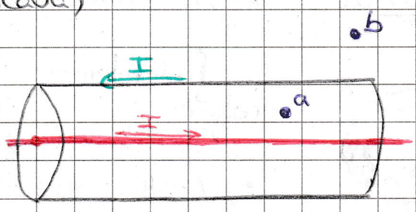
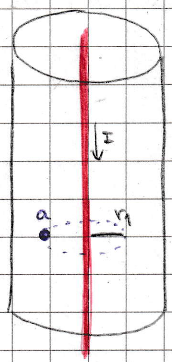
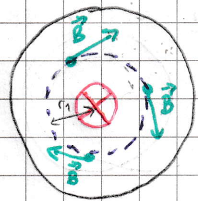
Cabo coaxial (versão simplificada)

Vamos ver qual é o C.M. na região de "a" e "b".



1º) Obter para a região "a"





Pela Lei de Ampére:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = I_{int} * \mu_0$$

curva amperiana

$\Downarrow$

$$B \cdot 2\pi \cdot r_1 = I_{int} * \mu_0$$

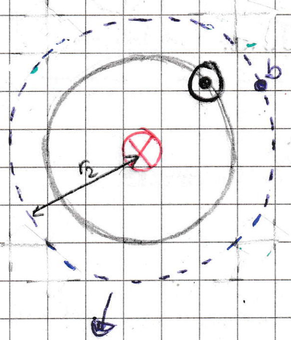
é constante

$\Downarrow$

$$\boxed{B = \frac{I_{int} \cdot \mu_0}{2\pi \cdot r_1}} \rightarrow \vec{B} = \frac{I \, \mu_0}{2\pi \cdot s_1} \, \hat{\phi}$$

2º) Obter para a região "b"

(uso de uma nova amperiana)



⊗ → corrente que passa dentro do núcleo (vai para "dentro" da folha)

⊙ → corrente na $\underbrace{\text{parte de fora}}_{\text{blindagem}}$ (sentido inverso ao da corrente do núcleo)

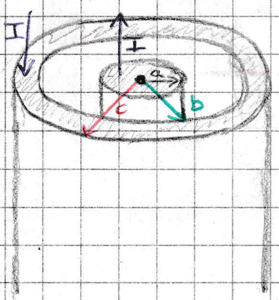
A amperiana circula por fora de todo o cabo coaxial. Pela lei de ampére, o C.M. vai ser proporcional à soma das correntes internas $* \mu_0$.
No cabo coaxial tenho duas correntes envolvidas, com a mesma magnitude, mas sentidos opostos. Dessa forma, usando a regra da mão direita, são gerados campos magnéticos com a mesma magnitude mas direções opostas, logo esses campos anulam-se!

$\Downarrow$

$$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot \underset{(=0)}{I_{int}} \Longrightarrow B = 0$$

por esse motivo que se usa em aplicações de rede elétricas pois qualquer campo induzido fora do campo é anulado.

Cabo coaxial (versão mais detalhada)



Pretendemos obter o C.M. em todas as regiões.

- As densidades de corrente em ambos os condutores (internos e externos) são uniformes!

1º Para $r < a$

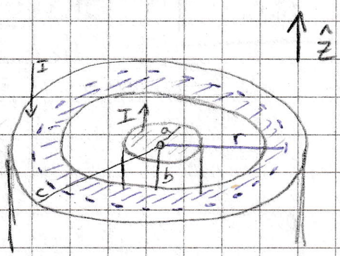
(Traçando o amperiano dentro do condutor interno)

$$\boxed{\vec{B} = \frac{I}{2\pi a^2} \cdot r \, \hat{\phi}} \; (A/m)$$

2º Para $a < r < b$

$$\boxed{\vec{B} = \frac{I}{2\pi r} \hat{\phi}} \; (A/m)$$

3º Para $b < r < c$



$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = I_{int} \cdot \mu_0 = (*)$$

Neste caso temos que considerar a parte do condutor externo que se encontra dentro da curva amperiana:

$$(*) = \Big(\underbrace{I}_{\text{condutor interno}} - \underbrace{\iint \vec{j} \cdot d\vec{a}}_{\text{condutor externo}} \Big) \cdot \mu_0 = (*2)$$

Para obter $\vec{j}$:

$$\vec{j} = \frac{I}{A} = \frac{I}{\pi \cdot (c^2 - b^2)} \cdot (-\hat{z})$$

$$d\vec{a} = r \cdot dr \, d\phi \, \hat{z}$$

Assim,

$$(*2) \Rightarrow \int B_\phi \cdot \hat{\phi} \cdot r \, d\phi \, \hat{\phi} = I - \int_0^{2\pi}\int_b^r \frac{I}{\pi(c^2 - b^2)} (-\hat{z}) \cdot r \cdot dr \, d\phi \, \hat{z} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow B_\phi \cdot 2\pi \cdot r = I - \frac{I}{\pi (c^2 - b^2)} \cdot \frac{r^2}{2} \Big|_b^r \cdot \phi \Big|_0^{2\pi} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow B_\phi \cdot 2\pi r = I - \frac{I \, (r^2 - b^2) \, 2\pi}{\pi \, (c^2 - b^2) \cdot 2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow B_\phi = \frac{I}{2\pi r} \cdot \left(1 - \frac{(r^2 - b^2)}{(c^2 - b^2)} \right) \Leftrightarrow \boxed{\vec{B} = \frac{I}{2\pi \cdot r} \cdot \left(1 - \frac{(r^2 - b^2)}{(c^2 - b^2)} \right) \hat{\phi}} \; (A/m)$$

4º Para $r > c$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = I_{int} \Rightarrow B \cdot 2\pi \cdot r = \underbrace{I}_{\text{condutor interno}} - \underbrace{I}_{\text{condutor externo}} = 0 \Rightarrow \boxed{\vec{B} = 0}$$

Analisando nas fronteiras temos:

$\boxed{5^{\circ}}$ Para $\boxed{r = a}$

$$\vec{B} = \frac{I}{2\pi . a} \hat{\phi}$$

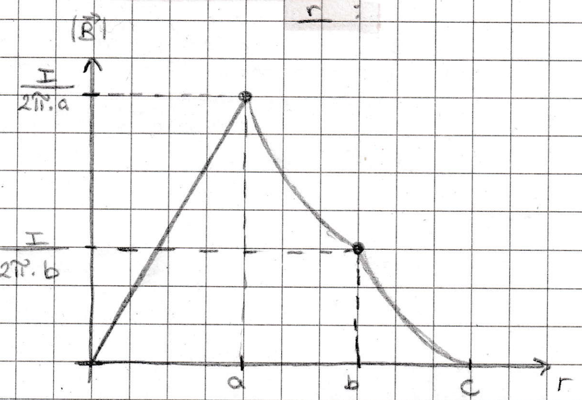
$\boxed{6^{\circ}}$ Para $\boxed{r = b}$ (obtido pela expressão $\boxed{3^{\circ}}$)

$$\vec{B} = \frac{I}{2\pi . b} \hat{\phi}$$

$\boxed{7^{\circ}}$ Para $\boxed{r = c}$

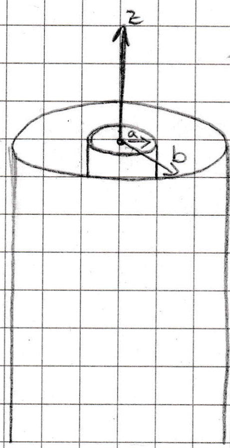
$$\vec{B} = 0$$

Gráfico do C.M. em relação a r:



Teste 2019 / 2020

$\boxed{1.}$ cabo coaxial (segundo $\hat{z}$)



- ignora-se efeito dos bordos
- corrente harmónica: $I(t) = I_0 . \cos(\omega t)$

(a) Mostre que o campo elétrico no espaço entre elétrodos é dado pela expressão do enunciado.

Pela lei de Ampére

$$\oint \vec{B} . d\vec{l} = \mu_0 . I_{int}$$

$$\Downarrow$$

$$B . 2\pi . r = \mu_0 . I_0 \cos(\omega t) \Rightarrow \vec{B} = \frac{\mu_0 . I_0 \cos(\omega t)}{2\pi . r} \hat{\varphi}$$

Pela lei de Faraday na forma integral:

$$\oint \vec{E} . d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \, d\vec{a} \Leftrightarrow (\ldots)$$