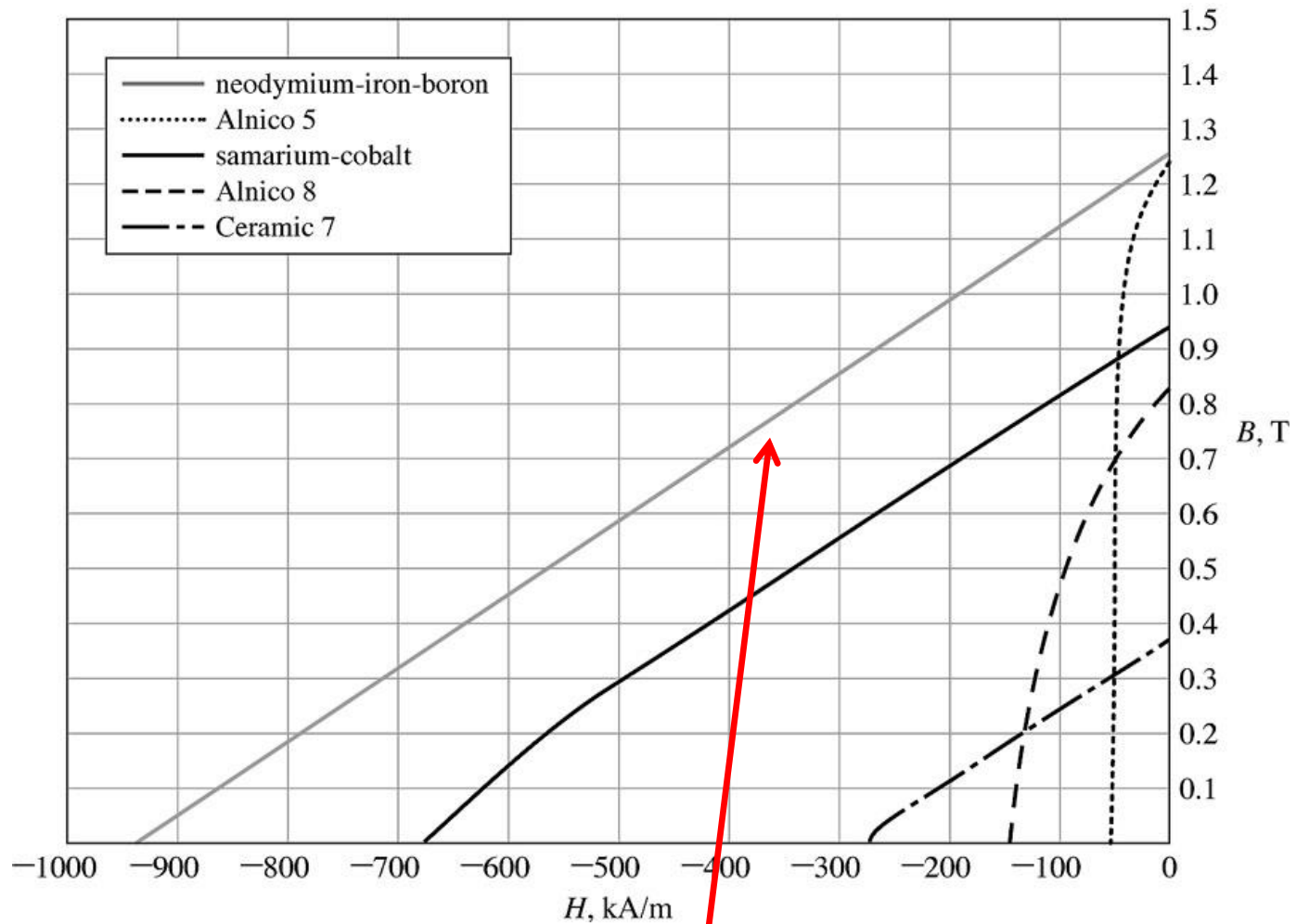
- Um motor CC de ímã permanente tem as dimensões definidas na figura abaixo. Os valores são:
 - Raio do rotor: $R_r = 1,2 \text{ cm}$
 - Comprimento do entreferro: $g = 0,05 \text{ cm}$
 - Espessura do ímã: $t_m = 0,35 \text{ cm}$

Admita que o rotor e a carcaça tenham permeabilidade infinita e que o ímã seja de neodímio-ferro-boro. Desprezando os efeitos das ranhuras do rotor, estime a densidade de fluxo magnético B no entreferro do motor.



Exemplo - Solução

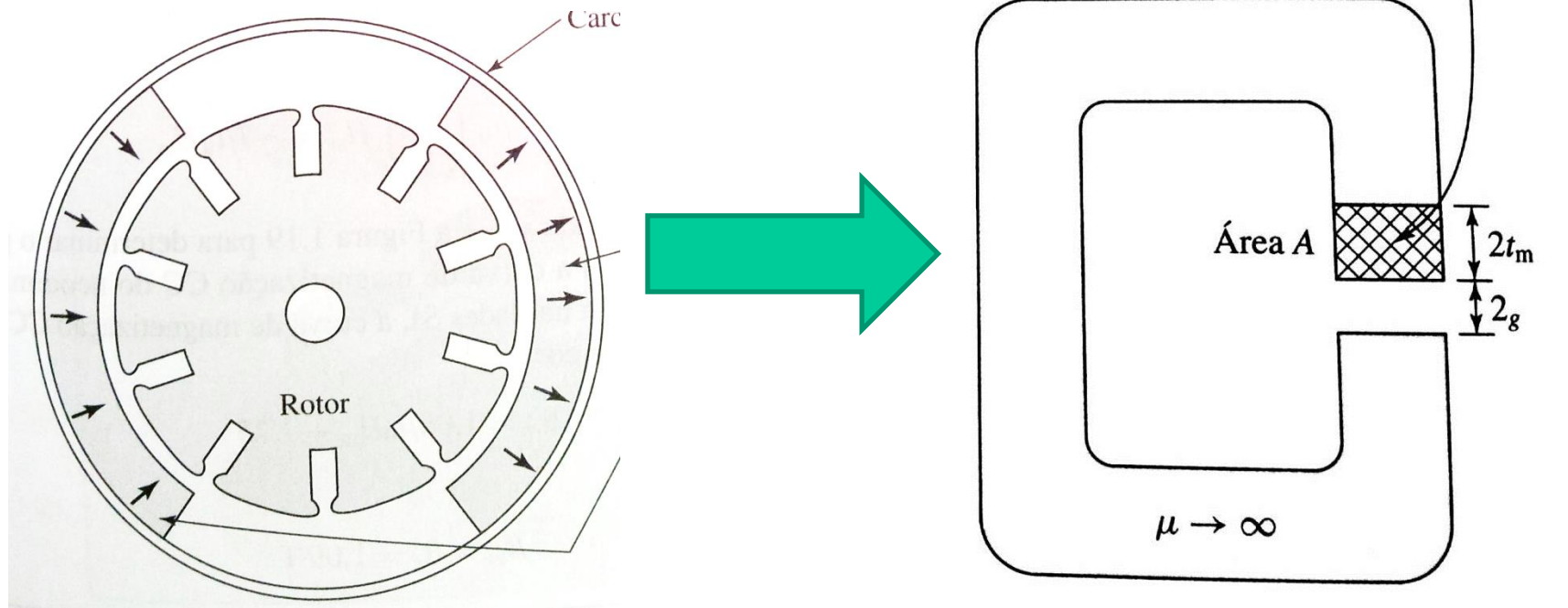
➤ Característica do ímã:



$$B_m = 1,06\mu_o H_m + 1,25$$

Exemplo - Solução

- Como estamos desprezando as relutâncias da carcaça e do rotor, e a influência das ranhuras do rotor, o motor pode ser aproximado por um circuito magnético equivalente consistindo de um entreferro de $2g$ em série com uma seção de ímã permanente de comprimento $2t_m$.
- Então:



Exemplo - Solução

- Sabemos que (reta de carga):

$$B_m = -\mu_0(A_g/A_m)(l_m/l_g)H_m$$

- Então, como $A_g = A_m$, tem-se:

$$B_m = -\mu_0(t_m/g)H_m = -7\mu_0H_m$$

- Isolando H_m da expressão acima e substituindo na equação da curva de magnetização do ímã, tem-se:

$$B_m = 1,06\mu_0[-B_m/(7\mu_0)] + 1,25$$

$$B_m = 1,09 \text{ T}$$

Exemplo - Solução

- Estime a densidade do fluxo magnético se o raio do rotor for aumentado para 1,3 cm e a espessura do ímã for reduzida para 0,25 cm.

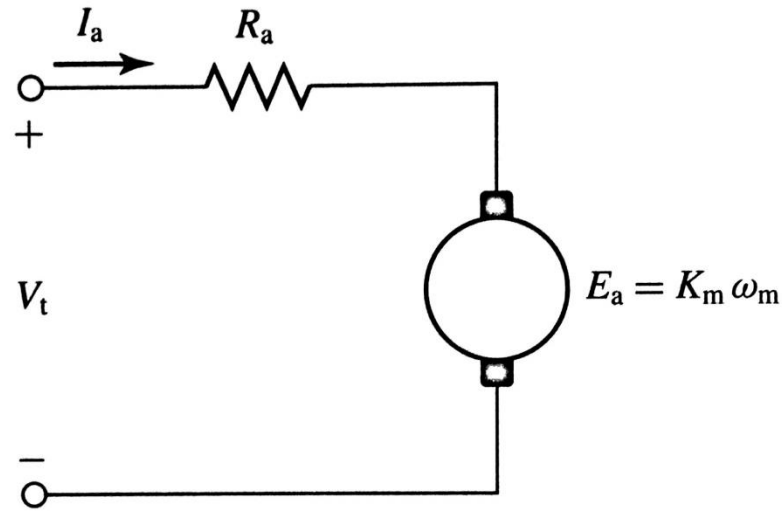
$$B_m = -\mu_0 (t_m/g) H_m = -5\mu_0 H_m$$

$$B_m = 1,06\mu_0 [-B_m/(5\mu_0)] + 1,25$$

$$B_m = 1,03 \text{ T}$$

Circuito Equivalente da MCC de Ímã Permanente

- Igual ao de um motor CC com excitação independente, porém sem o circuito do enrolamento de campo.



- Sabemos que: $E_a = K_a \Phi \omega_m$ $T = K_a \Phi I_a$
- Como ϕ é constante, podemos reescrever E_a e T , como:

$$E_a = K_m \omega_m$$

$$T = K_m I_a$$

$$K_m = K_a \Phi \longrightarrow \text{Constante de conjugado do motor}$$

Exemplo

- Um motor CC de ímã permanente tem resistência de armadura igual a $1,03\Omega$. Quanto está operando em vazio, com uma fonte CC de 50V, observa-se que a sua velocidade é 2100rpm e a corrente é 1,25A. Encontre (a) a constante de conjugado; (b) as perdas rotacionais do motor a vazio e (c) a potência de saída do motor quando ele operando em 1700rpm a partir de uma fonte de 48V.

Exemplo - Solução

- (a) Considerando uma velocidade de 1700rpm, tem-se:

$$E_a = V_t - R_a I_a = 50 - 1,03 \times 1,25 = 48,7 \text{ V}$$

Logo: $K_m = 48,7 / (2\pi \times 2100/60) = 0,22 \text{ V/(rad/s)}$

- (b) Em vazio, a potência fornecida para a tensão gerada E_a é usada para alimentar as perdas. Portanto:

$$P_{\text{rot}} = E_a \times I_a = 48,7 \times 1,25 = 61 \text{ W}$$

Exemplo - Solução

➤ (c) Considerando uma velocidade de 1700rpm, tem-se:

$$E_a = K_m \times \omega_m = 0,22 \times (2\pi \times 1700/60) = 39,2V$$

Podemos calcular o novo valor de I_a :

$$I_a = \frac{V_t - E_a}{R_a} = \frac{50 - 39,2}{1,03} = 8,54A$$

A potência mecânica é então $P_m = E_a \times I_a = 39,2 \times 8,54 = 335 \text{ W}$

Finalmente, admitindo que as perdas rotacionais em vazio sejam constante, tem-se:

$$P_{\text{eixo}} = P_m - P_{\text{rot}} = 335 - 61 = 274W$$