



BCJ-0203 Fenômenos Eletromagnéticos

Experimento 3

Campo Magnético de Correntes

Elétricas

Nota

Professor	Data / / 2018
------------------	-------------------------

Grupo	
Nome	RA

Introdução e Objetivos

Relatos históricos indicam que a bússola já era um instrumento utilizado pelos chineses há cerca de 3300 anos atrás. No ocidente, a civilização grega descobriu uma pedra capaz de atrair pedaços de ferro numa região da Tessália, denominada Magnésia, aí a origem da palavra magneto, magnético, magnetismo, etc. A bússola é constituída por um pequeno magneto, ou agulha magnetizada, suspensa pelo seu centro de gravidade, de modo a poder girar livremente. Após atingir o equilíbrio, um dos pólos magnéticos da agulha da bússola aponta no sentido do campo magnético do local. Na ausência de outras fontes de campo, temos apenas o campo magnético

terrestre ao qual a agulha da bússola se alinha, apontando um de seus pólos aproximadamente para o norte geográfico da Terra – por esse motivo se convencionou denominar esse pólo do magneto de Norte.

No passado, a bússola era imprescindível em longas viagens. Especialmente nas viagens marítimas, saber a direção em que ficava o Norte era fundamental para se orientar. Imagine a situação de você estar navegando à noite com o céu nublado e sem uma bússola (e sem um receptor GPS)! É interessante salientar que já estamos muito acostumados com o sistema de posicionamento global (GPS), mas esse sistema de navegação sofisticado, que utiliza relógios atômicos embarcados em satélites, entrou em operação apenas em 1995.

Até onde sabemos, campos magnéticos são produzidos pelo movimento de cargas elétricas. Embora o campo magnético já fosse conhecido e utilizado desde a antiguidade, a relação do campo magnético com o movimento de cargas elétricas só ficou evidente após um experimento realizado por Hans Christian Oersted em 1819. Ele percebeu que, quando uma corrente elétrica passava através de um fio condutor, a agulha de uma bússola próxima deixava de apontar na direção do campo terrestre e sofria uma pequena deflexão. Assim, baseando-nos no experimento de Oersted, utilizaremos o campo magnético terrestre como uma “régua” para determinar o campo magnético gerado pela corrente elétrica que passa por um fio. A intensidade desse campo magnético natural varia com a localização sobre o globo terrestre, sendo de $30 \mu\text{T}$ na região do equador e chegando a $70 \mu\text{T}$ nos pólos. Devido à anomalia magnética brasileira, no estado de São Paulo esse campo natural é da ordem de $B_0 = 18 \mu\text{T}$ *

Uma bússola, quando na presença unicamente do campo magnético terrestre, aponta na direção de \vec{B}_0 . Quando geramos um campo magnético adicional \vec{B} , a agulha passa a apontar na direção do campo magnético resultante $\vec{B}_{\text{resultante}}$, como mostrado na Figura 1(a). Dessa forma, conhecendo a magnitude do campo natural, podemos determinar o campo aplicado através da deflexão da bússola. No caso do campo adicional \vec{B} estar no plano horizontal e ser perpendicular ao campo \vec{B}_0 , temos a situação mostrada no diagrama da Figura 1(b). Do diagrama, observamos facilmente que $\text{tg}\theta = B/B_0$. Assim, a magnitude do campo aplicado B pode ser determinada a partir de B_0 e da deflexão da agulha θ .

* B.A.M. Almeida e I.M. Martim, 2007, disponível on-line em <http://www.bibl.ita.br/xiiiencita/FUND28.pdf>

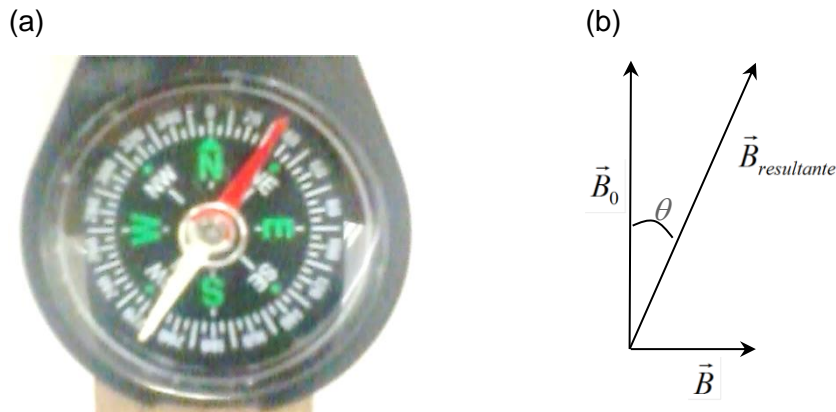


Figura 1. (a) bússola com agulha defletida devido à presença de um campo magnético resultante. (b) Esquema mostrando a soma vetorial dos campos que compõem o campo magnético $B_{\text{resultante}}$.

Os objetivos desse experimento é analisar o campo magnético produzido por uma corrente ao atravessar um fio reto, verificando a dependência da intensidade desse campo tanto com a corrente como com a distância ao fio com base na lei de Biot-Savart. Além disso, determinaremos experimentalmente a permeabilidade magnética μ .

Teoria

Os resultados de vários estudos do campo magnético produzido por correntes elétricas, realizados no início do século XIX, estão resumidos na lei de Biot-Savart. Podemos dizer que Lei de Biot-Savart é o análogo magnético da Lei de Coulomb. Ela dá a contribuição ao campo magnético $d\vec{B}$ num ponto \vec{r} do espaço produzido por um “elemento infinitesimal de corrente” $i d\vec{s}$.

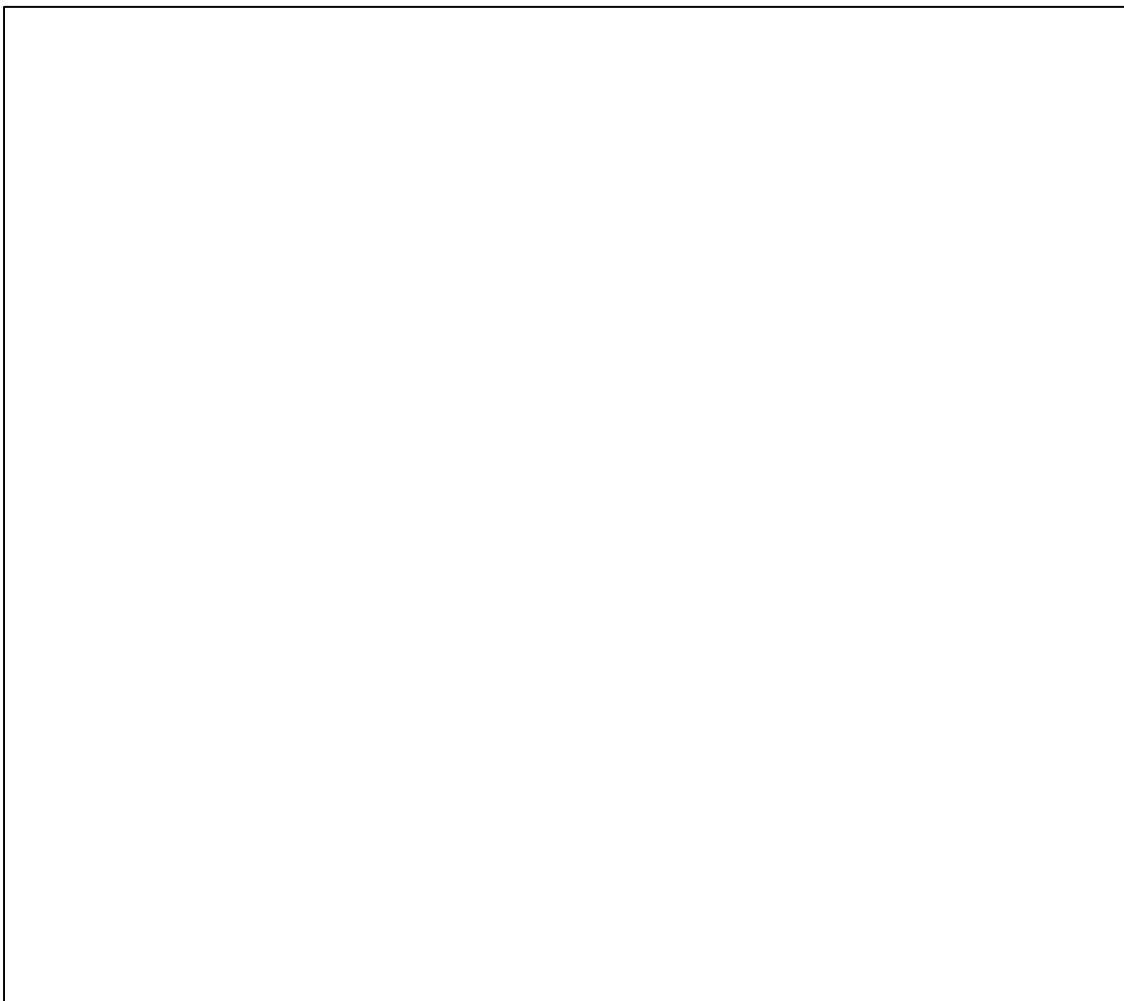
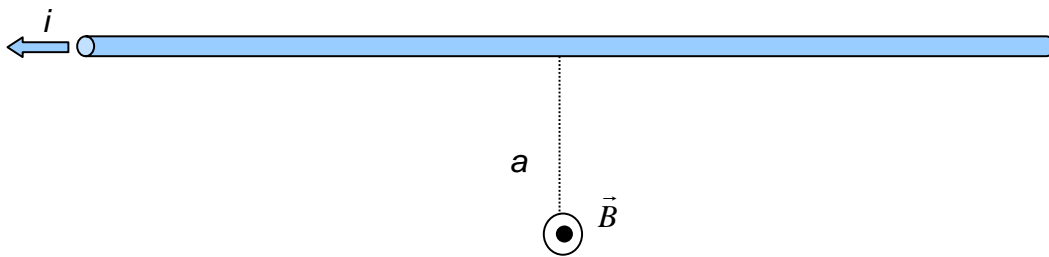
$$d\vec{B} = \frac{\mu}{4\pi} \frac{id\vec{s} \times \hat{r}}{r^2} \quad (1)$$

onde μ é uma constante denominada permeabilidade magnética do meio. O vetor \vec{r} liga o ponto de observação ao elemento de corrente. Da mesma forma que a Lei da Gravitação Universal e a Lei de Coulomb, a Lei de Biot-Savart é uma lei de inverso do quadrado da distância. Todavia, a diferença fundamental desta lei em relação às outras está na direção e sentido do campo, dado pelo produto vetorial $i d\vec{s} \times \vec{r}$. Esse produto vetorial indica que o campo produzido é perpendicular tanto à direção da corrente, dada por $d\vec{s}$, quanto ao vetor \vec{r} . Para encontrarmos o campo total \vec{B} devido a um condutor de tamanho finito transportando corrente, devemos somar as contribuições de todos os elementos de corrente $i d\vec{s}$.

Questão 1 – Pré-experimento (10 pontos)

Considere um fio reto infinito posicionado no eixo x , transportando uma corrente i , como na figura abaixo. UTILIZANDO EXPLICITAMENTE a Lei de Biot-Savart (Eq.(1)), mostre que a intensidade do campo magnético gerado por essa distribuição de corrente a uma distância a do fio é dada por:

$$B = \frac{\mu}{2\pi} \frac{i}{a} \quad (2)$$



A Eq. (2) também pode ser obtida de maneira mais simples usando a Lei de Ampère, a qual pode ser considerada como o análogo magnético da Lei de Gauss - ambas são muito úteis em situações de grande simetria.

Procedimento Experimental

Nesse experimento, iremos utilizar uma fonte de corrente, um multímetro, uma régua, cabos, uma bússola, um bastão condutor de latão de comprimento L e suportes (em alguns kits temos um suporte de madeira com posições verticais fixas para o bastão, em outros temos dois suportes de metal que permitem o ajuste contínuo da altura do bastão). A figura abaixo mostra o suporte de madeira que permite posicionar o bastão condutor em diferentes alturas pré-fixadas.



Procedimento Inicial

Kit com Suporte de Madeira: Posicione a bússola na base do suporte de madeira, fazendo o eixo N-S, indicado na bússola, coincidir com a direção do condutor – o bastão de latão. Feito isso, mova o suporte inteiro até que a agulha da bússola coincida com o eixo N-S.

Kit com Suportes Metálicos: Ajuste a bússola na mesa para que a agulha aponte exatamente no eixo N-S. Com o bastão acoplado aos suportes metálicos na mínima altura possível, posicione os suportes de modo que a direção do bastão condutor coincida com a direção da agulha da bússola.

Procedimento Geral de Medida

- 1- Com o bastão posicionado horizontalmente numa altura determinada, conecte-o em série à fonte de corrente e a um multímetro;
- 2- Verifique se o multímetro está ajustado para leitura de corrente;
- 3- Ligue a fonte e ajuste o botão de controle da corrente do lado esquerdo da mesma. Ajuste a corrente desejada observando o valor da corrente **no multímetro**;
- 4- Faça a leitura do ângulo de deflexão da agulha da bússola;
- 5- Ajuste novamente a corrente para um novo valor desejado **ou** desligue a fonte para trocar a altura do bastão condutor.



SEMPRE DESLIGUE A FONTE QUANDO NÃO ESTIVER MEDINDO O ÂNGULO DA BÚSSOLA OU A CORRENTE NO MULTÍMETRO – Manter a fonte ligada por muito tempo pode gerar superaquecimento dos cabos.

Coleta e Análise de Dados

ATIVIDADE 1

Análise do **comportamento do campo magnético com a corrente** no fio condutor a uma distância fixa do mesmo.

1. Posicione o fio na altura mínima permitida pelo kit e meça a distância do fio condutor ao centro de massa da agulha da bússola, estimando também sua incerteza:

$$a = (\text{_____} \pm \text{_____}) \text{ m}$$

2. Meça os ângulos de deflexão θ da bússola para seis diferentes valores de corrente i que passa pelo fio, anotando-os na tabela abaixo.

Questão 2 (10 pontos)

Desprezando a incerteza em B_0 , mostre por propagação de erros que a incerteza no campo magnético é dada por $\sigma_B = \frac{B_0}{(\cos \theta)^2} \frac{\pi}{180} \sigma_\theta$ quando θ e σ_θ são dados em graus.

Questão 3 (15 pontos)

A partir dos dados obtidos na ATIVIDADE 1, preencha a tabela 1. Obtenha o campo magnético pela relação $B = B_0 \operatorname{tg}(\theta)$. Vamos admitir a intensidade do campo terrestre local $B_0 = 18 \mu\text{T}$.

Tabela 1: _____

i (A)	σ_i (A)	θ (°)	σ_θ (°)	$\operatorname{tg} \theta$	B (μT)	σ_B (μT)

Questão 4 (15 pontos)

Com os dados da Tabela 1, construa um gráfico do campo magnético como função da corrente.

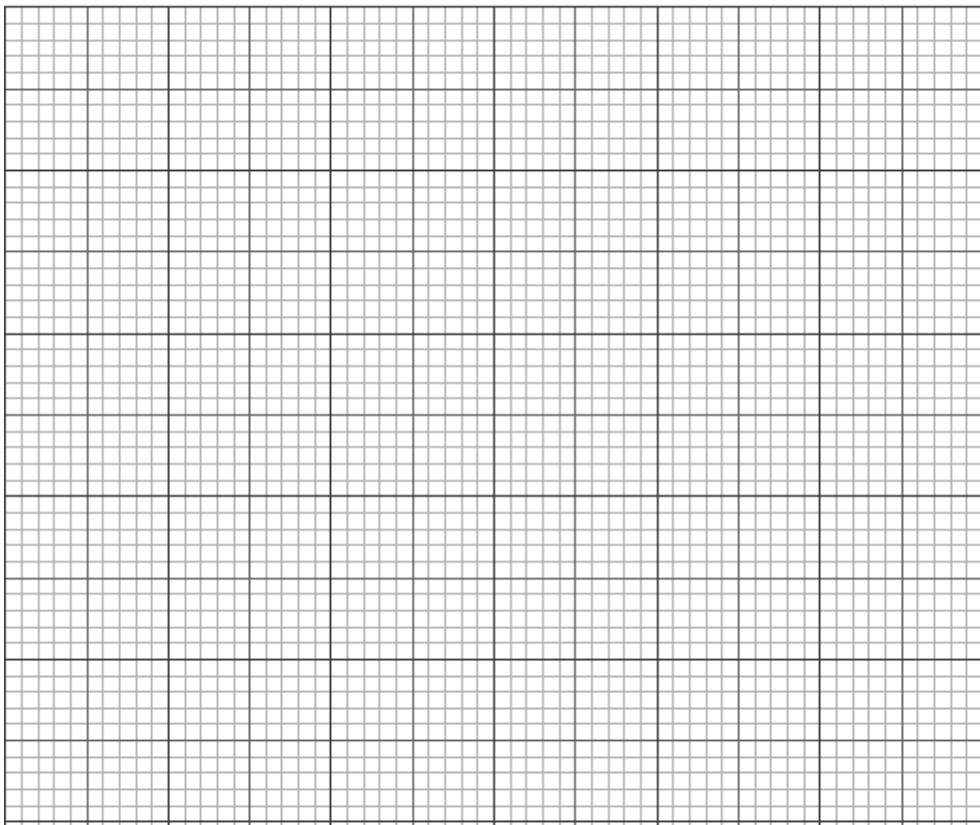


Gráfico 1: _____

Questão 5 (5 pontos)

Observando o gráfico 1, como o campo magnético varia à medida que mudamos a corrente que passa pelo fio? Compare o comportamento do campo magnético nesse caso com o previsto pela equação (2).

ATIVIDADE 2

Análise do **comportamento do campo magnético com a distância** ao fio condutor para uma corrente fixa.

1. Ajuste a fonte de modo que esta forneça uma corrente de aproximadamente 6 A. Anote o valor da corrente dada pelo multímetro, bem como sua incerteza:

$$i = (\quad \pm \quad) \text{ A}$$

2. Meça os ângulos de deflexão θ da bússola para seis diferentes alturas a do fio, anotando-os na tabela abaixo.



IMPORTANTE: Sempre desligue a fonte para mudar a altura do fio.

Questão 6 (15 pontos)

A partir dos dados obtidos na ATIVIDADE 2, preencha a tabela 2. Obtenha o campo magnético pela relação $B = B_0 \operatorname{tg}(\theta)$. Considere a intensidade do campo terrestre local $B_0 = 18 \mu\text{T}$.

Tabela 2:

a (m)	σ_a (m)	θ (°)	σ_θ (°)	$\operatorname{tg} \theta$	B (μT)	σ_B (μT)

Questão 7 (5 pontos)

Como visto na equação (1), a intensidade do campo magnético de um fio retilíneo através do qual passa uma corrente é inversamente proporcional à distância. Para verificar essa relação, partindo dos dados da Tabela 2, calcule $w = 1/a$ e a respectiva incerteza e preencha a Tabela 3.

Tabela 3:

w (m^{-1})	σ_w (m^{-1})	B (μT)	σ_B (μT)

Questão 8 (15 pontos)

Com os dados da Tabela 3, construa o gráfico do campo magnético em função do inverso da distância, $w = 1/a$.

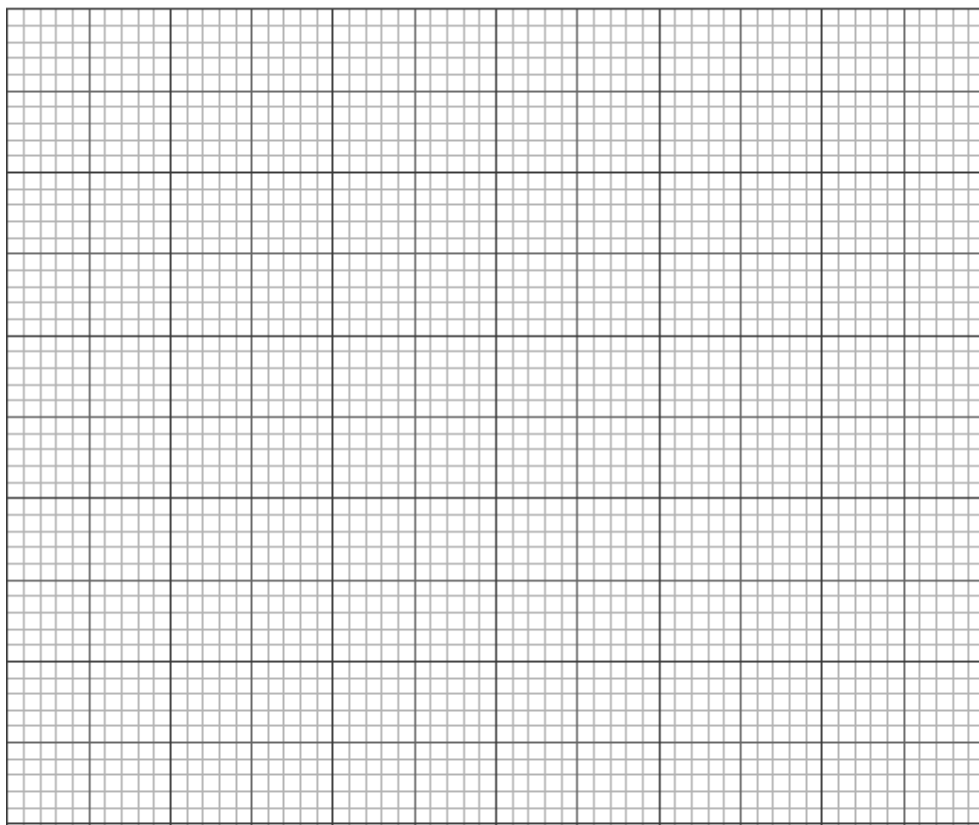


Gráfico 2: _____

Questão 9 (5 pontos)

Escolha e indique um de seus dados experimentais da Tabela 2 e determine, utilizando a Eq.(2), a permeabilidade magnética do ar, μ , bem como sua incerteza.

ATIVIDADE 3

Questão 9 (5 pontos)

Você esperaria alguma deflexão da agulha da bússola provocada pelo campo magnético do condutor transportando corrente se alinhássemos inicialmente (com $i = 0$) a agulha da bússola a 90° relativamente ao bastão condutor? Verifique o que ocorre nessa configuração com uma certa corrente $i \neq 0$ atravessando o condutor. Inverta o sentido da corrente e observe o que acontece. Dê uma explicação qualitativa para o comportamento da agulha.