

Atenção: em todas as questões discursivas é permitido o uso de ilustrações e de gráficos.

Questão 1. Redija um texto dissertativo a respeito das propriedades de materiais magnéticos. Ao elaborar seu texto, faça o que se pede a seguir. [valor: 1,00 ponto]

- Discorra sobre as características de materiais magnéticos, especificando as diferenças entre materiais moles (ou doces) e duros.
- Defina permeabilidade magnética e a sua relação com a intensidade de campo e a densidade de fluxo magnéticos (condições linear e não-linear).
- Explique o fenômeno de histerese magnética, identificando os pontos operacionais que um material magnético está sujeito (magnetização remanescente, força coercitiva e saturação).
- Conceitue energia magnética armazenada em dispositivos eletromagnéticos.
- Aborde as perdas no ferro e aponte as principais estratégias de Engenharia para minimizá-las.

Questão 2. A Figura 1 ilustra o comportamento do campo magnético em um solenóide com núcleo de ar.

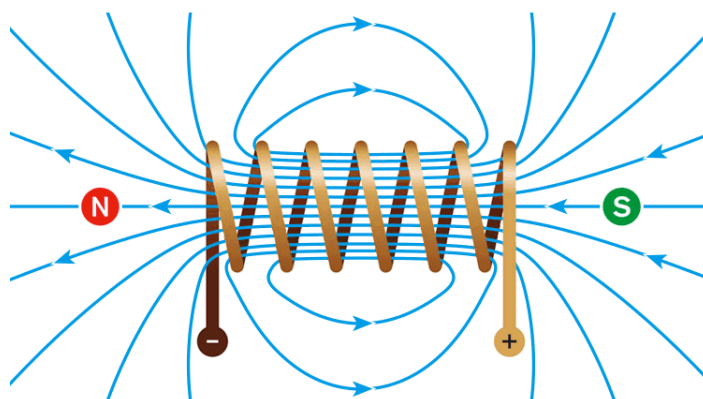


Figura 1 – Ilustração para a Questão 2. Fonte: <https://bit.ly/2XPo6Tk> (modificada de 'Rajiv1840478', licença CC BY-SA 4.0). Data de acesso: 09 jun. 2020.

Considerando que a Figura 1 tem caráter unicamente motivador, redija um texto a respeito do conceito de indutância. Em seu texto, atenda ao que se pede a seguir. [valor: 2,00 pontos]

- Conceitue, explique e descreva as expressões da autoindutância, da indutância mútua e do fluxo magnético concatenado, estabelecendo relação com forças eletromotrizes induzidas em circuitos magnéticos.
- Identifique as diferenças eletromagnéticas entre solenóides com núcleo de ar (similar ao exposto na Figura 1) e com núcleo ferromagnético.
- Discuta e apresente análises de acoplamento magnético em circuitos elétricos (com e sem conexões elétricas entre enrolamentos).
- Discorra sobre a convenção dos pontos e cite exemplos de sua aplicação.

Questão 3. Com base na analogia com circuitos elétricos, redija um texto dissertativo sobre circuitos magnéticos. Ao elaborar seu texto, aborde os seguintes conceitos. [valor: 0,75 ponto]

- Força magnetomotriz.
- Relutância magnética.
- Fluxo magnético disperso e espreadamento magnético.
- Não-linearidade em circuitos magnéticos.

Questão 4. Considere três sistemas eletromecânicos (SMAG1, SMAG2 e SMAG3) descritos por:

$$\begin{aligned}
 i &= (5 + 2x) \Lambda^2 && \rightarrow \text{para o sistema eletromecânico SMAG1} \\
 i_1 &= 5x\Lambda_1 + (10 + 2x) e^{2\Lambda_1 + 2\Lambda_2} && \rightarrow \text{para o sistema eletromecânico SMAG2} \\
 i_2 &= 7\Lambda_2 + (10 + 2x) e^{2\Lambda_1 + 2\Lambda_2} && \rightarrow \text{para o sistema eletromecânico SMAG2} \\
 \Lambda_1 &= 2i_1 + \frac{1}{2+x} (i_1 + i_2)^{0,5} && \rightarrow \text{para o sistema eletromecânico SMAG3} \\
 \Lambda_2 &= 5i_2^{0,4} + \frac{1}{2+x} (i_1 + i_2)^{0,5} && \rightarrow \text{para o sistema eletromecânico SMAG3}
 \end{aligned}$$

Note que os sistemas eletromecânicos SMAG2 e SMAG3 possuem duas entradas (**Dica: considere o efeito agregado dessas entradas!**). Respeitando essas equações, responda as proposições subseqüentes. [valor: 1,50 pontos]

- Calcule a energia magnética para os sistemas SMAG1 e SMAG2.
- Quantifique a coenergia magnética para o sistema SMAG3.
- Determine as forças desenvolvidas nos sistemas SMAG1, SMAG2 e SMAG3.
- Determine a variação de coenergia magnética para o sistema SMAG3 quando o valor de corrente i_1 é incrementado em 3 A.
- Identifique se o sistema SMAG1 é linear ou não-linear e comprove a sua resposta.

Atenção: utilize os valores de i_1 (para SMAG3), i_2 (para SMAG3), Λ (para SMAG1), Λ_1 (para SMAG2), Λ_2 (para SMAG2) e x (em m e válido para todos os sistemas) estipulados em referência a sua matrícula nas tabelas localizadas no final deste documento de prova.

Questão 5. Considere o indutor construído junto a um núcleo ferromagnético com formato UI ilustrado na Figura 2 (vistas em corte e lateral). O material do núcleo possui uma permeabilidade relativa constante $\mu_r = 7700$.

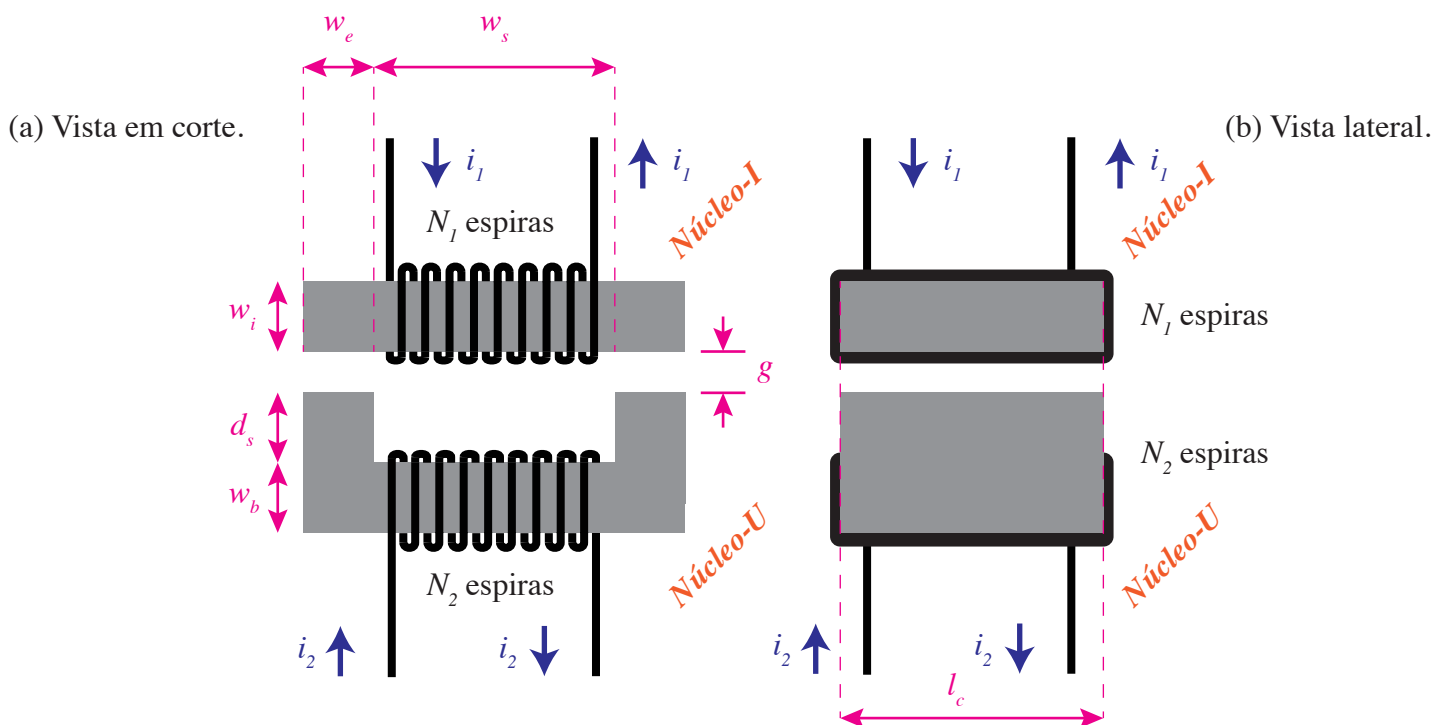


Figura 2 – Ilustração para a Questão 5.

As resistências elétricas equivalentes da bobina 1 (localizada no núcleo-I) e da bobina 2 (localizada no núcleo-U) são respectivamente iguais a $10\ \Omega$ e $20\ \Omega$. As fontes de alimentação conectadas aos enrolamentos possuem a mesma intensidade V (em V) e garantem os percursos de correntes elétricas i_1 e i_2 indicados na Figura 2. Para os cálculos solicitados abaixo, utilize um caminho médio retangular das linhas de fluxo magnético pelo núcleo. Despreze fluxos magnéticos dispersos, o espraioamento e a saturação.

Com base nas especificações fornecidas, responda os itens propostos abaixo. [valor: 1,50 pontos]

- Determine as forças magnetizantes garantidas pelos enrolamentos.
- Determine as relutâncias deste circuito magnético (núcleo-I, núcleo-U e entreferro).
- Determine as permeâncias deste circuito magnético (núcleo-I, núcleo-U e entreferro).
- Determine os fluxos deste circuito magnético (núcleo-I, núcleo-U e entreferro).
- Determine os fluxos magnéticos concatenados nos enrolamentos.
- Determine a densidade de fluxo magnético no entreferro.

Atenção: utilize os valores de w_e (em m), w_s (em m), w_i (em m), w_b (em m), d_s (em m), g (em m), l_c (em m), N_1 , N_2 e V estipulados em referência a sua matrícula nas tabelas localizadas no final deste documento de prova.

Questão 6. O sistema eletromecânico apresentado na Figura 3 é excitado através de um enrolamento composto por E espiras e disposto na coluna central. Sabe-se ainda que a permeabilidade relativa do circuito magnético e da barra de ferro é igual a 2000, bem como a densidade desses materiais é equivalente a $8\ \text{g/cm}^3$. Os fluxos magnéticos dispersos, o espraioamento e a saturação devem ser ignorados. A queda de força magnetomotriz nas estruturas ferromagnéticas não pode ser desprezada. Além disso, todas as estruturas possuem uma área da seção

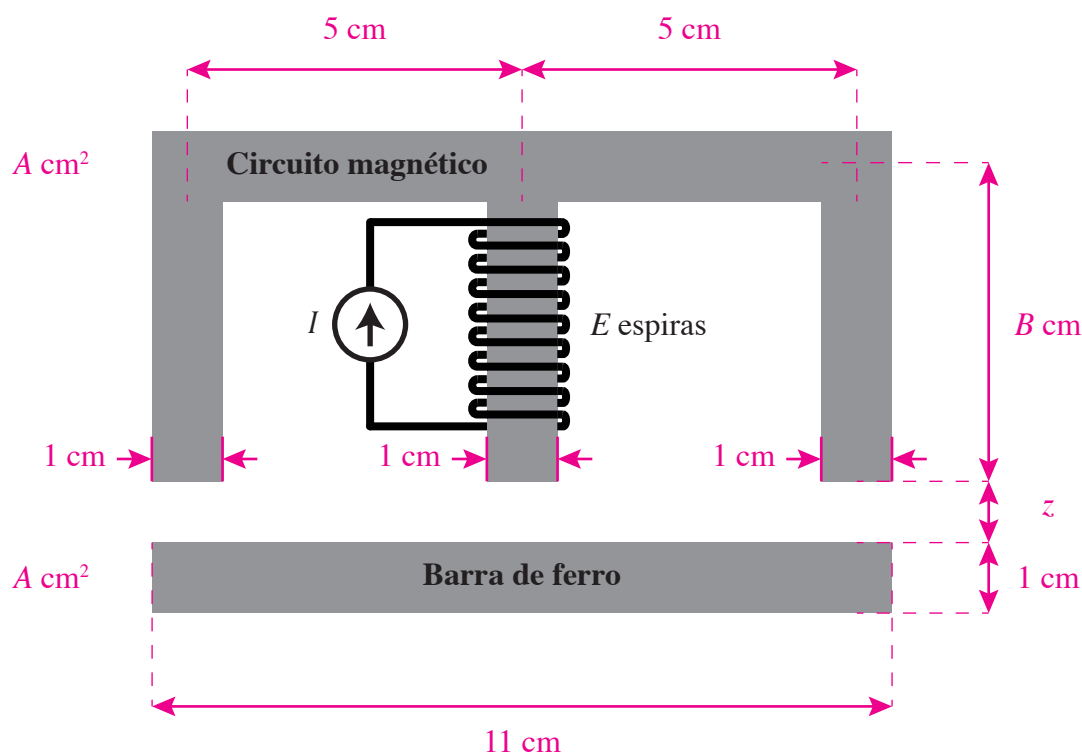


Figura 3 – Ilustração para a Questão 6.

transversal igual a $A \text{ cm}^2$. Para os cálculos requisitados abaixo, adote um caminho médio retangular das linhas de fluxo magnético. Por meio dessas informações, responda o que se pede a seguir. **[valor: 2,50 pontos]**

- a. Calcule a corrente necessária no enrolamento para manter a barra de ferro suspensa a uma distância z das faces polares do circuito magnético.
- b. Determine o fluxo magnético através da barra de ferro respeitando a condição do item 'a'.
- c. Determine a energia magnética armazenada na condição do item 'a'.
- d. Esboce os gráficos da indutância equivalente, da energia magnética armazenada e da força sob a barra móvel em função de z segundo os cálculos desenvolvidos no item 'a'.
- e. Esboce a distribuição das linhas de fluxo magnético no sistema eletromecânico.
- f. Discorra sobre o balanço energético em sistemas eletromecânicos.
- g. Conceitue energia e coenergia magnéticas.
- h. Discorra sobre a análise gráfica da energia mecânica.

Atenção: *utilize os valores de A (em cm^2), B (em cm), E e z (em cm) estipulados em referência a sua matrícula nas tabelas localizadas no final deste documento de prova.*

Questão 7. Desenvolva um mapa mental com breves resumos sobre os principais tópicos estudados até o momento na componente curricular de Fundamentos da Conversão Eletromecânica de Energia (ESP1063). Aproveite o mapa mental para consolidar conexões entre os temas. **[valor: 0,75 ponto]**

Atenção: *em todas as questões discursivas é permitido o uso de ilustrações e de gráficos.*