

# Magnetismo

**Fascículo 6**

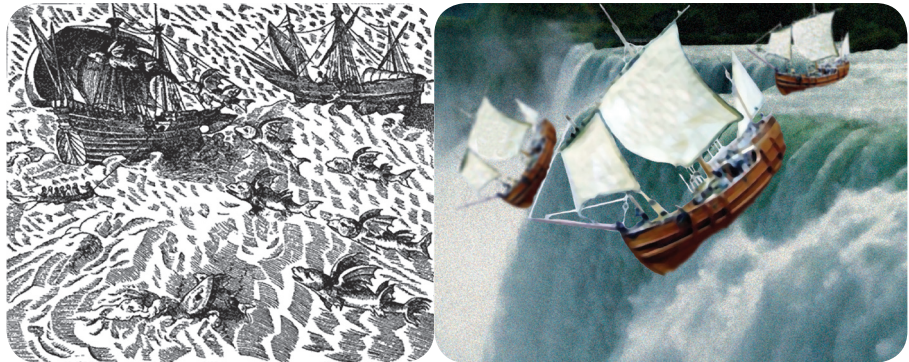
**Unidade 15**



# Magnetismo

## Para início de conversa ...

Você já deve ter refletido alguma vez a respeito da imensidão de um oceano. Mesmo que você nunca tenha viajado mundo afora, podemos imaginar que atualmente quase não há lugares inexplorados na superfície de nosso planeta, uma vez que até mesmo o *google maps* fornece com minúcia a geografia de diferentes localidades do mundo. Entretanto, imagine-se a 500 anos atrás sendo um homem comum, com as informações disponíveis à época! A imensidão dos mares provocava um temor intenso no coração da maioria das pessoas, uma vez que estas águas representavam o desconhecido, além dos diversos mitos e lendas que cercavam o novo mundo. Deve-se levar em conta que sendo um homem comum da época, você provavelmente compartilharia da crença de que o mundo era plano, e que navegar demais por estas águas faria com que sua embarcação despencasse em uma cascata ao final do mundo (veja a Figura 1)!



**Figura 1:** À esquerda, uma representação de alguns mitos que assombravam os navegadores, e à direita temos o temido fim do mundo.

Embora os oceanos de fato representassem um grande desafio, os grandes navegadores por sua vez desenvolveram uma série de tecnologias para navegar por mares nunca antes navegados. Eles se orientavam em alto-mar através de cartas celestes que lhes propiciavam as posições das estrelas em cada dia e horário. Entretanto, essa técnica só funcionava em dias de céu aberto, além de necessitar de extrema habilidade do navegador em reconhecer os padrões do céu noturno e orientar-se através dele. Hoje utilizamos o sistema de GPS para nos localizarmos ao redor do globo, mas bem antes dessa maravilhosa tecnologia os navegantes introduziram o uso da bússola magnética para se orientar (o que não quer dizer que deixaram as cartas celestes de lado). Nesta aula, veremos os fenômenos básicos do magnetismo, que estão relacionados ao funcionamento das bússolas. Veremos que as bússolas estão orientadas com o campo magnético natural do nosso planeta, e que a Terra, por sua vez, é um ímã gigantesco.

## Objetivos de aprendizagem

- Conceituar linhas de campo magnético;
- Identificar uma bússola como um instrumento para a determinação da direção de um certo campo magnético;
- Descrever o que significa experimentalmente a inseparabilidade dos polos magnéticos em um ímã;
- Reconhecer que além de ímãs naturais, a presença de uma corrente elétrica (cargas em movimento) também gera campos magnéticos;
- Identificar, utilizando a regra da mão direita, a direção do campo magnético gerado por um fio.



## Seção 1

### “Navegar é preciso...”

Não se sabe bem ao certo como a bússola foi inventada, mas sabemos que antes do nascimento de Cristo ela já era utilizada pelos chineses antigos e foi levada para a Europa através dos mouros por volta do século XIII. Esse “mágico” aparato (veja a figura 2) tem a importante característica de apontar sempre para a mesma direção, não importa o quanto você gire em torno de algum eixo.



Figura 2: Representação de uma bússola caseira. A agulha deste objeto aponta sempre em uma determinada direção.

Se isto não parece importante, imagine-se no meio do oceano atlântico após uma noite de tormenta. Você não será capaz de dizer em que direção fica o Brasil ou o continente africano, o seu barco pode ter girado dezenas de vezes sem que você percebesse, tirando-o do rumo original. E agora? Utilizando uma bússola você sempre saberá em qual direção está indo. Mas como funciona a bússola? Um objeto tão poderoso e tão antigo, embora muito simples.

As bússolas tem como sua principal peça uma “agulha magnética”. Esta agulha interage com o nosso planeta por intermédio do campo magnético terrestre. Essa interação faz com que a agulha da bússola sempre aponte em uma direção, a que chamamos de eixo Norte-Sul magnético da Terra (que não coincide perfeitamente com o eixo Norte-Sul geográfico). Como isto ocorre?

Veremos a seguir!

#### Atração Fatal (os opostos se atraem?)

Ímãs são materiais capazes de atrair outros ímãs, ou certos materiais metálicos, que denominamos ferromagnéticos. Por exemplo, um ímã é capaz de atrair um prego de aço, como você já deve ter presenciado, ou de atrair um outro ímã (veja a Figura 3)



Figura 3: Diversos ímãs mostrando sua capacidade de atrair alguns tipos de materiais.

Entretanto, você não perceberá nenhuma influência entre um ímã e uma panela de alumínio, por exemplo.

Quando aproximamos um ímã de um prego percebemos que surge uma força de atração entre ambos que depende da distância entre eles. Quanto mais próximos eles estão mais intensa será a força devida à interação magnética. O fato de a interação magnética tornar-se menos intensa conforme aumentamos a distância entre os objetos interagentes (ímã e pedaços de ferro, na Figura 3) não depende da orientação dos objetos.

Se repetirmos esse mesmo experimento com dois ímãs notaremos que além da distância a força dependerá também da orientação dos magnetos. Poderá existir repulsão, que nada mais é que uma força que tende a separá-los. Você mesmo pode realizar essa experiência. Com dois ímãs, um em cada mão, aproxime-os um do outro. Nessa tentativa, haverá 50% chances de que a interação entre eles seja atrativa. Se você girar um dos ímãs em torno de seu eixo você perceberá que o tipo de interação mudará. Se inicialmente ela for atrativa ela se tornará repulsiva e vice-versa (veja a Figura 4).

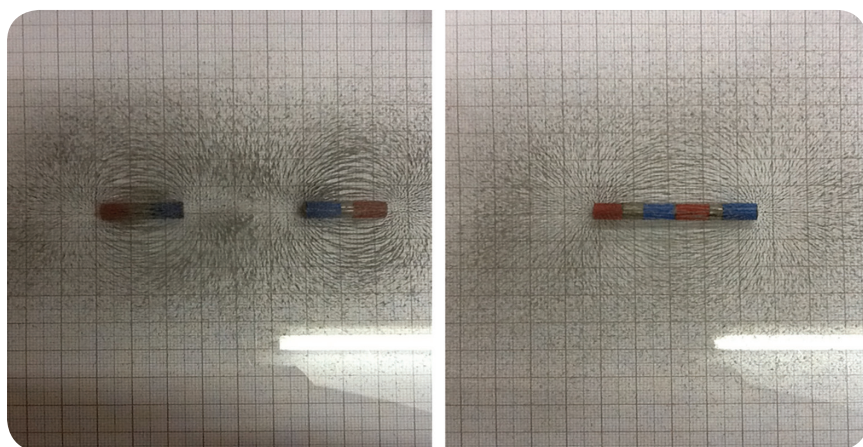


Figura 4: À esquerda, posicionamos dois polos iguais de dois ímãs distintos, enquanto que à direita juntamos um par de polos diferentes dos dois ímãs.

Hoje, dizemos que os polos iguais de um ímã repelem-se e que os opostos atraem-se. A esses polos damos o nome de norte e sul (veja a Figura 5). Todo e qualquer ímã apresenta esses dois polos, mesmo que você quebre um magneto em dois as duas partes remanescentes apresentarão dois polos sul e norte (veja a Figura 5).

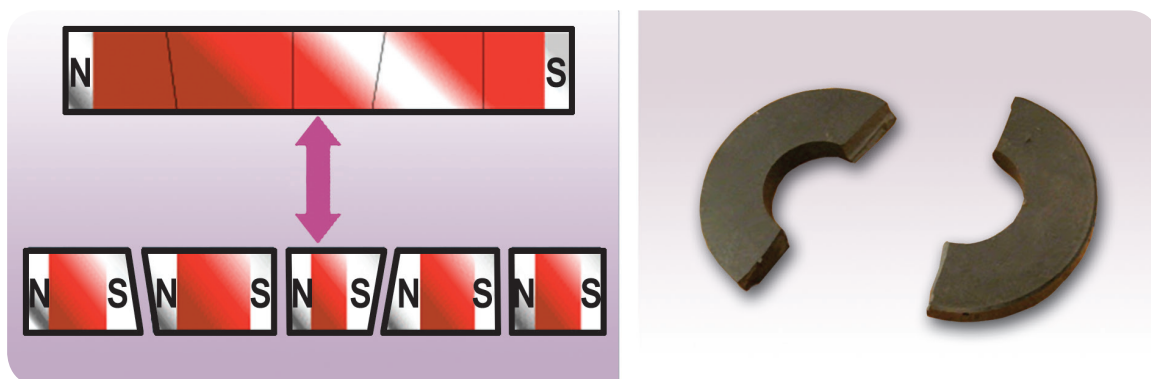


Figura 5: À esquerda, temos um ímã em formato de barra. Todos os pedaços do ímã fragmentado continuarão possuindo dois polos, conforme pode-se constatar ao quebrar um ímã. À direita, temos um ímã de autofalante quebrado.

Na verdade, devido à proximidade entre os eixos Norte-Sul magnético e geográficos, convencionamos dizer que o polo Norte magnético da bússola aponta para o Norte geográfico. Deste modo, temos que ter em mente que o polo Norte geográfico da Terra corresponderia ao polo Sul magnético, devido à sua relativa proximidade (veja a figura 6), uma vez que polos opostos se atraem. Resumindo esta discussão, enfatizamos mais uma vez que polos iguais se repelem (norte-norte ou sul-sul) e polos distintos se atraem (norte-sul).

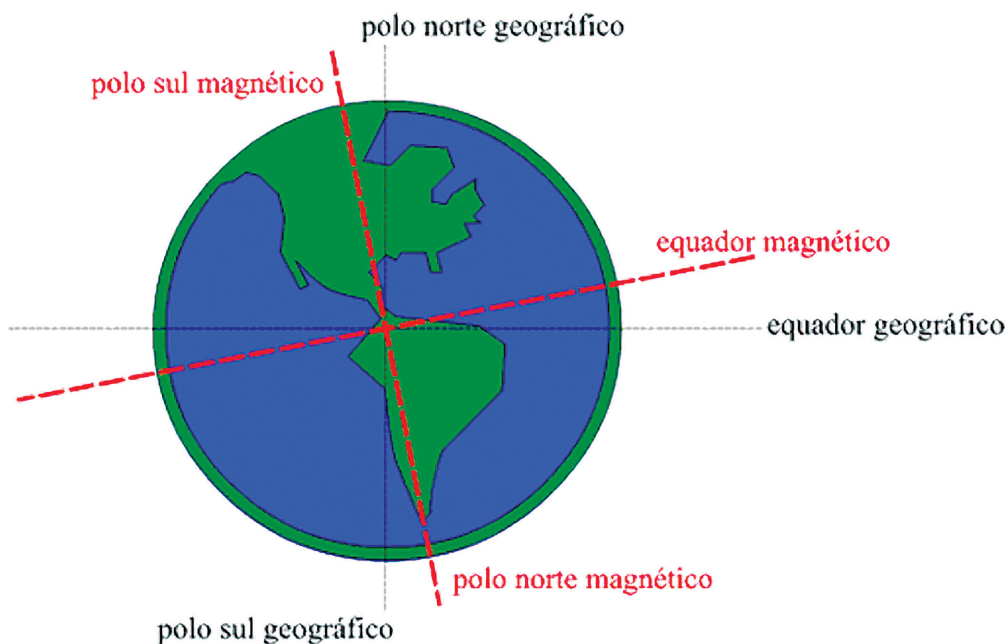
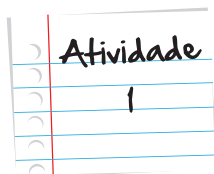


Figura 6: O polo Norte geográfico corresponde aproximadamente ao polo Sul magnético, enquanto que o Sul geográfico corresponderia ao polo Norte magnético.



### Botando a mão na massa!

Procure um ímã desses de autofalante em algum ferro-velho ou algo parecido. Você terá um ímã bastante poderoso, muito parecido ao ímã da Figura 5 (b), só que inteiro. Utilizando um outro ímã, tente descobrir qual a direção Norte-Sul dos ímãs (sem uma bússola você não saberá dizer qual das extremidades será o Norte ou o Sul, mas poderá descobrir onde os polos estão localizados). Tente quebrar o ímã de modo a gerar a menor quantidade possível de pedaços. É possível juntar os pedaços do ímã de modo a juntá-lo ao seu formato original? Como você explicaria os fenômenos observados?

Anote suas respostas em seu caderno

## Seção 2

### Embolando a linha de campo!

Em uma de nossas aulas você já teve contato com a ideia de campo. Campo é uma palavra que tem vários significados e seu uso depende do contexto da frase onde é aplicado. Veja o seguinte exemplo. Numa entrevista um jogador de futebol justifica seu fraco desempenho dizendo: “É... realmente eu não acertei muitos passes, mas isso por que o campo está muito ruim, cheio de buracos!”. Nessa frase a palavra campo designa uma região delimitada destinada a prática desse esporte. Note, região.



Quando estudamos dinâmica vimos que o planeta Terra é dotado de um campo gravitacional. E podemos defini-lo como a região do espaço onde somos capazes de perceber a interação de nosso planeta com outros materiais, através da força Peso. Devemos lhes alertar que essa é uma noção bem simplificada acerca do conceito de campo, existem definições e ideias muito mais robustas e elegantes sobre esse tema. Vale à pena pesquisar. Entretanto, nossa definição funcional nos bastará em nossos estudos. Sendo assim podemos mapear a região do espaço onde um ímã pode interagir com outro introduzindo a ideia de campo magnético. Para isso podemos realizar a seguinte experiência:

Coloque um ímã debaixo de uma folha de papel de ofício e em seguida derrame, cuidadosamente, limalha de ferro sobre o papel (veja a Figura 7).



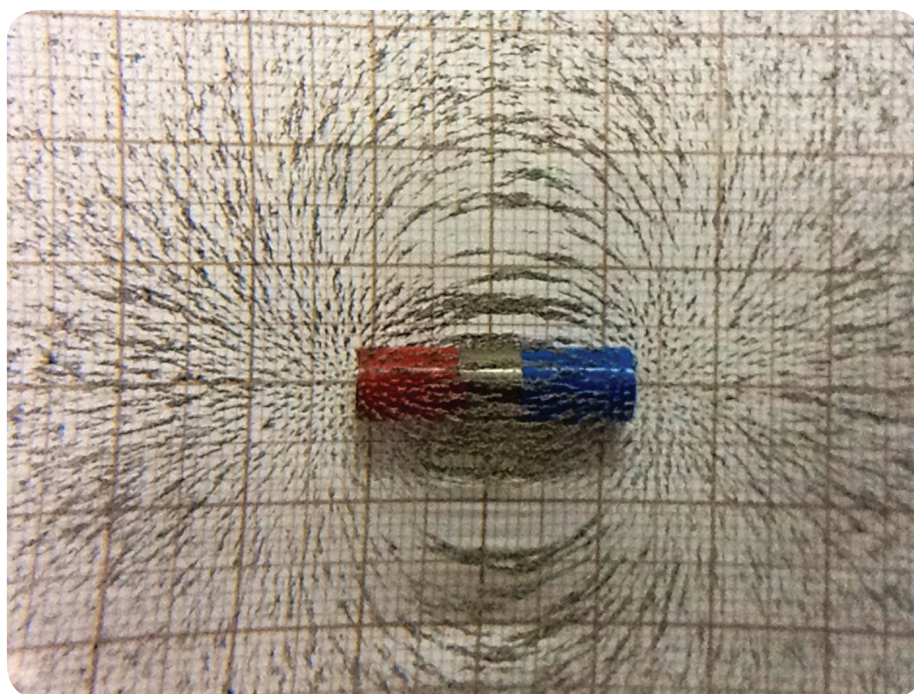


Figura 7: Limalha de ferro e um ímã em forma de barra

Você notará que o pó de ferro irá se aglutinar em padrões bem específicos como os da Figura 7. Isso dá uma ideia de formato para o campo magnético desse ímã. Repare que a limalha de ferro forma um padrão que é simétrico com relação ao eixo  $x$ , isto é, como se este eixo fosse um espelho. Bem, isso não é capaz de mostrar toda a extensão de um campo produzido por um ímã por que a interação de um ímã com outros materiais se enfraquece brutalmente com a distância. Outro motivo é que essa ação pode se estender por todo o espaço, ou seja, podemos dizer que o campo magnético de um ímã é muito pequeno se estivermos afastados dele, sem que ele seja de fato nulo. Mas de contra partida ele será muito fraco, a ponto de não mais sermos capazes de notá-lo. Na verdade, a interação entre dois ímãs comuns (desses vendidos em lojas de ferragem e parafusos) deixará de ser sentida por nosso tato (caso no qual seguramos dois ímãs e os afastamos) se os afastarmos por alguns centímetros.

Definimos que o polo norte do ímã “emana” o campo magnético e que o polo sul “recebe” este campo, uma vez que todas as linhas formadas pela limalha de ferro fecham-se. Deste modo, sempre teremos um sorvedouro (fonte) de campo e um escoadouro de campo. Por causa desta convenção, indicamos um sentido de fluxo para o campo magnético de um magneto (veja a Figura 8).



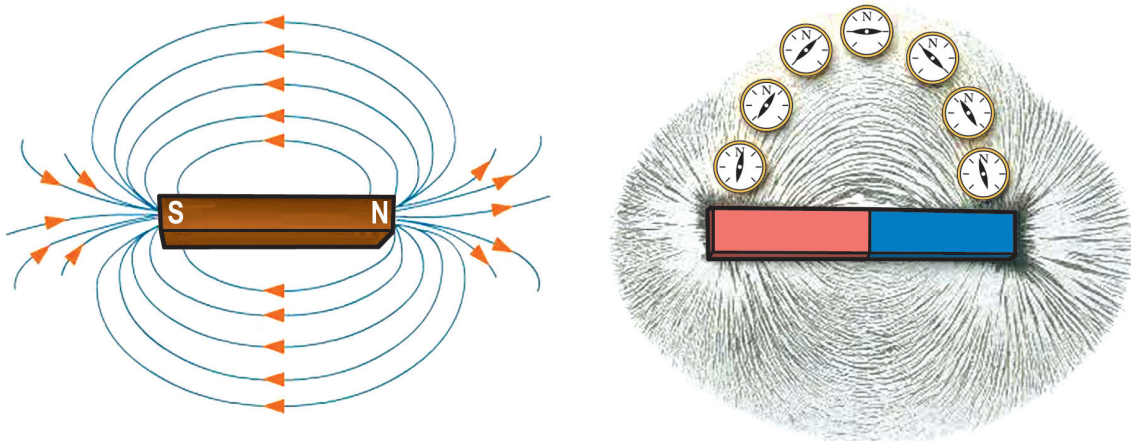


Figura 8: À esquerda temos a representação das linhas de campo magnético de um ímã em forma de barra. Veja que as linhas saem do polo Norte (fontes) e se dirigem ao polo Sul (sorvedouros). Caso movimentássemos uma bússola nas proximidades de um ímã, a mesma iria andar sempre alinhada com as linhas de campo magnético (veja à direita).

As linhas de campo representam a direção do campo magnético, gerado por um certo ímã. Conforme podemos ver na Figura 8, além de visualizar as linhas de campo, utilizando limalha de ferro vemos que as bússolas também estão orientadas de acordo com estas linhas.

Na Figura 9, vemos mais uma vez que a bússola indica a direção do campo magnético gerado por um ímã.

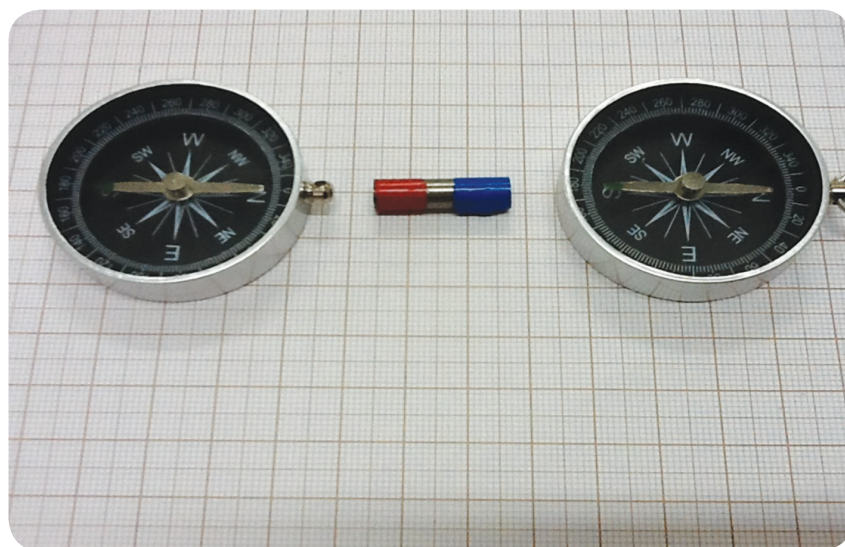
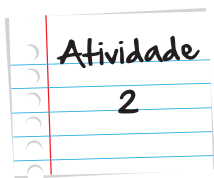


Figura 9: Vemos nesta figura que a bússola indica a direção do campo magnético gerado pelo ímã em formato de barra.

Veja que a agulha de um ímã é muito leve. Além do mais, a mesma está apoiada sobre seu centro. Assim, mesmo que haja um campo magnético muito fraco, a bússola ainda será capaz de orientar-se de acordo com este campo.



### Brincando com uma bússola

Adquira uma bússola em um armarinho ou lojas de caça e pesca. Procure diversos ímãs para esta atividade. Utilizando a bússola, determine quais são os polos Norte e Sul de cada um dos ímãs. Movimente lentamente a bússola em torno dos ímãs e tente acompanhar a direção das linhas de campo que emanam dos mesmos.

Anote suas  
respostas em  
seu caderno

## Seção 3

### Sempre em linha

Se aproximarmos uma bússola de um ímã, notaremos que a sua orientação mudará drasticamente. Isso deve ao fato de que a agulha da bússola interage com o magneto e notaremos que a agulha tenderá a se alinhar com seu campo magnético. O fato é que a agulha de uma bússola também é um pequeno ímã, que se alinha com o campo magnético aplicado, da mesma maneira que as limalhas de ferro se alinham com o campo do ímã da Figura 4. Ao caminhar com a bússola ao redor do magneto você notará que a agulha mudará de posição respondendo quase que instantaneamente à sua ação (veja as Figuras 8 e 9).

Por que há materiais que interagem com ímãs e que podem eventualmente até adquirir propriedades magnéticas permanentemente? A resposta a esta pergunta é bastante complicada e envolve, dentre outras coisas, as propriedades dos átomos que compõe o material em questão. Entretanto, se observarmos materiais ferromagnéticos em pequena escala, veremos que os átomos juntam-se em pequenos grupos, denominados domínios magnéticos. Imaginando cada átomo como um pequeno ímã, em cada domínio todos os átomos estão orientados na mesma direção (veja a Figura 10).

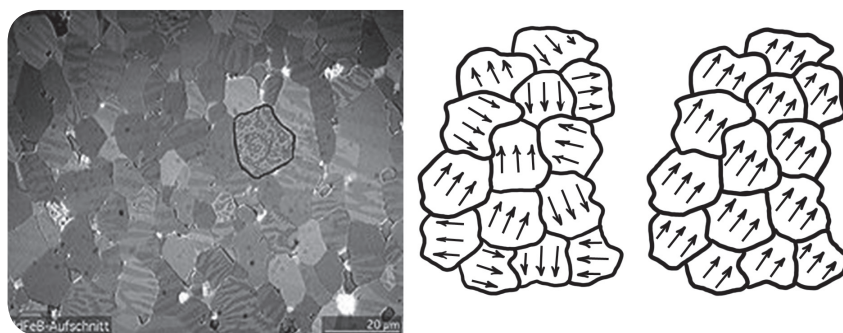


Figura 10: À esquerda, temos uma fotografia ampliada (utilizando-se um microscópio Kerr) que mostra os domínios magnéticos de NdFeB. À direita, temos a representação esquemática dos domínios magnéticos. Se aplicarmos um campo magnético suficientemente intenso, podemos alinhá-los todos na direção deste campo aplicado.

Normalmente, estes domínios não possuem um ordenamento, isto é, os domínios magnéticos estão orientados em direções aleatórias. Entretanto, se estabelecermos um campo magnético suficientemente forte sobre o material, seus domínios passarão a apontar preferencialmente na direção do campo aplicado. Assim, mesmo que este campo externo cesse, o material ainda apresentará uma magnetização.

Os materiais que apresentam magnetização mesmo após a retirada de um campo magnético externo são denominados ferromagnetos. Há, entretanto, os materiais chamados paramagnetos (como exemplo temos alumínio, platina e o cromo) e os diamagnetos (tais como o cobre, água, mercúrio e ouro). Para nossos fins, basta saber que tanto diamagnetos quanto paramagnetos praticamente não sentem influência magnética, conforme você pode constatar aproximando um ímã de uma panela de alumínio ou um bloco de madeira. Entretanto, se o campo magnético aplicado for muito intenso, mesmo corpos compostos por materiais dia e paramagnéticos sentirão esta influência. A título de curiosidade, veja o vídeo apresentado na seção [Veja Ainda!](#)

## Seção 4

### Seguindo a corrente

Vimos que ímãs naturais e materiais ferromagnéticos geram campos magnéticos nas suas proximidades. Além disso, nosso próprio planeta Terra também possui um campo magnético, que faz com que as bússolas apontem sempre em uma determinada direção.

Antes dos trabalhos de Maxwell e Ampère, não havia nenhuma relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos. Entretanto, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted percebeu, em seus experimentos, que quando uma corrente elétrica atravessa um fio condutor, podemos perceber a deflexão de uma bússola, indicando que o movimento de cargas elétricas gera um campo magnético (veja a figura 11).

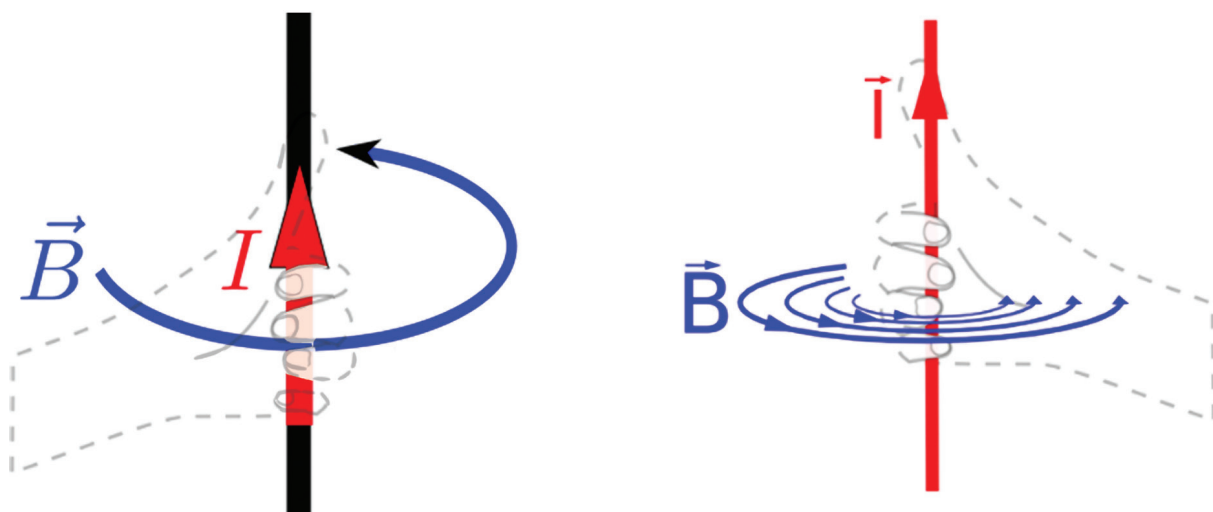


Figura 11: À esquerda, temos representação do campo magnético em um fio que carrega corrente. À direita, temos o mesmo, além da indicação do uso da regra da mão direita.

Deste experimento podemos observar que a **deflexão** da bússola diminui à medida que afastamos a bússola do fio, similarmente ao que observamos no caso do ímã. Além disso, vemos também na Figura 11 que o campo magnético forma uma circunferência, centrada no fio. Além disso, a deflexão da bússola também depende da corrente elétrica que percorre o fio. Quando enrolamos um fio em um formato de anel temos a chamada bobina. Os chamados eletroímãs, vistos comumente em depósitos de ferro-velho de filmes, nada mais são do que diversas bobinas agrupadas. Podemos fazer um eletroímã simplesmente enrolando um fio de cobre em um cilindro. Para aumentar o campo magnético gerado pelo eletroímã aumentamos o número de voltas do fio e a corrente elétrica que atravessa o mesmo. A grande vantagem de um eletroímã é que diferentemente de um ímã normal, o eletroímã só exibe propriedades magnéticas enquanto houver corrente elétrica atravessando o fio. Deste modo, podemos ligar e desligar o eletroímã à vontade, bastando controlar a corrente elétrica que o atravessa.

## Deflexão

Movimento de abandonar uma linha que se descrevia, para seguir outra. Desvio do caminho normal.

Veja na Figura 12 a foto de um experimento que comprova a direção do campo magnético gerado por um fio que carrega corrente elétrica. Conforme discutimos acima, este campo circula em torno do fio.



Figura 12: Um fio de cobre é esticado verticalmente. Ligando as extremidades do fio em uma bateria fazemos uma corrente elétrica atravessar o fio. As bússolas da imagem confirmam o que vimos na figura 11.

## Seção 5

### Forças magnéticas sobre cargas em movimento

Conforme acabamos de ver, sempre que houver movimento de carga elétrica (isto é, corrente elétrica) surgirá um campo magnético. As propriedades deste campo dependem da geometria do objeto por onde flui a corrente elétrica (como pudemos ver, o campo magnético de um fio retilíneo é diferente do campo gerado por uma espira) e da intensidade desta corrente. Já que correntes elétricas geram campos magnéticos, comportando-se similarmente à ímãs, podemos imaginar que estas cargas em movimento também sintam o efeito de um campo magnético aplicado sobre as mesmas. Para testar esta hipótese, vamos imaginar o seguinte experimento. Utilizaremos uma bateria, que poderia ser uma pilha ou uma bateria de carro, por exemplo, e um fio de cobre flexível e extenso, com cerca de um metro. As extremidades do fio são ligadas nos polos da bateria. Veja a Figura 13 para observar o fenômeno.

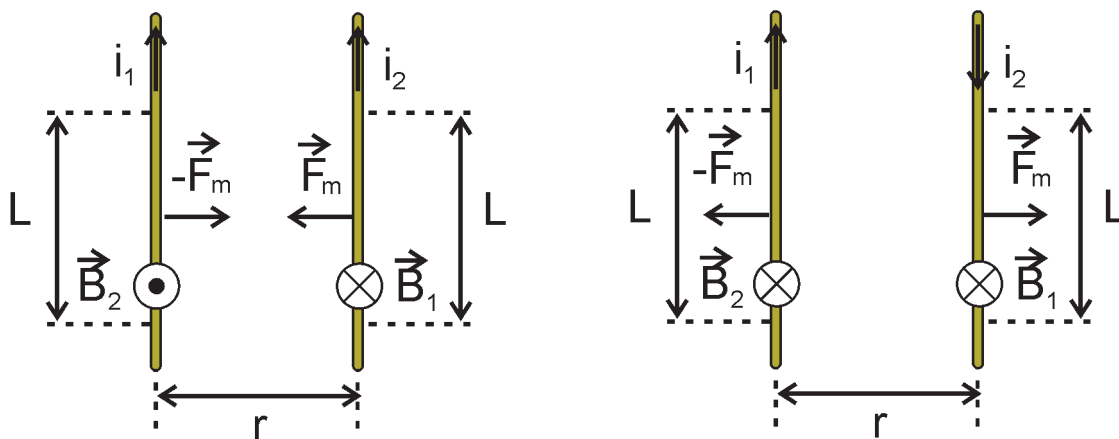


Figura 13 (a): Fios paralelos percorridos com corrente de mesmo sentido geram forças magnéticas atração

(b) Fios paralelos percorridos com corrente de sentidos opostos geram forças magnéticas de repulsão

Se o formato do fio for tal como na Figura 13 (a), onde a corrente elétrica em ambos os lados do fio tem sentidos diferentes (uma para cima e outra para baixo) os fios se repelem. Já no caso da Figura 13 (b) arranjamos o fio de tal modo que duas partes deste fio possuam uma corrente elétrica que flui na mesma direção (ambas para cima). Neste caso, os fios se atraem. Vemos então que, além de serem capazes de gerar campos magnéticos, a própria corrente elétrica também sente o efeito de um campo aplicado sobre ela.

Utilizando a regra da mão direita para a parte esquerda do fio da Figura 13 (a) descobrimos que esta parte do fio gera um campo magnético que circula em torno deste fio. Esta mesma regra nos diz que este campo será perpendicular à corrente elétrica que atravessa a parte direita do fio, que por sua vez aponta para baixo [veja a Figura 14 (a)].

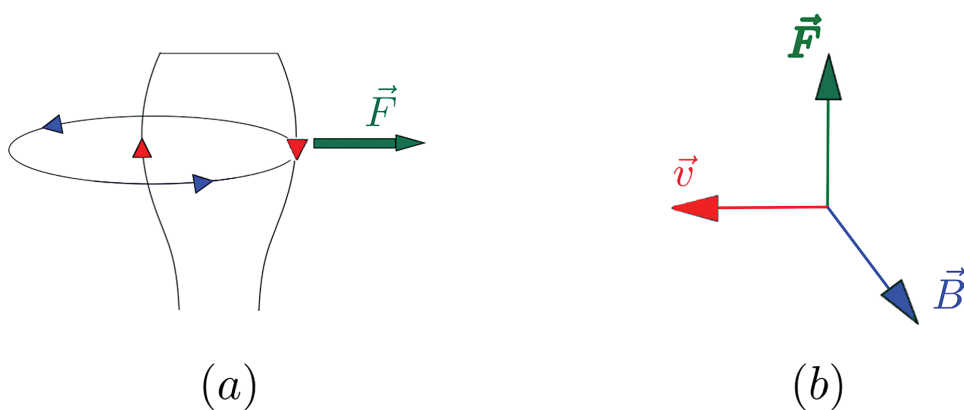


Figura 14: Como sabemos o campo magnético gerado por uma corrente elétrica em um fio circula em torno deste fio. Para o caso da Figura 13 (a) temos a representação do campo magnético gerado pela extremidade esquerda do fio. Vemos que este campo magnético é perpendicular à corrente que passa pela extremidade direita do fio. Já a força magnética será perpendicular à ambos: tanto à corrente quando ao campo magnético.



Veja que a força exercida sobre a parte direita do fio aponta para a direita (representada pela seta verde), uma vez que os fios estão se repelindo. Para determinar a direção da força magnética gerada sobre uma carga em movimento, temos que considerar a direção da velocidade desta carga e o campo magnético aplicado sobre a mesma. Estes dois vetores (vetor velocidade e vetor campo magnético) formam um plano. A força magnética sempre será perpendicular a este plano [veja a Figura 14 (b)]. Se a carga em questão for positiva, ela terá o sentido indicado na Figura 14 (b), no caso, uma força para cima. Se a carga fosse negativa, o sentido da força seria o oposto, isto é, para o caso da Figura 13 (b) a força apontaria para baixo. Para nossos fins, entretanto, é mais importante saber que a força magnética sempre será perpendicular (em outras palavras, será normal ao plano). Caso VOCÊ deseje, pode ser interessante reler a discussão de perpendicularidade à planos e outras superfícies na aula de Primeira e Terceira Leis de Newton ao plano formado pelos vetores  $v$  (velocidade da carga) e  $B$  (campo magnético aplicado sobre a mesma). Para mais exemplos, veja a Figura 15.

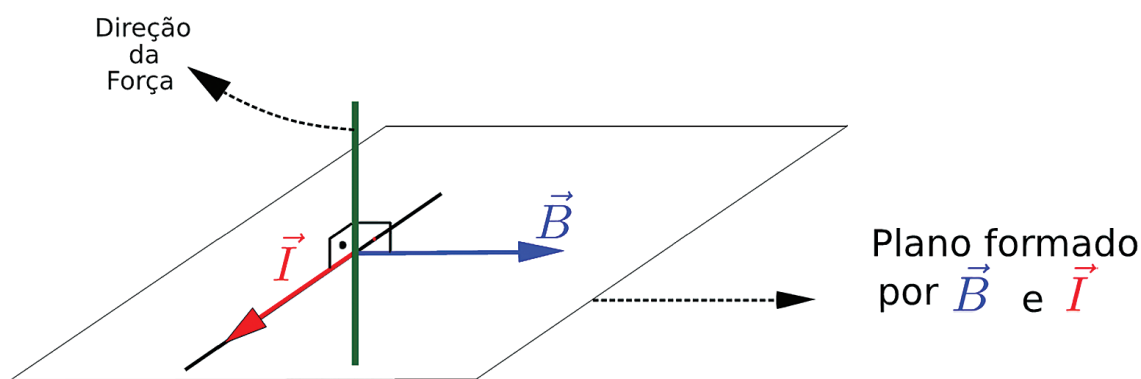


Figura 15: Para determinar a direção da força que uma certa corrente elétrica sofre em virtude de um campo magnético aplicado, primeiro determine o plano formado entre o vetor corrente elétrica (que indica a direção e sentido da velocidade das cargas em movimento) e o vetor campo magnético. Finalmente, determinamos a direção perpendicular a este plano.

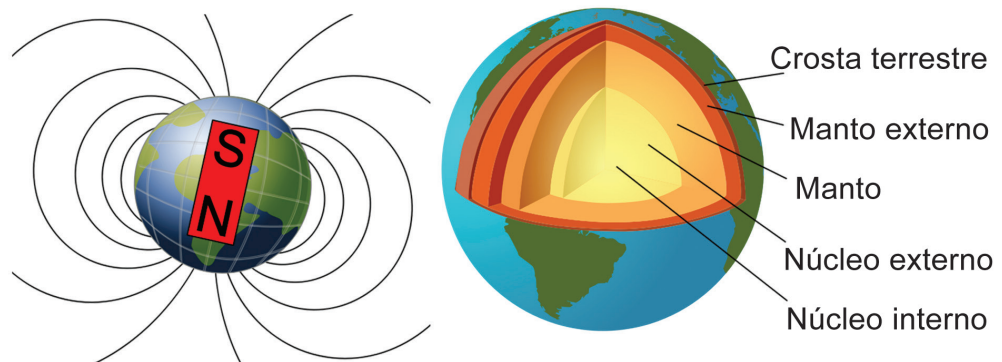
Repare que na Figura 14 indicamos apenas a direção da força magnética (direção vertical), e não o seu sentido (se aponta para cima ou para baixo). Entretanto, para nossos fins, basta que sejamos capazes de descobrir a direção da força magnética sofrida pela corrente elétrica em virtude do campo magnético aplicado.

O funcionamento dos aparelhos de TV antigos (atualmente cada vez mais marginalizados em função das TVs de LCD, plasma e LED), que utilizam os chamados tubos de raios catódicos baseia-se na força magnética sofrida por cargas elétricas em movimento. A força magnética sofrida por uma partícula carregada em movimento depende do valor deste campo magnético, do valor de sua carga e da sua velocidade. Entretanto, o estudo quantitativo desta força magnética vai além dos nossos objetivos.

Saiba Mais

## O CAMPO MAGNETICO DA TERRA

Vimos que nosso planeta se comporta como um grande ímã, que faz com que as agulhas magnéticas das bússolas se orientem na direção do campo magnético gerado pela Terra. Como podemos entender este comportamento? Atualmente sabe-se que o núcleo da Terra é formado por diferentes camadas. A camada mais interna é constituída por um núcleo de Ferro sólido. Mais próximo da superfície há uma camada de ferro líquido. Acredita-se atualmente que o movimento de rotação do planeta Terra em torno do seu eixo faz com que essa camada de ferro líquido também se movimente, gerando o campo magnético que observamos na superfície do nosso planeta.

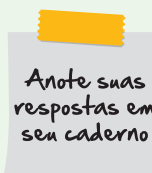
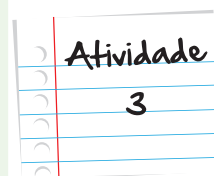


1. Núcleo interno
2. Núcleo externo
3. Manto
4. Manto externo
5. Crosta terrestre
6. ELIMINAR!

Entretanto, há um pequeno detalhe. O polo sul magnético coincide com o polo norte geográfico (embora na verdade ambas as direções não sejam perfeitamente alinhadas). O motivo desta troca deve-se ao fato de que polos distintos se atraem, enquanto que polos de mesmo tipo se repelem. Assim, convençamos dizer o polo norte de uma bússola aponta no sentido do polo Norte geográfico. Entretanto, o polo Norte geográfico deve corresponder ao polo Sul magnético, uma vez que este polo atrai o norte magnético da agulha da bússola em sua direção.

### Eu to na pilha!

Adquira uma pilha de 1,5 V e um pedaço de fio de cobre. Ligue as extremidades do fio cada uma em um dos polos da pilha (procure evitar contato direto com o fio e os polos da pilha em função de seu rápido aquecimento. Isto ocorre devido ao Efeito Joule, anteriormente estudado). Mantendo as extremidades do fio ligadas à pilha, aproxime a bússola que você adquiriu na última atividade ao fio e veja se a agulha da bússola muda de direção. Se precisar, peça ajuda a algum conhecido, e contorne a bússola em torno do fio de maneira de muito parecida ao que vimos na Figura 12. É importante aproximar bastante a bússola do fio. Além disso, se você utilizar uma pilha um pouco gasta, pode ser difícil visualizar as deflexões na agulha da bússola.



## Seção 6

### Hummm, induzida!

Em 1831, o cientista inglês Michael Faraday (que teria, nos dias de hoje, um nível de instrução que corresponderia mais ou menos ao nosso primeiro segmento do nosso Ensino Fundamental) descobriu que podemos gerar corrente elétrica em um fio de maneira bastante simples: basta movimentar um ímã a uma pequena distância do fio. Uma maneira interessante de fazer isto é enrolar um fio de cobre em formato cilíndrico, formando diversas espiras. Quando movimentamos um ímã cilíndrico entrando e saindo das espiras, surge uma corrente elétrica no fio, além de uma diferença de potencial, que podem ser observadas, utilizando-se um multímetro (veja a Figura 16).

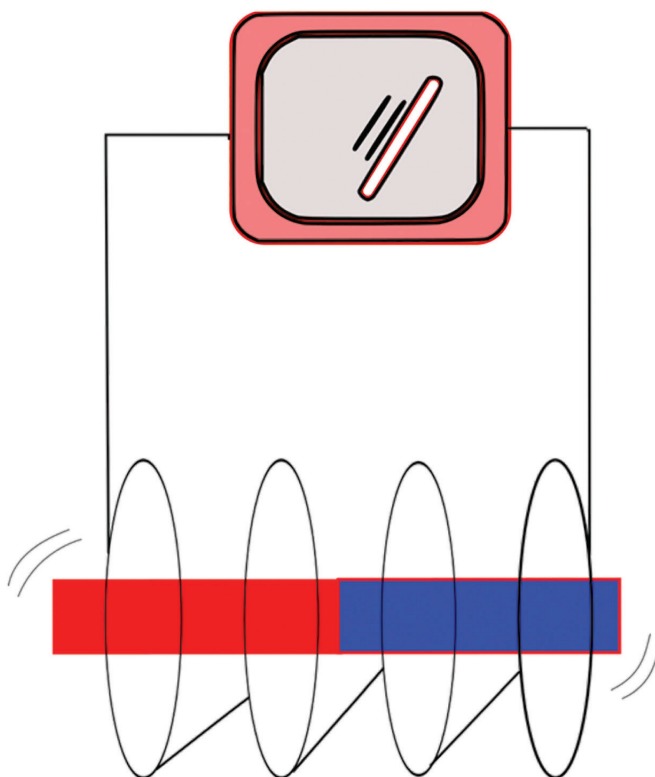


Figura 16: Se movimentarmos um ímã em forma de barra de modo que o mesmo entre e saia de um conjunto de espiras observaremos no amperímetro o surgimento de corrente elétrica fluindo no fio.

Fazendo uma série de outros experimentos, Faraday formulou a Lei que hoje leva seu nome, que basicamente estabelece que uma variação em um campo magnético gera um campo elétrico. É este campo elétrico que impulsiona as cargas presentes no fio da Figura 16, gerando uma corrente elétrica e também uma diferença de potencial elétrico. Para o caso das espiras da Figura 16, Faraday determinou experimentalmente que a voltagem induzida obedece à seguinte relação:

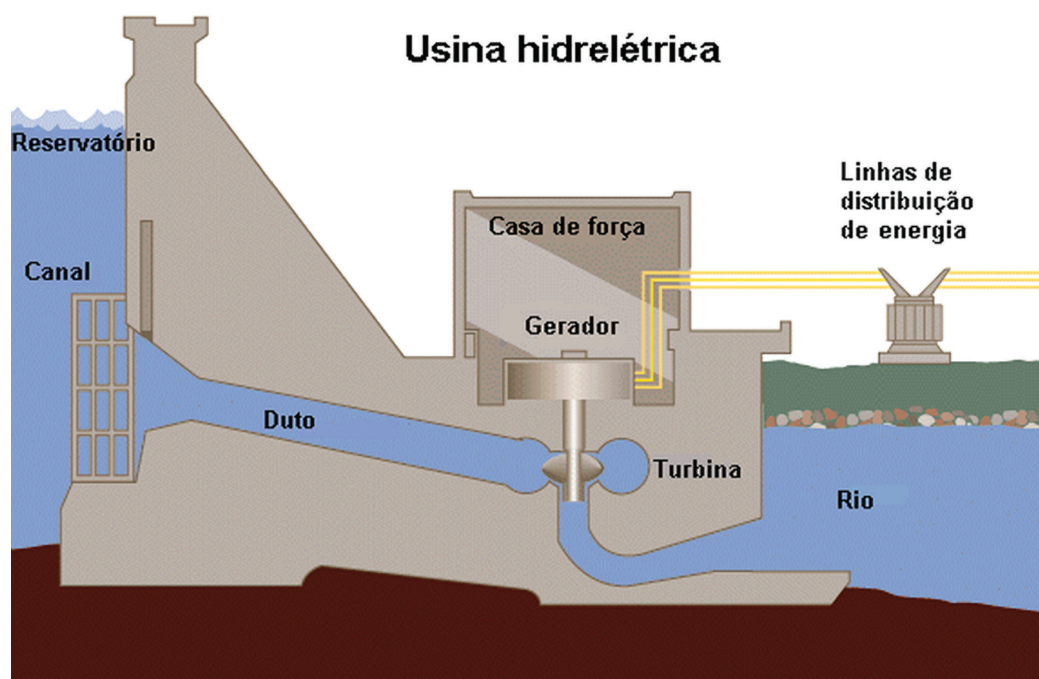
$$\text{Voltagem induzida} = \frac{\text{NÚMERO DE ESPIRAS} \times \text{ÁREA DA ESPIRA} \times \Delta \text{CAMPO MAGNÉTICO}}{\Delta \text{TEMPO}}$$

A Lei de Faraday, juntamente com o experimento de Oersted foram os primeiros passos que indicavam a relação entre fenômenos elétricos e magnéticos. Esta relação é tão forte que desde os trabalhos do Físico inglês James Clerk Maxwell que ambos os tipos de fenômenos passam a ser estudados juntos, dentro do que hoje chamamos de Eletromagnetismo.

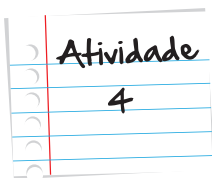
## Usinas Hidrelétricas

Atualmente, a nossa vida depende e muito das tecnologias que necessitam de energia elétrica para funcionar. Imagine-se em uma casa onde não existe o fornecimento de energia, ao chegar em casa você não poderia tomar aquele banho quente ou assistir o seu programa favorito, entre outras atividades e distrações as quais estamos acostumados. Mas de onde vêm essa energia? Como ela é produzida? Bem, para responder essa pergunta precisamos adentrar no mundo das usinas elétricas.

Basicamente, existe uma turbina (veja a figura a seguir) que quando acionada faz com que uma bobina "atravesse" um campo magnético, (o alternador de um automóvel ou o dínamo que faz acender a lâmpada de uma bicicleta, seguem o mesmo princípio de funcionamento, a indução de Faraday). De maneira parecida com o que vimos acima, o movimento das turbinas impulsiona alguns ímãs. Este movimento gera uma voltagem e uma corrente elétrica induzidas, que poderiam ser utilizadas, por exemplo, para carregar uma bateria (na verdade, muitas baterias). A energia gerada pelo movimento de um grande fluxo de águas permite uma determinada quantidade de energia, que em geral aumenta conforme também aumentamos o fluxo de água.



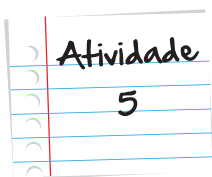
A principal fonte de geração de energia elétrica em nosso país são as **hidrelétricas**, essas se utilizam de recursos hídricos para girar a turbina transformando energia mecânica em elétrica.



### Fabricando um ímã

Adquira um pedaço de cerca de 50 cm de fio de cobre e uma bateria de 9,0 V. ConSIGa também uma broca de furadeira. Antes de realizar o experimento, verifique se a broca escolhida é ferromagnética (para isto basta aproximar um pequeno ímã de geladeira e verificar se há alguma interação). Agora, enrole a broca com o fio de cobre de maneira a formar um eletroímã. Ligue as duas extremidades do fio separadamente em cada um dos polos da bateria. Aproxime pequenos objetos metálicos, tais como pedaços de grampo da broca e verifique se há alguma interação entre a broca e os pedacinhos de ferro. Pronto, agora, mesmo que você retire a broca do eletroímã ele ainda apresentará alguma magnetização espontânea, mesmo que seja pequena. Onde se localizam os polos Norte e Sul da broca recém promovida à ímã?

Anote suas  
respostas em  
seu caderno



### Construindo o seu gerador

Para essa atividade, precisaremos de um motor de carrinho de brinquedo (facilmente retirado de brinquedos velhos, ou comprado em lojas de artigos eletrônicos) e de um LED de sua preferência de cor. Conecte os terminais do LED nos terminais do motor e gire o eixo do motor com bastante intensidade. Após essa montagem, responda às perguntas abaixo.



1. O que ocorreu com o LED, quando você girou o eixo do motor?
2. Se você girar o eixo com baixa intensidade o que ocorre com o LED? Por quê?
3. Explique como o motor é capaz de gerar energia elétrica, sabendo que seus principais componentes internos são uma bobina e um par de ímãs.

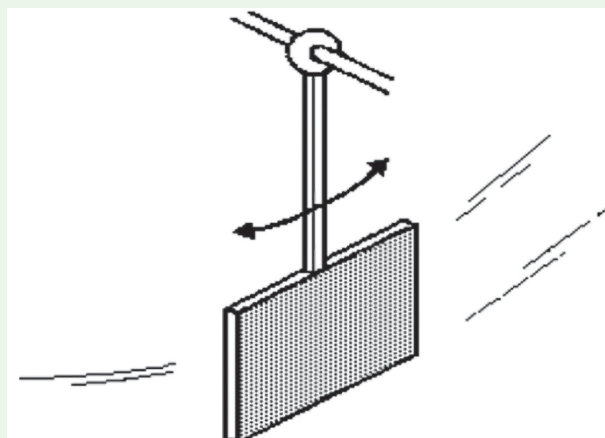
Anote suas  
respostas em  
seu caderno

Atividade

5

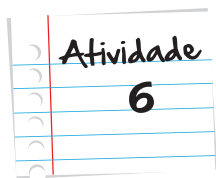
### Quizz do Magneto!

(UFMG-94) Este diagrama mostra um pêndulo com uma placa de cobre presa em sua extremidade. Esse pêndulo pode oscilar livremente, mas, quando a placa de cobre é colocada entre os polos de um ímã forte, ele para de oscilar rapidamente.



Atividade

6



Isso ocorre, porque:

- a. a placa de cobre fica ionizada.
- b. a placa de cobre fica eletricamente carregada.
- c. correntes elétricas são induzidas na placa de cobre.
- d. os átomos de cobre ficam eletricamente polarizados

Anote suas  
respostas em  
seu caderno

## Resumo...

Vimos nesta unidade que uma bússola contém uma agulha magnética. Esta agulha orienta-se com campo magnético gerado pelo planeta Terra para apontar sempre em uma determinada direção (a direção do eixo Norte-Sul), permitindo que os Grandes Navegadores pudessem desbravar os oceanos. Vimos também que há materiais, tais como o ferro, que possuem domínios magnéticos microscópicos. Estes domínios podem ser alinhados com um campo magnético externo de tal forma que mesmo que este campo seja desligado, o material ainda apresentará uma magnetização espontânea. Além disto, vimos também que cargas em movimento (portanto, corrente elétrica) também geram campo magnético. Além disto, vimos que a corrente elétrica, além de gerar um campo magnético, também sente a ação de um campo externo aplicado sobre a mesma. Pudemos perceber que tanto magnetos quanto fios que carregam corrente elétrica geram estes campos magnéticos, que podem ser mapeados, utilizando-se limalha de ferro ou mesmo uma bússola.

Finalmente, vimos também que campos magnéticos também geram campo elétrico (Lei da indução de Faraday), o que permitiu que estabelecêssemos uma relação entre fenômenos magnéticos e elétricos dando origem à área da Física que hoje conhecemos como Eletromagnetismo.

## Veja ainda!

A seguir, temos um vídeo curto, mas muito interessante:

- <http://www.youtube.com/watch?v=GLvA4p1QTXo> .

Nele podemos ver um pequeno sapo levitando, devido a um ímã poderosíssimo! Lembre-se do que dissemos anteriormente. Por mais que você tenha um ímã muito forte (como o ímã de um HD) você não será capaz de perceber influência alguma ao aproximá-lo da sua pele ou de uma panela de alumínio. Entretanto, no vídeo temos um campo magnético muito intenso, que é capaz de fazer um pequeno sapo (cujo corpo é composto em sua maioria por materiais diamagnéticos) levitar!

## Referências

- HEWITT, P. G., **Física Conceitual**, Ed. Bookman, 2008.
- GUIMARAES, L. A., FONTE BOA, M. C., **Física para o 2º Grau**, São Paulo, Ed. Harbra, 1998.
- GRIFFITHS, D. J., **Introduction to Electrodynamics**, 3ª Edição, Ed. Addison-Wesley, 2008.
- ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antonio R. L., **Curso de Física**, São Paulo, Ed. Scipione, 1999. V. 3.

## Imagens



- André Guimarães



- <http://www.dominiopublico.gov.br/download/imagem/ic000018.gif>



- <http://susanbca.wordpress.com/2011/06/29/hello-world/>



- <http://www.sxc.hu/photo/1272597>



- [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ceramic\\_magnets.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ceramic_magnets.jpg)



- Vitor Lara e Leonardo Vieira



• <http://mujiholic-technoholic.blogspot.com.br/2008/01/do-you-know-magnet-works.html>



• <http://pattythesnugbug.com/2011/little-bit-of-everythingcolette-spring/>



• <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/CampoMagnetico/imasemagnetos.php>



• <http://www.sxc.hu/photo/528614>



• Vitor Lara e Leonardo Vieira



• <http://www.tutorvista.com/content/science/science-ii/magnetic-effects-electric-current/mapping-magnetic-lines.php>



• <http://onlinephys.com/magnetism.html>



• Vitor Lara e Leonardo Vieira



• [http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic\\_domain](http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_domain)



• <http://shanlovesphysics.blogspot.com.br/2010/09/magnetism-this-is-pretty-much-like.html>



• <http://scienceblogs.com/startswithabang/2009/04/10/the-left-hand-rule/> • Vitor Lara e Leonardo Vieira



• Vitor Lara e Leonardo Vieira



• Vitor Lara e Leonardo Vieira



• Vitor Lara e Leonardo Vieira



• Vitor Lara e Leonardo Vieira



- [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Earth%27s\\_magnetic\\_field,\\_schematic.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Earth%27s_magnetic_field,_schematic.svg)



- [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jordens\\_inre-numbers.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jordens_inre-numbers.svg)



- Vitor Lara e Leonardo Vieira



- [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Hydroelectric\\_dam\\_portuguese.PNG](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Hydroelectric_dam_portuguese.PNG)



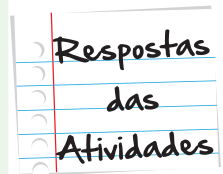
- <http://www.sxc.hu/photo/517386> • David Hartman

## Atividade 1

Com os dois ímãs em mãos você poderá aproximá-los um do outro, com isso você perceberá uma atração ou repulsão. Se houver uma atração tenha a certeza de que os ímãs estão posicionados de modo aos polos estarem invertidos, ou seja: Sul em um ímã e Norte no outro ou Norte no primeiro e Sul no outro. Mas, se houver repulsão, saberemos que os polos são iguais, ou seja: Norte em um ímã norte no outro ou Sul em um ímã e sul no outro.

## Atividade 2

Adquira uma bússola em um armarinho ou lojas de caça e pesca. Procure diversos ímãs para esta atividade. Inicialmente descubra qual das extremidades da agulha da bússola corresponde ao polo Norte e qual corresponde ao polo Sul. Para isto, lembre-se que a extremidade que aponta para o Norte geográfico corresponde ao polo Norte magnético da agulha. Agora, utilizando a bússola, determine quais são os polos Norte e Sul de cada um dos ímãs. Movimente lentamente a bússola em torno dos ímãs e tente acompanhar a direção das linhas de campo que emanam dos mesmos.



Lembre-se do que foi observado na Figura 9. Caso você aproxime a bússola do polo Norte do ímã, você observará um grande alinhamento do polo Norte da agulha na direção do recém descoberto polo Sul. Da mesma forma, podemos descobrir onde localiza-se o polo Norte, só que desta vez veremos a extremidade Sul da bússola apontada para o Norte do ímã.

### Atividade 3

Ao conectar um polo ao outro da pilha com um fio, você estabelecerá (durante um certo intervalo de tempo) uma corrente de alta intensidade que gerará um campo magnético de boa intensidade, o bastante para defletir a agulha de uma bússola. Então se você caminhar com a pilha e o fio ao redor da bússola a agulha da mesma deve se alinhar com pelo menos uma das linhas de campo magnético gerado pela corrente que atravessa o ímã.

### Atividade 4

Existem diversos vídeos na internet com montagens experimentais semelhantes à que descrevemos nesta Atividade. Você observará que a broca continua magnetizada, embora não tenha se tornado um ímã muito poderoso. Com o auxílio de uma bússola, você poderá constatar que o eixo Norte-Sul magnético da broca coincide aproximadamente com a direção do próprio eixo da maior dimensão da broca.

### Atividade 5

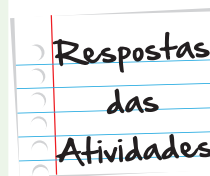
1. O LED acendeu.
2. O LED não acende por que a diferença de potencial gerada não é alta o bastante para acendê-lo.
3. Por que, como vimos anteriormente sempre que um condutor é atravessado por um campo magnético uma corrente elétrica é gerada, juntamente com uma voltagem induzida.



## Atividade 6

**Gabarito:** item c.

**Comentário:** O pêndulo em questão é feito de cobre, que conduz eletricidade (basta lembrar que a maioria dos fios que utilizamos em casa são feitos de cobre). O movimento do pêndulo ocorre nas proximidades de um ímã, de modo que surgirá, pela Lei de Faraday, uma corrente induzida e uma voltagem induzida. Este fenômeno transforma a Energia Cinética do pêndulo em energia elétrica, o que reduz a velocidade do pêndulo. Esse é o funcionamento básico do chamado freio magnético.





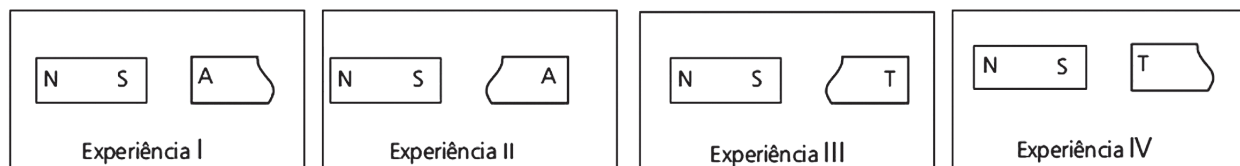
# O que perguntam por aí

## Atividade 1 – (Fuvest-SP)

Um ímã, em forma de barra, de polaridade *N* (norte) e *S* (sul), é fixado numa mesa horizontal. Um outro ímã semelhante, de polaridade desconhecida, indicada por *A* e *T*, quando colocado na posição mostrada na figura 1, é repellido para a direita. Quebra-se esse ímã ao meio e, utilizando as duas metades, fazem-se quatro experiências (I, II, III e IV), em que as metades são colocadas, uma de cada vez, nas proximidades do ímã fixo.



fig. 1



Indicando por “nada” a ausência de atração ou repulsão da parte testada, os resultados das quatro experiências são, respectivamente:

	I	II	III	IV
a)	repulsão	atração	repulsão	atração
b)	repulsão	repulsão	repulsão	repulsão
c)	repulsão	repulsão	atração	atração
d)	repulsão	nada	nada	atração
e)	atração	nada	nada	repulsão

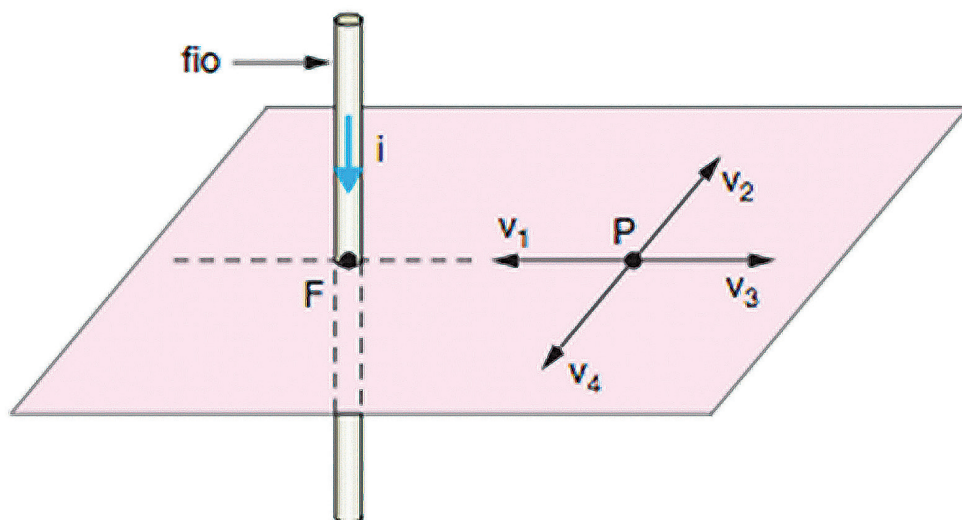
**Gabarito:** Item A.

**Comentário:** Conforme mostrado na figura do problema, podemos concluir que o polo desconhecido A corresponde ao polo Sul do segundo ímã, que foi aproximado do que está fixo. Por conseguinte, temos que o polo T corresponde ao seu polo Norte magnético. Quando cortamos o segundo ímã da forma como mostrado na figura do problema, temos que a extremidade partida manterá seu polo Sul na extremidade lisa ímã, enquanto que a extremidade partida passará a exercer o papel de Norte magnético, uma vez que não é possível separar os polos Norte-Sul de um ímã. Assim, na experiência I haverá repulsão, enquanto que na experiência II haverá atração. Já a outra extremidade terá a seguinte divisão: sua extremidade rachada corresponderá a um polo Sul e a extremidade lisa continuará correspondendo a um polo Norte. Assim, temos que a opção correta é o item a.

## Atividade 2 – (UEL)

O esquema representa os vetores  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  e  $v_4$  no plano horizontal. Pelo ponto  $F$  passa um fio condutor retilíneo bem longo e vertical. Uma corrente elétrica  $I$  percorre esse fio no sentido de cima para baixo e gera um campo magnético no ponto  $P$ .

O campo magnético gerado no ponto  $P$  pode ser representado:



- a) por um vetor cuja direção é paralela ao fio condutor
- b) pelo vetor  $v_4$
- c) pelo vetor  $v_3$
- d) pelo vetor  $v_2$
- e) pelo vetor  $v_1$

**Gabarito:** Item C.

**Comentário:** Em um fio longo o campo magnético gerado tem simetria circular e pela regra da mão direita podemos notar que o sentido do campo tem o mesmo sentido do vetor 4.



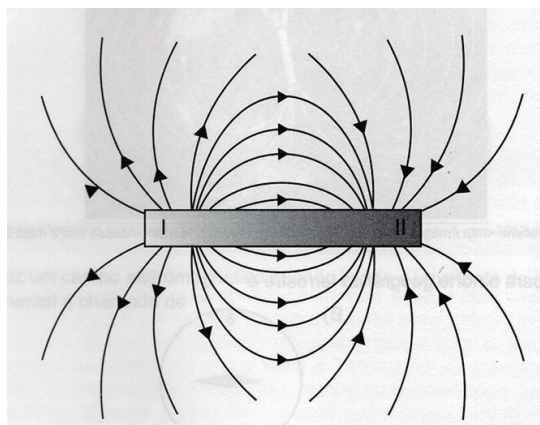


# Atividade extra

## Magnetismo

### Exercício 1 – Adaptado de SAERJ - 2013

A imagem a seguir mostra um ímã e suas linhas de campo magnético.



Disponível em: <<http://mundoeducacao.com.br/fisica/campo-magnetico.htm>>. Acesso em: 28 jan. 2012.

Adaptado para fins didáticos.

A partir dessa imagem, constata-se que as linhas de campo são orientadas

- a. da carga positiva (I) para a carga negativa (II).
- b. da carga positiva (II) para a carga negativa (I).
- c. do pólo norte (I) para o pólo sul (II).
- d. do pólo sul (II) para o pólo norte (I).



## Exercício 2 – Adaptado de UFSC - SC

O magnetismo terrestre levou à invenção da bússola, instrumento essencial para as grandes navegações e descobrimentos do século XV e, segundo os historiadores, já utilizada pelos chineses desde o século X. Em 1600, William Gilbert, em sua obra denominada *De Magnete*, explica que a orientação da agulha magnética se deve ao fato de a Terra se comportar como um imenso ímã, apresentando dois polos magnéticos.

Muitos são os fenômenos relacionados com o campo magnético terrestre. Atualmente, sabemos que feixes de partículas eletrizadas (elétrons e prótons), provenientes do espaço cósmico, são defletidos pelo campo magnético terrestre, ao passarem nas proximidades da Terra, constituindo bom exemplo de movimento de partículas carregadas em um campo magnético.

A figura representa nosso planeta, a Terra.



Faça um esboço mostrando as linhas do campo magnético terrestre e destaque o sentido do campo.



### Exercício 3 – Adaptado de UFB

Pares de ímãs em forma de barra são dispostos conforme indicam as figuras a seguir:

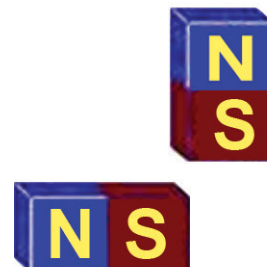
a)



b)



c)



A letra N indica o pólo Norte e o S o pólo Sul de cada uma das barras. Entre os ímãs de cada um dos pares anteriores (a) , (b) e (c) ocorrerão, respectivamente, forças de:

- a. atração, repulsão, repulsão.
- b. repulsão, repulsão, atração.
- c. atração, atração, repulsão.
- d. atração, repulsão, atração.

### Exercício 4 – Adaptado de UERGS - 2003

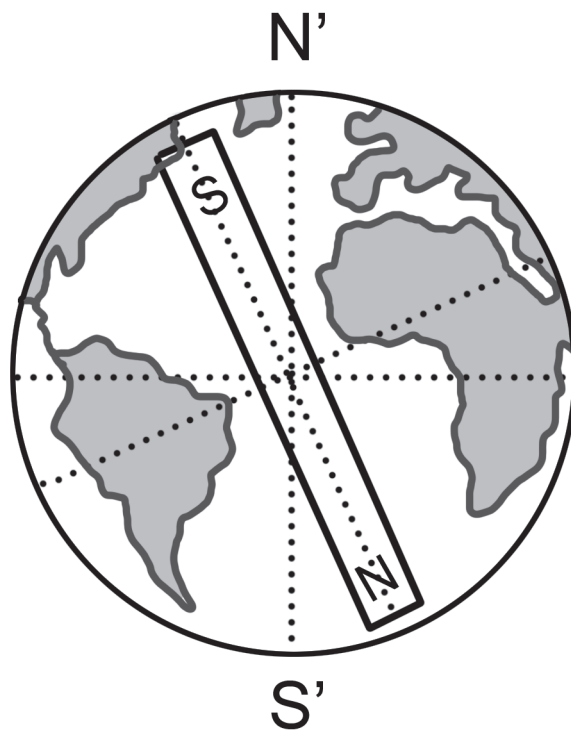
Uma corrente elétrica contínua, passando por um fio, produz em torno dele efeitos magnéticos.

Esse fenômeno foi descoberto por

- a. Faraday.
- b. Oersted.
- c. Joule.
- d. Ohm.

## Exercício 5 – Adaptado de UERGS - 2002

A respeito do campo magnético da Terra e do campo magnético da agulha de uma bússola,



podemos concluir que

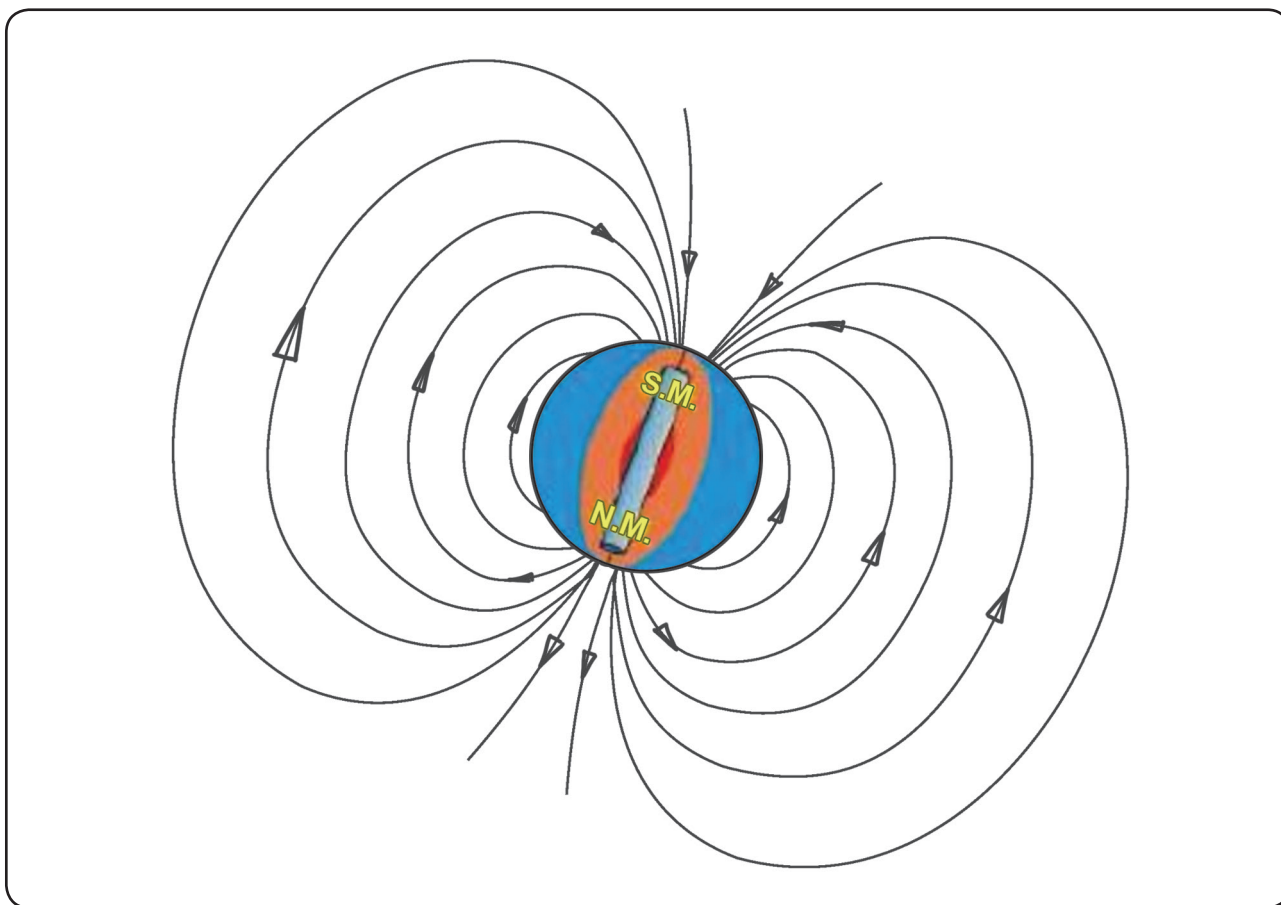
- a. a extremidade da agulha que aponta para o Sul geográfico é um pólo norte magnético.
- b. a extremidade da agulha que aponta para o Norte geográfico é um pólo norte magnético.
- c. há um pólo norte magnético no Pólo Norte geográfico.
- d. há um pólo sul magnético no Pólo Sul geográfico.

## Gabarito

### Exercício 1 – Adaptado de SAERJ - 2013

A      B      C      D  
☐   ☐   ☒   ☐

### Exercício 2 – Adaptado de UFSC - SC



**Exercício 3 – Adaptado de UFB**

**A**      **B**      **C**      **D**  
☒    ☐    ☐    ☐

**Exercício 4 – Adaptado de UERGS - 2003**

**A**      **B**      **C**      **D**  
☒    ☐    ☐    ☐

**Exercício 5 – Adaptado de UERGS - 2002**

**A**      **B**      **C**      **D**  
☐    ☒    ☐    ☐