



Caderno de apoio para o ensino de tópicos de eletromagnetismo

Autoria: Esdras Santos de Oliveira

Orientação: Dr. Wytler Cordeiro dos Santos





Universidade Nacional de Brasília



Sociedade Brasileira de Física

MNPEF

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Prezado Professor/Aluno

Esse material foi desenvolvido com a intenção de auxiliar alunos e professores na aprendizagem de eletrodinâmica, utilizando como ferramenta uma sequência didática que assume o formato de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa que abrange desde conceitos iniciais de magnetostática, passando pelo eletromagnetismo, até aplicações práticas no cotidiano como a física presente em geradores e receptores.



Apresentação

De acordo com os parâmetros curriculares nacionais, existe a necessidade de aproximar o que os estudantes aprendem na escola de processos, dispositivos e situações presentes no seu cotidiano.

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação.

Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos técnicos ou tecnológicos do cotidiano doméstico, social e profissional. (2002, p.229).

Na sequência didática desenvolvida, a aprendizagem significativa de Ausubel assume a forma de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), proposta por Marco Antônio Moreira (2011), para o desenvolvimento dessa sequência didática os alunos necessitam de um contato prévio com a eletrodinâmica, mesmo que superficial para que seja possível o aprofundamento em temas do magnetismo e eletromagnetismo.



Orientações ao professor

Antes de iniciar a aplicação da sequência didática o professor deverá aplicar dois pré-testes, que servirão como guia sobre os conhecimentos prévios dos alunos para um melhor desenvolvimento da sequência didática.

Confira os formulários pelos links:

<https://forms.gle/Li4cnTyM2CXUiUiz8>



Objetivos

- Reconhecer o efeito magnético da corrente elétrica;
- Representar as linhas do campo magnético para um condutor retilíneo e para solenoides e relacionar com as linhas de campo magnético de um ímã;
- Reconhecer a interação entre forças magnéticas sobre condutores e correntes;
- Obter o sentido da força magnética;
- Entender o funcionamento de um motor elétrico, dínamo e semelhantes;

Conteúdos abordados

Campo magnético, Ímãs, indução eletromagnética, solenoide, força eletromagnética, diferença de potencial elétrico (DDP), corrente elétrica, circuito de corrente contínua e alternada, força magnética, Lei de Faraday, Lei de Lenz.

Materiais necessários

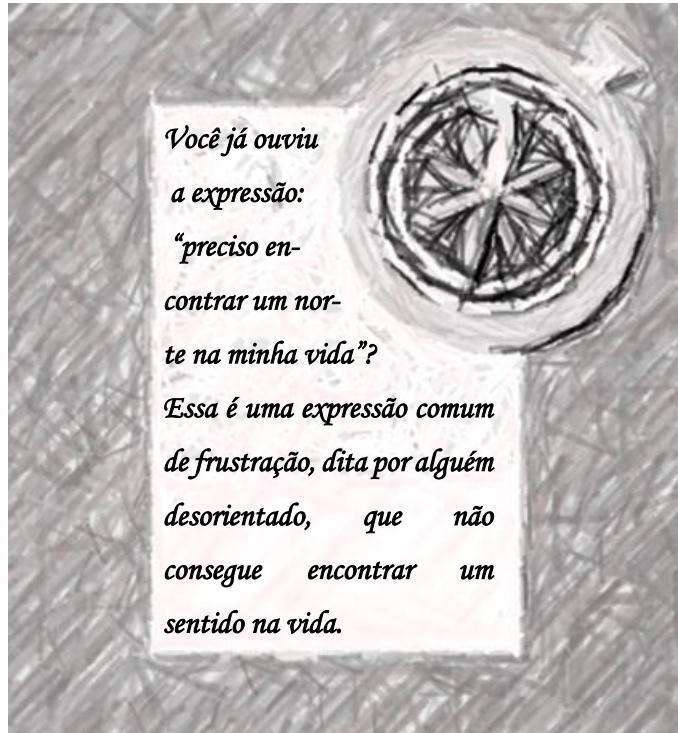
Bússolas, base de liquidificador, pregos de 90mm, clips de papel, grampos, fio esmaltado, pilhas elétricas (1,5V e 9,0V), ímãs, fio esmaltado, fita isolante, fio esmaltado, ímãs, papel, durex, fontes de alimentação.



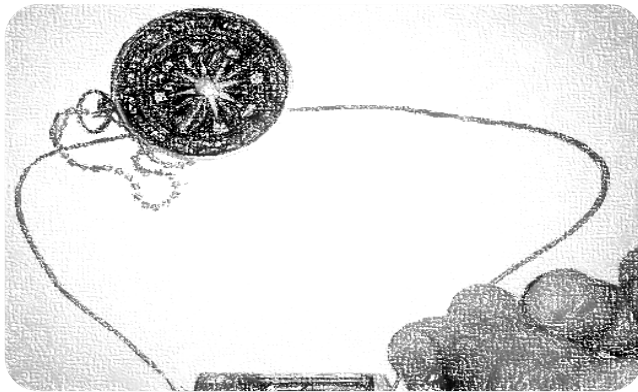
Aula 01 – O que faz uma bússola apontar para o norte?

A bússola é um aparelho que desde a antiguidade é utilizado para orientação geográfica. A principal característica desse aparelho é que sua agulha sempre aponta para o norte geográfico da Terra.

Você já parou para pensar o motivo desse fenômeno? O que existe no Norte do nosso Planeta com a capacidade de orientar todas as bússolas em uma mesma direção?



Os mais antigos registros da bússola a consideram apenas um aparelho de orientação geográfica; e sim, essa foi sua principal função, até que, em 1820, um professor a esqueceu sobre a mesa enquanto realizava um experimento de eletricidade.



Esse “acidente” (conhecido hoje como Experimento de Oersted) apresentou outra utilidade para a bússola; para compreender melhor o que aconteceu naquele dia precisaremos de um pouco mais de conhecimento sobre o campo magnético, para isso precisaremos apenas de um ímã, uma folha branca e limalha de ferro.

Ao colocar a folha sobre o ímã e distribuir a limalha em pequenas quantidades, é possível observar o formato do campo magnético, se essa demonstração for realizada utilizando o ímã feito barra, a configuração encontrada é bem semelhante ao campo magnético terrestre.

Nesse dia, ao ligar ou desligar seu experimento, ele percebeu que a agulha mudava de direção, a partir de então, a bússola passou a ter outras atribuições principalmente do ponto de vista experimental da Física. Esse professor era o Físico Hans Oersted.

Confira esse experimento no Youtube:

<https://www.youtube.com/watch?>



Experimento Virtual

Acesse o simulador de campo magnético e de bússolas disponibilizado na plataforma PHET pelo link:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnet-and-compass

Brinque com o simulador, depois tente fazer atividades a seguir:

Coloque a bússola em diversas posições diferentes ao redor do ímã e tente explicar qual foi a orientação do ponteiro da bússola.

Clique no ícone "Ver dentro do ímã" e, em seguida, procure explicar o que foi observado.

Avalie seu aprendizado seguindo o link:

<https://forms.gle/wvVcR1haQjHz4BdL7>

Quando outro campo magnético, além do da Terra, se aproxima da agulha da bússola, este campo passa a interagir com esta, fazendo que sua agulha seja atraída ou repelida por este segundo campo.

A bússola é utilizada como "verificador" da existência de um campo magnético, quando desconfiarmos que algum objeto está imantado, ou seja, se comporta de forma semelhante a um ímã.

Seguindo essa mesma lógica, podemos com a bússola verificar se há um campo magnético em torno de um fio condutor, quando por este passar uma corrente elétrica.

Pela convenção do eletromagnetismo, a orientação das linhas do campo magnético será sempre "saindo" do polo norte e "entrando" no polo sul. No caso do campo magnético terrestre temos que o polo sul geográfico é o polo norte magnético e o polo norte geográfico é o polo sul magnético.



Representação do planeta Terra e pequenas bússolas apontando sempre para o norte independente de sua posição no Globo terrestre. (imagem do autor).

Confira: <https://youtu.be/62O3-szEHg0>

Experimento Virtual

Você poderá observar a reprodução do experimento de Oersted, utilizando um circuito simples e uma bússola, poderemos observar o fenômeno que foi responsável por unir duas grandes áreas da física a eletricidade e o magnetismo.

Siga o link

<https://forms.gle/3YzZEABCsew7QV7e6>

O campo magnético que se forma em torno do fio é composto por linhas de campo circulares concêntricas, possui uma determinada orientação, para descobrir essa orientação utiliza-se da regra da mão direita.

Para utilizar a regra da mão direita deve-se com o polegar apontar no sentido da corrente, que flui do polo positivo para o polo negativo da pilha, flexionar os demais dedos fazendo um movimento circular no sentido de fechar a mão. O sentido do campo terá o mesmo sentido de rotação dos demais dedos. Então, pode-se imaginar que a ponta de seus dedos irá repelir o Norte e atrair o sul da agulha da bússola.

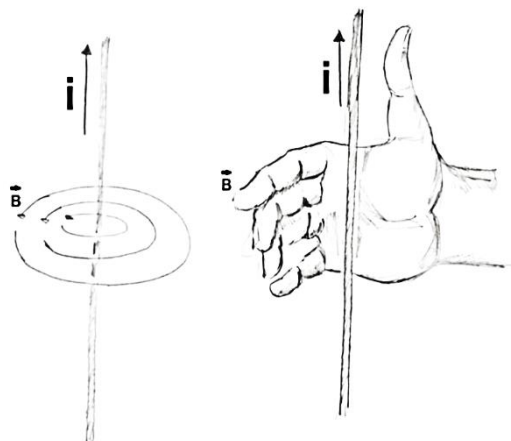
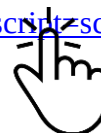


Figura 03 – Regra da mão direita, onde, i representa a corrente elétrica e B representa o campo magnético (imagem do autor)

Leia do artigo: **Uma proposta para ensinar os conceitos de campo elétrico e magnético: uma aplicação da história da física – Tópico IV.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, Nº 4, 2012.

https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-47442002000400016&script=sci_abstract&tlng=pt



Aula 02 – Podemos ligar e desligar um ímã?

Você já viu aqueles ímãs gigantescos presos em guindastes? Em alguns filmes, eles levantam até mesmo carros. Como que os ímãs que seguram esses materiais em determinado momento e os largam em outro?

Para responder a essas perguntas precisaremos retornar a aula anterior nela nós vimos que, a corrente elétrica e o campo magnético estão relacionados. Aprendemos que quando a corrente elétrica “corre” por um fio ela gera um campo magnético ao seu redor.



Eletroímã tirando sucata de um caminhão (Ital Produtos Industriais LTDA. 2013)



Partindo desse princípio, imagine se o fio estiver em uma forma circular, como um espiral, poderemos ter um campo magnético constante formado no interior desses fios.

<https://youtu.be/7L5yz>

Se colocarmos um objeto metálico no interior desse solenoide percorrido por uma corrente elétrica, ele passará a se comportar como um ímã.



Como iremos descobrir se um material é ou não um ímã?

Experimento Virtual

Na última aula observamos a reprodução do experimento de Oersted, agora nós poderemos reproduzir esse experimento em um ambiente virtual:

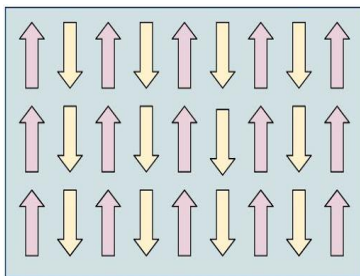
Faça diversos testes no simulador na aba Eletroímã.

Avalie seu aprendizado seguindo o link:

<https://forms.gle/8JT764E319EkeLdS7>

Todo material magnético possui o que conhecemos como polo Norte e polo Sul, sendo atraído ou repelido por outro material que possua a mesma propriedade, ou propriedades semelhantes.

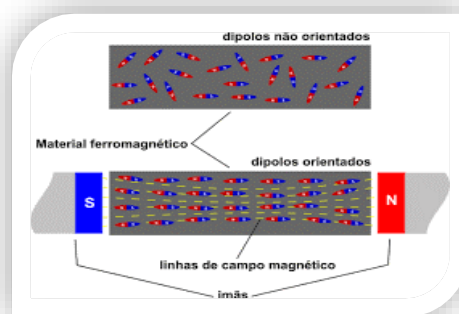




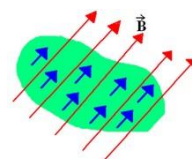
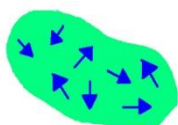
Microscopicamente, os materiais possuem pequenos ímãs, chamados de **dipolos magnéticos naturais** (spin). O que vai nos dizer se o objeto é ou não um ímã, será o alinhamento desses dipolos. Quando os dipolos do material estiverem alinhados naturalmente temos um ímã natural.

Quando diferentes materiais estiverem nas proximidades de um ímã, encontraremos três situações possíveis para eles, assim, os classificamos em: Ferromagnéticos, paramagnéticos e diamagnéticos.

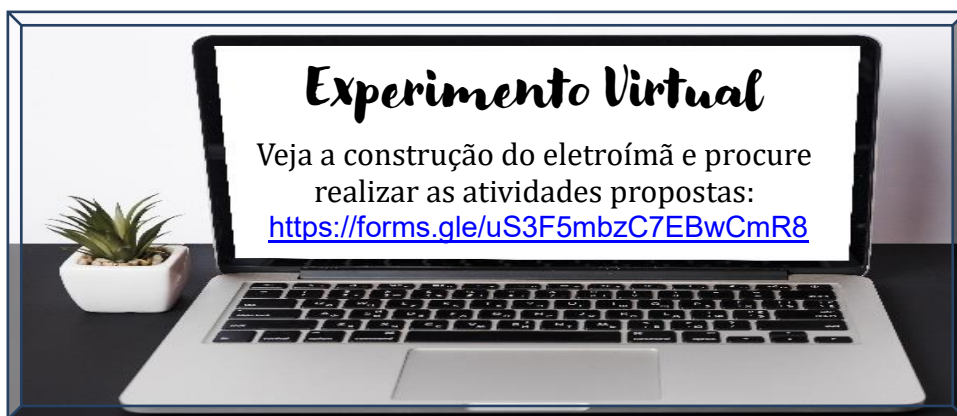
Ferromagnético: Na presença de um ímã externo, temos o alinhamento de todos os dipolos magnéticos do material fazendo-o se comportar como um ímã natural, sendo assim, atraído por um ímã natural. O ferro, o níquel e o cobalto são alguns exemplos de materiais ferromagnéticos.



Paramagnético: Na presença de um ímã externo, também teremos o alinhamento dos dipolos magnéticos do material, porém a intensidade é bem menor, cerca de 1000 vezes. Observar isso é muito difícil, sendo assim o material é fracamente atraído pelo ímã natural. Exemplos: vidro, alumínio e platina.

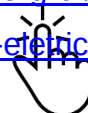


Diamagnético: Todo material pode ser considerado diamagnético, observar isso na prática é muito difícil porque nesse caso o material é muito fracamente repellido pelo ímã natural. A água, a prata, o ouro, o chumbo e o quartzo são alguns exemplos de materiais diamagnéticos.



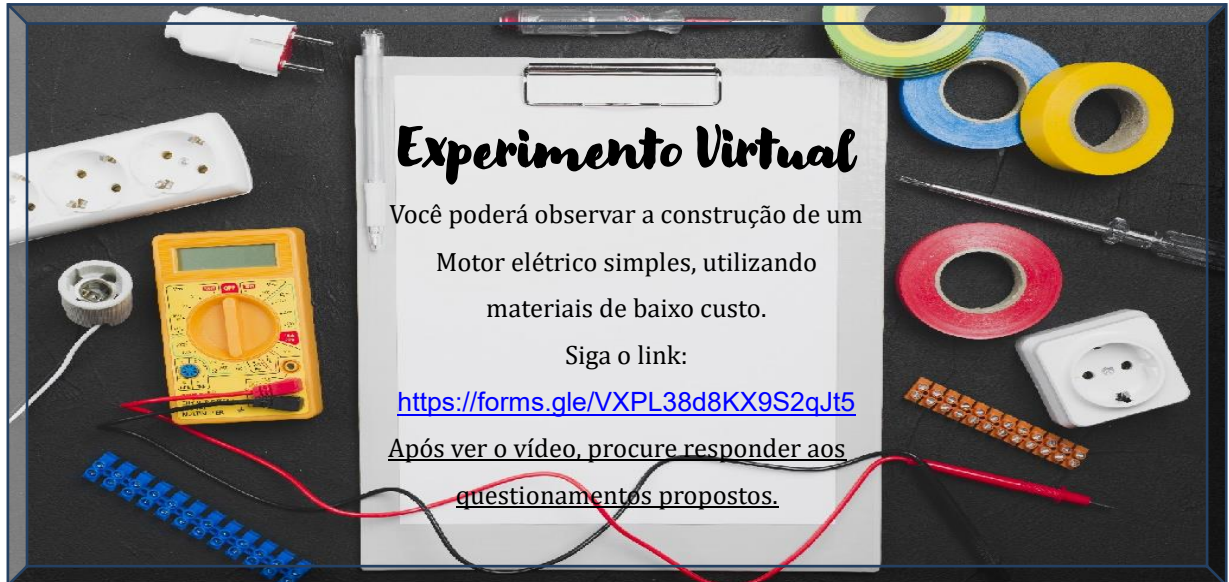
Leia do artigo: **Magnetismo e eletricidade**. Revista Ciência Hoje na escola, vol. 12, 2001.

<http://chc.org.br/magnetismo-e-eletricidade>



Aula 03 – De onde vem a eletricidade da minha casa?

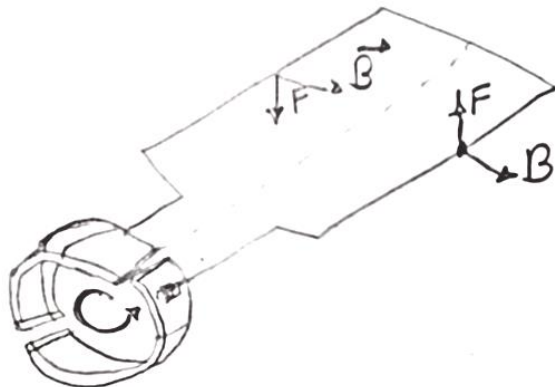
Diante do que foi demonstrado nas aulas anteriores, como a interação entre a eletricidade e o magnetismo, é possível agora construir um aparelho que transforma a energia elétrica em trabalho.

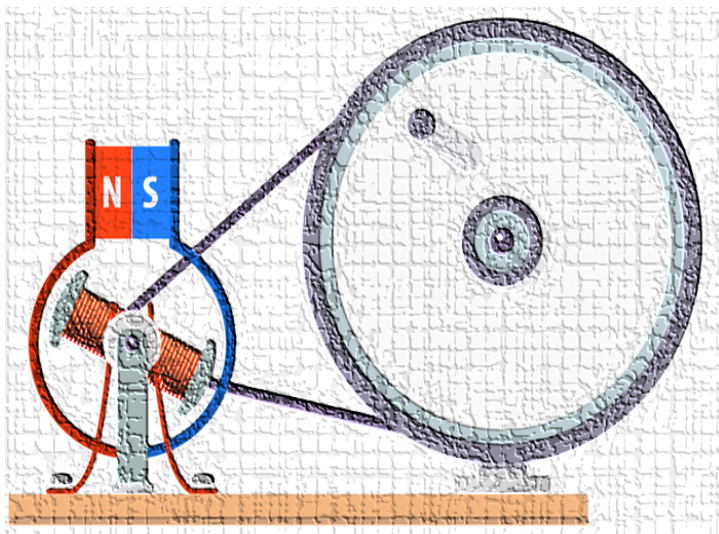


Segundo a teoria eletromagnética, transformar energia elétrica em energia mecânica é a função dos motores elétricos. Dentro desses motores encontram-se diversas espiras de material um condutor de eletricidade, protegido por um esmalte isolante, formando bobinas (solenóide) que, como vimos anteriormente, ao serem percorridas por uma corrente elétrica geram campo magnético, surgirá também nesse processo uma força magnética, produzida a partir da interação do solenoide com o campo magnético produzido por ímãs fixos ou por outras bobinas.

O imergir as espiras ou bobinas percorridas por correntes elétricas em um campo magnético externo, as espiras produzem um movimento mecânico, também chamado de efeito motor.

O movimento contínuo de rotação só permanecerá se a força magnética que faz um lado da espira subir F e a que faz descer F mudem de sentido para que a atração ou repulsão permaneçam sempre na mesma direção, mantendo assim o sentido da rotação.





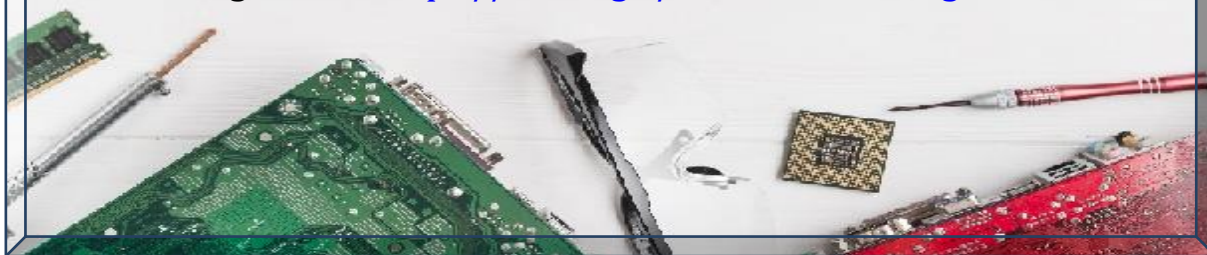
Podemos observar a inversão do sentido da corrente, para que isso ocorra com mais precisão são utilizados aparelhos chamados comutadores, ligados aos terminais da espira por meio de contatos. Se não houvesse os comutadores, a espira ficaria oscilando em um movimento similar ao de um pêndulo.

Em um motor simples podemos fazer a comutação através de um pequeno macete, que é raspar um lado da espira e do outro raspamos apenas a metade, haverá nesse caso um liga e desliga do circuito o processo de comutação estará completo.

Experimento Virtual

Acesse ao formulário abaixo e procure fazer as atividades propostas no simulador.

Siga o link: <https://forms.gle/GfFtKNbLYT8HKg5n7>



Leia do artigo: **Demonstre em aula: Força eletromotriz devida ao movimento.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física v. 16, n. 2: p. 246-248, ago. 1999.

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6816>



Aula 04 – É possível transmitir eletricidade sem fios?

Conseguimos entender como funcionam os ímãs, como construir um ímã que a partir da eletricidade e ainda como unir as duas coisas fazendo um motor.

Acho que agora já está mais claro como a eletricidade e o magnetismo se uniram para formar esse maravilhoso mundo do eletromagnetismo. O que mais podemos fazer com esse conhecimento adquirido?



Agora, imagine fazer isso na prática, será que é necessário um circuito muito complexo ou materiais de difícil acesso? A resposta é não. Veja como construir um aparelho indutor utilizando uma lâmpada fluorescente velha, um led e fio esmaltado: <https://youtu.be/oNUyQdgDM4>.

Você observou a partir do vídeo que podemos transmitir a energia sem a utilização de fios, esse tipo de circuito apresentado é um oscilador de tensão encontrado nas quase extintas lâmpadas fluorescentes, duas bobinas dispostas próximas uma da outra fazem a transmissão da eletricidade sem a utilização de fios, se as bobinas têm tamanhos diferentes é possível reduzir bastante a tensão (Volts) de entrada no circuito por meio do transformador, o interessante é que essa mesma base pode ser utilizada para carregadores sem fio.

Momento de avaliar

Para sugestões e críticas sobre a sequência didática siga o link abaixo:

<https://forms.gle/FW2pKyUYV6V4WDcQ9>

Pós teste

<https://forms.gle/YtpbscfgPj12zXbt8>

Apêndice II – Formulários e Testes

Pré-teste/Pós teste



Pergunta 01 - A bússola é um aparelho utilizado há muitos anos para navegação e orientação. Esse aparelho foi inventado pelos chineses e tem a característica de apontar sempre para uma mesma direção, indicada como sendo o Norte. O que existe no Norte que possa explicar esse fenômeno?

Pergunta 02 - Uma criança, retirou o ímã de um alto falante com defeito. Enquanto brincava, aproximou um clip de papel ao ímã. Ao fazer isso o clip ficou "grudado" ao ímã, a que conclusão podemos chegar?



- () É o clip de papel que atrai o ímã
- () É o clip de papel que atrai o ímã
- () A atração de ambos é simultânea

Pergunta 03 - De acordo com a situação anterior

O clip tem mais "força" ao atrair o ímã

O ímã tem mais "força" a atrair o clip

O ímã e o clip se atraem com a mesma "força"

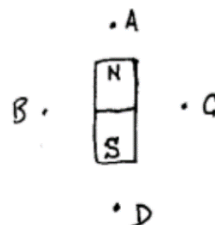


Pergunta 04 - Existem diversos tipos de formato de ímãs, um tipo que é muito utilizado nos Estados Unidos é o ímã em forma de barra cujas extremidades representam os pólos norte e polo sul do ímã. O que aconteceria caso um ímã desse tipo fosse partido ao meio?

- () separamos o pólo Norte do pólo Sul
- () obtemos dois ímãs apenas com o polo Norte ou Sul
- () damos origem a dois novos ímãs
- () as duas partes não perderiam a propriedade magnética

Pergunta 05 - Uma pequena bússola é colocada próxima de um ímã permanente. Em qual ou quais posições A, B, C e D próximo a um ímã devemos colocar a bússola para que ela aponte para parte superior do formulário?

- () A
() B
() C
() D



Pergunta 06 - Sabe-se que a Lua, diferente da Terra, não possui um campo magnético. Sendo assim, poderia um astronauta, estando na Lua, se orientar ao longo de sua superfície usando uma bússola comum? Explique.

Pergunta 07 - Imagine uma situação em que se encontram três barras de metal aparentemente idênticas: AB, CD e EF. Espera-se descobrir se essas barras estão, ou não estão imantadas (comportando-se como ímãs). Quando testamos de forma experimental aproximar as extremidades (pontas) A, B, C, D, E e F dessas barras podemos observar que:



- a extremidade A atrai as extremidades C e D;
- a extremidade B atrai as extremidades C e D;
- a extremidade A atrai a extremidade E e repele a F.

Expresse a sua conclusão, marcando a(s) alternativa(s) correta(s).

a barra AB não está imantada.

a barra CD está imantada.

a extremidade E repele as extremidades A e B.

a extremidade E atrai as extremidades C e D.

a extremidade F atrai a extremidade C e repele a extremidade D.

Pergunta 08 - O que aconteceria se aproximássemos uma bússola de um fio que circula uma corrente elétrica, a agulha da bússola pode se movimentar de uma maneira diferente ou simplesmente não sofre alteração na sua direção. Explique.

Pergunta 09 - O que faz o ímã atrair e repelir outros ímãs e atrair objetos metálicos?

Pergunta 10 - O que aconteceria se aproximássemos uma bússola de um fio que circula uma corrente elétrica?

Nada

A agulha da bússola se moveria bem pouco

O fio seria atraído pela bússola

A agulha da bússola se moveria muito

Outra _____

Formulário 01 – Simulador do Campo Magnético Terrestre

Acesse ao simulador PHET no link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnet-and-compass. Clique no menu (do lado esquerdo) "Mostrar planeta Terra" e "Mostrar campo" e responda as perguntas abaixo.

1. Movimento a bússola e observe o que acontece. Com base em seu conhecimento de como as bússolas funcionam. O que isso diz sobre o planeta Terra?
2. Um ímã precisa tocar outro material para exercer uma força? Por que sim ou por que não?
3. O que acontece quando os polos iguais de dois ímãs se aproximam cada vez mais?
4. Com base no que você aprendeu sobre ímãs e de outras leis naturais, você espera que os campos magnéticos sejam mais fortes perto do ímã ou mais longe? Por quê?

Formulário 02 – Experimento de Oersted

Assista ao vídeo no Youtube seguindo o link: https://youtu.be/f_bsK0Y896Y, de acordo com o experimento do vídeo e com os assuntos discutidos na aula, responda as perguntas abaixo.

1. Qual a função de uma bússola? Como imagina que é feita?
2. O que acontece quando aproximamos a bússola do circuito do experimento presenciado a partir do vídeo?
3. De acordo com a resposta do item 02 diga se o mesmo acontecerá com qualquer circuito? Explique.

4.O que acontecerá se invertermos a posição da pilha que alimenta o circuito do experimento realizado?

5.Explique o motivo da interação ocorrer apenas quando o circuito é ligado ou desligado.

Formulário 03 – Simulador do experimento de Oersted e Eletroímã

Acesse ao simulador PHET no link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator. Clique na guia Eletroímã, reduza as voltas da espira para apenas um e realize as atividades abaixo.

1. Mova a bateria ao redor da bússola. O que acontece?
2. O lado esquerdo do eletroímã é o extremo norte ou o extremo sul? Como você sabe?
3. Adicione o medidor de campo e mova-o ao redor do eletroímã. A intensidade do campo aumenta ou diminui à medida que você aproxima o medidor do eletroímã?
4. O campo da bobina é maior na direção ao longo de seu eixo ou na direção perpendicular a ele?

Formulário 04 – Construindo um ímã

Assista ao vídeo no Youtube seguindo o link: <https://youtu.be/7L5yzwWCdlM>, de acordo com o experimento do vídeo e com os assuntos discutidos na aula, responda as perguntas abaixo

- 1.Sabendo que uma corrente elétrica variável cria um campo magnético; é possível utilizar essa propriedade na construção de um ímã? Se for possível, descreva como o grupo cumpriria tal tarefa.
- 2.Por que é necessário inserir um prego no interior do solenoide?
- 3.O que é um material ferromagnético?
- 4.O número de voltas influencia na potência do eletroímã? Explique.
- 5.Colocando duas pilhas associadas em série obtemos a voltagem de 3 V, se usarmos essa associação no lugar da pilha de 1,5V o eletroímã ficará mais forte? Explique.

Formulário 05 – Motor Elétrico

Assista ao vídeo no Youtube seguindo o link: <https://youtu.be/1Egq5DhWDi8>, de acordo com o experimento do vídeo e com os assuntos discutidos na aula, responda as perguntas abaixo

- 1.O que poderia ocasionar falhas no funcionamento do motor elétrico visualizado no vídeo?
- 2.Qual fenômeno seria observado caso seja inserida uma segunda pilha, associada em série, com a primeira no experimento?
- 3.Por que uma das pontas do fio condutor é raspada por completo e a outra apenas em parte?
- 4.Como relacionar o sentido da corrente elétrica no fio condutor com o movimento da bobina (espira)?
- 5.Utilizando os conceitos mostrados nas últimas aulas, tente descrever como o motor de um carrinho de controle remoto funciona.

Formulário 06 – Simulador de Transformador e Solenoide

Acesse ao simulador PHET no link: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator. Clique na guia Solenoide e deixe todas as opções demarcadas como mostrado na figura.

1. Ao movimentar o ímã no interior do solenoide, o que acontece com o brilho da lâmpada? Explique.
2. O que ocorre quando o ímã é mantido em repouso? Algo diferente acontece se movimentarmos o solenoide? Explique
3. O que acontece com o sentido da corrente quando você move o ímã para trás e para frente? Agora abra a guia Transformador e deixe todas as opções desmarcadas, exceto "Mostra campo" e "Mostrar elétrons".
4. Ajuste a fonte de corrente contínua (bateria) para 0 V e verifique se a lâmpada acende. Por quê?
5. Ajuste a fonte de corrente contínua (bateria) para 10 V e o solenoide com 3 espiras, e verifique se a lâmpada acende. E se movimentarmos a fonte ou o solenoide (aproximando ou afastando)? O que ocorre com o sentido da movimentação dos elétrons no interior do condutor do solenoide?
6. Com base no que você aprendeu nos momentos anteriores, pense em maneiras de fazer a lâmpada acender. Teste suas ideias. O que você observa? Explique.

7. Aproximando o primário (eletroímã) do secundário (solenóide) do transformador, a tensão no secundário aumenta ou diminui? Justifique.

Formulário 07 – Avaliação do produto

Caro aluno;

Por favor responda as questões abaixo relacionadas a sequência didática aplicada.

1. Escreva suas críticas e sugestões a respeito da sequência didática aplicada.
2. O que aprendeu com essa sequência didática?
3. Você acredita que esse trabalho foi importante de alguma forma?
4. Faça sua autoavaliação quanto a participação e aprendizado na sequência didática.

Apêndice III - Análise das respostas dos Formulários detalhados

Formulário 02 (parte final da Aula 01)

Pergunta 1. “Qual a função de uma bússola? Como você imagina que ela é feita?”

1. Padrões de resposta corretos (~80 %)

- “Indicar a direção do norte magnético da Terra, auxiliando na orientação.”
- “É feita com uma agulha magnetizada que gira livremente sobre um eixo dentro de uma caixa, geralmente com uma rosa-dos-ventos.”
- “Tem uma agulha de metal magnetizada, equilibrada para que possa girar e apontar o norte.”

Esses alunos captaram a função essencial (“orientação”) e os componentes básicos (“agulha magnetizada”, “eixo”, “caixa/plástico”).

2. Concepções parcialmente corretas (~15 %)

- “Serve para se localizar e verificar campos magnéticos; é feita de ferro ou aço.”
- “Indica direções e funciona como instrumento de navegação; imagino que tenha um ímã preso numa base.”

Reconhecem a ideia geral, porém não mencionam detalhadamente o eixo ou o equilíbrio da agulha — ponto que pode ser trabalhado com demonstração prática da montagem.

3. Concepções equivocadas (~5 %)

- “Instrumento para localização, mas não sei como é feita.”
- “Ela funciona por campo elétrico ou por gravidade.”
- “Não sei explicar, só sei que aponta para o norte.”

Claramente faltam nesse grupo tanto definição de componentes quanto distinção completa entre “campo magnético” e “outros campos”. Serão direcionados a observar e desmontar (ou apenas visualizar) uma bússola real, para entender parte a parte.

Pergunta 2. “O que acontece quando aproximamos a bússola do circuito do experimento (vídeo 2)?”

1. Padrões de resposta corretos (~70 %)

- “A agulha se movimenta / se desvia porque o campo magnético da corrente interfere no campo terrestre.”
- “Ao aproximar, a bússola gira em direção ao fio energizado, indicando que há um campo magnético gerado pela corrente.”

- “Ela deixa de apontar para o norte verdadeiro e aponta para o campo do fio.”

Estes alunos já compreendem bem que “corrente $\rightarrow$ campo magnético $\rightarrow$ desvio da agulha”. Usei, em sala, simulação e experimento prático para reforçar esse padrão.

2. **Concepções parcialmente corretas (~20 %)**

- “A bússola se desorienta e não aponta para o norte.”
- “O ponteiro oscila e volta depois para o norte.”

Reconhecem o efeito, mas não explicitam “devido ao campo da corrente”. A distinção de “interferência do campo” precisa ser reforçada em novas atividades colaterais (por exemplo, comparar qualitativamente campo gerado por ímã permanente versus campo de corrente).

3. **Concepções equivocadas (~10 %)**

- “Ela aponta para o sul” (sem explicar por quê).
- “Fica parada, não se altera” (acredita que o vídeo era ficção).
- “Ela fica atraída como se fosse um ímã” (sem notar a diferença entre dipolo livre e ímã fixo).

Esses alunos confundem “campo de corrente” com “ímã permanente” ou sequer reconhecem a presença de campo. Há necessidade de demonstrar novamente, passo a passo, o circuito ligado, para que vejam in loco o desvio, reforçando que não se trata de um ímã fixo, mas de um campo dinâmico gerado pela corrente.

Pergunta 3. “De acordo com o item 02, diga se o mesmo acontece com qualquer circuito. Explique.”

49 respostas totais

1. **Padrões de resposta corretos (~50 %)**

- “Sim, qualquer circuito que conduza corrente elétrica cria campo magnético e pode desviar a bússola.”
- “Qualquer fio com corrente gera campo que interage — basta ter um circuito fechado.”

Esses alunos generalizaram corretamente a lei de Ampère de modo qualitativo: “corrente em condutor $\rightarrow$ campo magnético”.

2. **Concepções parcialmente corretas (~25 %)**

- “Depende da intensidade da corrente; se for muito fraca, talvez não desvie.”
- “Sim, mas só se estivermos próximos e a corrente for alta.”

Reconhecem a influência da magnitude do campo na visibilidade do efeito, o que já indica um subsunçor mais avançado: “intensidade varia com a corrente e com a distância”.

3. **Concepções equivocadas (~25 %)**

- “Não, apenas alguns circuitos específicos ou certos tipos de fio.”
- “Só acontece se o circuito tiver algum componente magnético dentro.”
- “Só se for um circuito de alta tensão.”

Isso mostra que alguns ainda pensam que “nem todo fio conduz ao mesmo tipo de campo” ou confundem condutividade elétrica com propriedades magnéticas do material. Será preciso enfatizar, nas próximas aulas, que qualquer condutor (cobre, alumínio, etc.) que transporte correntes definidas, por menor que sejam, gera linhas de campo ao redor.

Pergunta 4. “O que acontece se invertermos a posição da pilha que alimenta o circuito do experimento?”

1. **Padrões de resposta corretos (~75 %)**

- “Inverter a pilha inverte a direção da corrente, e o campo magnético se inverte, fazendo a bússola desviar para o lado oposto.”
- “Ao trocar a polaridade, o ponteiro muda de direção.”

Estes alunos captaram bem o subsunçor “sentido da corrente $\leftrightarrow$ sentido do campo” (a regra da mão direita foi apresentada justamente para reforçar isso).

2. **Concepções parcialmente corretas (~15 %)**

- “A bússola gira para outro lado, mas não sei dizer por quê exatamente.”
- “A direção muda, mas fica parecendo a mesma intensidade.”

Entendem o efeito de inversão, mas não explicitam o mecanismo. Podem ser levados a aplicar a regra da mão direita no experimento: posicionar o polegar no sentido da corrente e verificar se os demais dedos indicam o novo sentido do campo, consolidando verbalmente a relação.

3. **Concepções equivocadas (~10 %)**

- “Inverter a pilha faz o circuito não funcionar mais, então nada acontece.”
- “Fica sem corrente e não desvia.”

Esses alunos confundem “trocar polaridade” com “desligar o circuito”. É importante na próxima aula montar dois circuitos idênticos e apenas inverter a pilha, observando que a lâmpada (ou LED) continua acendendo, provando que a corrente continua fluindo, apenas no sentido contrário. Assim ficará clara a distinção “troca de sentido” versus “interrupção”.

Pergunta 5. “Explique o motivo da interação ocorrer apenas quando o circuito é ligado ou desligado.”

49 respostas totais

1. Padrões de resposta corretos (~60 %)

- “Porque, enquanto o circuito estiver ligado, há corrente elétrica que gera o campo; desligado, não há corrente, e o campo some.”
- “A interação só ocorre quando há fluxo de elétrons; ao desligar, não há campo magnético para afetar a bússola.”

Esses alunos assimilam “campo ocorre somente sob corrente” — subsunção chave para distinguir “campo constante de corrente” e “ausência de campo”.

2. Concepções parcialmente corretas (~25 %)

- “A interação ocorre somente quando o circuito está em transição (ligado/desligado), pois é quando o campo muda.”
- “Quando desliga, a bússola volta ao normal, então há interação de volta.”

Mostram noções iniciais de “campo variável → força transitória” (associando com indução), mas ainda não têm clareza de que, neste contexto, consideramos apenas “campo constante enquanto ligado” e “ausência de campo quando desligado”. Para esses alunos, é interessante fazer um experimento de ligar/desligar repetidamente, mostrando que o desvio é instantâneo quando liga e some quando desliga, sem gerar “campo próprio ao desligar” — evitando confundir com conceitos de indução de Faraday.

3. Concepções equivocadas (~15 %)

- “A interação ocorre quando está desligado porque a bússola tenta voltar ao norte.”
- “Só acontece quando está ligado porque a pilha não produz corrente quando desligada.” (confusão entre liga/desliga)
- “Ao desligar, tem tipo um efeito de repouso e interage para voltar.”

Esses alunos misturam “fenômeno de desvio” com “fenômeno de retorno” (recuperação do alinhamento terrestre), sem diferenciar causas. Será preciso, na próxima aula, reforçar:

- **Ligado → corrente → campo magnético constante → bússola desvia.**
- **Desligado → sem corrente → sem campo local → bússola retorna ao norte magnético terrestre.**

Evitar qualquer menção a “campo transitório” até consolidar que, no nosso escopo imediato, não trataremos de indução nem de variação temporal de campo além do momento de ligar/desligar.

Síntese geral (Formulários 01 e 02)

1. Subsunções consolidados

- **Terra como um dipolo magnético** (Form. 01, P1).
- **Campo magnético como ação à distância** (Form. 01, P2).
- **Polos iguais se repelem e campo decai com distância** (Form. 01, P3 e P4).
- **Corrente elétrica gera campo magnético que desvia a bússola** (Form. 02, P2).
- **Inversão de polaridade inverte corrente e campo** (Form. 02, P4).
- **Campo só existe enquanto houver corrente** (Form. 02, P5).

2. Principais concepções alternativas ou lacunas a tratar

- **Confusão entre campo magnético e campo elétrico:** vários alunos usam “campo elétrico” ao invés de “campo magnético” (Form. 01, P2 e Form. 02, P2).
- **Inverter pilha ≠ desligar circuito:** alguns pensam que trocar a pilha interrompe a corrente (Form. 02, P4).
- **Nem todo condutor gera campo magnético?:** dizer que “só alguns circuitos” geram efeito (Form. 02, P3).
- **Noções iniciais de “campo variável e indução”** surgem em Form. 02, P5, mas ainda sem clareza: aparecem ideias de “campo transitório” que podem confundir sem um aprofundamento específico de indução.
- **Distinção entre norte geográfico e norte magnético:** alguns alunos não fazem essa diferenciação (Form. 01, P1).

3. Implicações para as próximas aulas

- **Reforçar concretamente o funcionamento interno de uma bússola:** mostrar componentes (agulha magnetizada, eixo, base, caixa), desmontar ou usar um modelo para explicitar como ela é feita (Form. 02, P1).
- **Atividades de demonstração com limalha e ímã de barra** para confrontar quem pensa que “ímã precisa tocar” ou que “campo é constante em qualquer distância” (Form. 01, P2 e P4).
- **Experimentos práticos de circuito simples (pilha + fio + bússola),** ressaltando que “inverter polaridade inverte a corrente sem interrompê-la” (esclarecer Form. 02, P4).

- **Simulações PHET ou gráficos qualitativos** que mostrem como o campo gerado por corrente decai com a distância e depende da intensidade (Form. 02, P3 e P5).
- **Discussões guiadas sobre “campo magnético $\neq$ campo elétrico”**: exemplificar situações de campo elétrico (descarga estática, por exemplo) para diferenciá-lo do magnético.

4. Aproximação à UEPS (passos 2 e 3 de Moreira)

- Até aqui, a fase de **“criar situações-problema”** (passo 2) foi cumprida: todos os enunciados dos formulários permitiram aos alunos externalizar seus conhecimentos prévios, positivos ou alternativos.
- A partir das lacunas identificadas, podemos agora planejar **“situações-problema introdutórias”** (passo 3) para a próxima aula—por exemplo:
 - Problema sobre “Como montar sua bússola caseira?” usando limalha e agulha, para tratar da questão do “campo magnético atua à distância”.
 - Problema sobre “Qualquer fio gera campo magnético?” usando dois fios com correntes de intensidades diferentes para evidenciar que todos geram campo, mas em intensidades distintas.

5. Predisposição para aprender (elemento de Ausubel)

- Várias respostas mostram curiosidade explícita (p. ex., “não sei, mas quero entender por quê a pilha inverte o campo”).
- Mesmo quem apresentou equívocos demonstrou disposição a supor hipóteses (“Talvez só alguns circuitos façam isso”). Essa abertura ao questionamento é sinal de que os estudantes têm predisposição favorável para as intervenções seguintes — um requisito central para a aprendizagem significativa.

A seguir, apresento a análise das respostas coletadas nos Formulários 03 e 04 (Aula 02), questionamento a questionamento. Para cada pergunta, destaco:

1. Padrões de resposta corretos (com porcentagem aproximada),
2. Concepções parcialmente corretas ou incompletas,
3. Principais equívocos ou lacunas,
4. O que esses resultados revelam sobre os subsunçores prévios dos alunos e como devem orientar as próximas intervenções.

Pergunta 1 (“Mova a bateria ao redor da bússola. O que acontece?”)

1. Respostas corretas (~75 %)

- “A agulha da bússola muda de direção/desvia” ou “se move” (cerca de 39 respostas). Exemplos:
 - “Ao mover uma bateria ao redor de uma bússola, a agulha muda de direção devido ao campo magnético da corrente.”
 - “A bússola se movimenta porque a corrente elétrica produz um efeito magnético.”
 - “Mover a bateria faz a bússola se desviar, pois cria um campo magnético.”

Esses alunos captaram a ideia básica de que, mesmo “desconectada” (bateria sozinha), há alguma corrente interna mínima ou que o simples ato de movimentar o bloco metálico da bateria pode induzir variação de campo, interferindo na bússola.

2. Respostas parcialmente corretas ou incompletas (~15 %)

- “A agulha se mexe, mas não sei se é por causa da corrente” (aprox. 4 respostas).
- “Ela acompanha a bateria” ou “seguem a bateria” (aprox. 4 respostas), sem explicitar claramente “campo de corrente” versus “campo estático da bateria”. Essas respostas sugerem que o aluno percebeu que há alteração, porém não distingue se a corrente circula sem um circuito fechado ou supõe que a bateria gera campo mesmo desconectada.

3. Equívocos ou lacunas (~10 %)

- “Mover a bateria não causa nada, a bússola continua apontando para o norte” (aprox. 3 respostas).
- “Só ocorre desvio se a bateria estiver conectada a um circuito fechado” (aprox. 3 respostas iguais), entendendo que bateria isolada não gera campo.
- “A bateria atrai a bússola como um ímã” (1 ou 2 respostas), confundindo o ímã permanente com fonte de energia. Aqui, alguns acreditam que “sem circuito fechado não há campo”, ignorando que até fiação interna e campos residuais podem influenciar a agulha, ou simplificam demais: “bateria por si só não gera campo”. Outros misturam “atrair” (força de ímã permanente) com “interferir” (campo de corrente).

4. O que esses resultados revelam?

- A maioria ($\approx 75\%$) integra bem o subsunçor “corrente elétrica gera campo magnético e altera bússola”, pois extrapolou o Experimento de Oersted à situação de “bateria movida” mesmo sem circuito completo.
- Os que acham que “bateria isolada não gera campo” revelam não ter assimilado que correntes mínimas (ou mesmo campo interno de baterias) podem ser percebidos pela bússola.
- Os equívocos (“bateria atrai” ou “só em circuito fechado”) indicam que ainda há confusão entre:
 - campo magnético de ímã permanente versus campo gerado por corrente elétrica;
 - noção de “circuito fechado” como condição absoluta para haver qualquer campo.

Implicações para as próximas aulas:

- Mostrar empiricamente (com multímetro ou amperímetro) que baterias, mesmo isoladas, têm pequenos vazamentos de corrente ou campos residuais que já podem afetar a bússola perto.
- Esclarecer a diferença entre “campo permanente” de um ímã e “campo variável” gerado por correntes.
- Reforçar que, para efeito de eletroímã, consideraremos que a corrente percorrendo o fio — mesmo num circuito simples — é suficiente para gerar um campo percebido pela bússola.

Pergunta 2 (“O lado esquerdo do eletroímã é o extremo norte ou o extremo sul? Como você sabe?”)

1. Respostas corretas (~55 %)

- “Extremo sul” (≈ 28 respostas), geralmente justificando:
 - “Porque o polo norte da bússola é atraído e se alinha apontando para esse lado”
 - “Pelos movimentos da bússola/vídeo/por cores (vermelho = norte da agulha) apontando para o lado direito, logo o esquerdo é sul.”
 - “Usei a regra da mão direita: dedos fechados no sentido da corrente, polegar mostra polo norte; o oposto é o sul.”
Esses alunos aplicaram corretamente a regra qualitativa: o polo que atrai

a ponta norte da agulha é o sul, e identificaram esse “lado esquerdo” como sul por observarem a bússola se mover nessa direção.

2. Respostas parcialmente corretas (~20 %)

- “Depende da direção da corrente” (≈ 10 respostas), sem afirmar se, naquele caso específico, era norte ou sul.
- “É o norte, pois a bússola mostra que lado está atraindo” (≈ 5 respostas), mas sem explicar bem o porquê ou misturando norte geográfico com magnético.

Aqui, o aluno entende que “polo muda conforme corrente” mas não conseguiu aplicar ao exemplo concreto da simulação ou do experimento. Outros afirmaram “norte porque vi no quadro/teacher disse”, sem explicar mecanicamente.

3. Concepções equivocadas ou lacunas (~25 %)

- “O lado esquerdo é o extremo norte” (≈ 8 respostas), sem justificativa coerente.
- “Não sei / depende do que o professor disse” (≈ 5 respostas).
- “O polo sul é negativo, polo norte é positivo” (≈ 4 respostas), confundindo sinais elétricos com polos magnéticos.
- “Não é possível determinar sem ver a direção da corrente” (≈ 5 respostas).
- Esses estudantes não diferenciam claramente “polo norte da bússola” de “polo norte do eletroímã” e muitas vezes trocam “positivo/negativo” (pilha) com “norte/sul” (ímã). Há também falta de familiaridade com a regra da mão direita.

4. O que esses resultados revelam?

- Cerca de 55 % já conectam “sentido da corrente $\rightarrow$ regra da mão direita $\rightarrow$ identificação de polo oposto que atrai a bússola”.
- Os que dizem “depende” mostram ter entendido o princípio geral (“ao inverter corrente, inverte polos”), mas não conseguiram aplicá-lo ao desenho ou simulação apresentada.
- A troca “positivo/negativo $\rightarrow$ norte/sul” indica que alguns ainda pensam em “pólo positivo da bateria” como equivalente a “polo norte de um ímã”.
- Aqueles que afirmam sem explicação (“escolei o norte porque o prof. disse”) revelam dependência de autoridade, sem transferência do raciocínio.

Implicações para as próximas aulas:

- Reforçar a prática direta: “peça para cada dupla aplicar a regra da mão direita no experimento de simulação, determinando explicitamente qual lado é norte e qual é sul, sem usar pistas de cor”.

- Mostrar esquemas visuais (setas indicando sentido de corrente) e usar bússola real para verificar cada lado do eletroímã, obrigando o aluno a verbalizar “porque este lado é sul, pois ...”.
- Separar com clareza “polo positivo da bateria” (tensão elétrica) de “polo norte magnético” (orientação do campo magnético).

Pergunta 3 (“A intensidade do campo aumenta ou diminui à medida que você aproxima o medidor de campo do eletroímã?”)

1. Respostas corretas (~85 %)

- “Aumenta quando aproxima” (≈ 44 respostas).
- “Diminui quando afasta” (citadas em conjunto).
Exemplos:
- “À medida que você aproxima o medidor, o campo aumenta; se afasta, diminui.”
- “O campo é mais forte perto do eletroímã e decai com a distância.”

Esses alunos já interiorizaram bem que “campo magnético de eletroímã é mais concentrado nas proximidades do núcleo” e sabem relacionar isso à distância.

2. Concepções parcialmente corretas (~10 %)

- “Aumenta, mas varia conforme a corrente” (≈ 3 respostas).
- “Às vezes aumenta ou diminui dependendo de como movo o eletroímã” (≈ 2 respostas).

Esses reconhecem o padrão “perto $\rightarrow$ mais forte”, mas tentam associar simultaneamente à variação de corrente (vieram do Form. 04, P5). Ainda que estejam no caminho certo, misturam “distância” e “corrente” como fatores igualmente determinantes, sem especificar o peso de cada um.

3. Equívocos ou lacunas (~5 %)

- “Não sei / talvez não mude” (≈ 3 respostas).
- “O campo é uniforme, não muda com a distância” (≈ 2 respostas).

Esses alunos não perceberam o decaimento do campo ou presumem erroneamente que, dentro de certa faixa, o campo é “quase constante”. Isso exige demonstração mais quantitativa ou uma simulação em que se mostre medidas numéricas do campo a diferentes distâncias.

4. O que esses resultados revelam?

- O subsunçor “intensidade de campo magnético decai com a distância” está bem presente em cerca de 85 % dos estudantes.

- Os equívocos (“campo uniforme” ou “não muda”) sinalizam que uma parcela pequena não visualizou efetivamente o gradiente de campo durante a simulação ou o experimento prático.
- As respostas que misturam “distância” e “corrente” mostram que esses alunos já começaram a associar múltiplos determinantes do campo, mas precisam de atividades específicas para separar claramente “efeito da corrente” e “efeito da distância”.

Implicações para as próximas aulas:

- Elaborar tabelas ou gráficos (manualmente ou via planilha) medindo campo em diferentes pontos, levando o aluno a “ver números” e perceber visualmente o decaimento.
- Reforçar confrontos experimentais: manter corrente constante e variar apenas distância, depois manter distância fixa e variar corrente, isolando o efeito de cada fator.

Pergunta 4 (“O campo da bobina é maior ao longo de seu eixo ou na direção perpendicular a ele?”)

1. Respostas corretas (~90 %)

- “Maior ao longo de seu eixo” (≈ 47 respostas). Frases típicas:
 - “O campo é mais forte ao longo do eixo da bobina, pois as linhas se concentram e se alinham nessa direção.”
 - “Direção axial (ao longo do eixo) tem maior intensidade; na direção perpendicular é mais fraco e disperso.”

Esses alunos têm uma boa representação espacial do campo de solenoide, sabendo identificar o “axial” como ponto de maior densidade de linhas de campo.

2. Concepções parcialmente corretas (~5 %)

- “É mais forte no eixo, mas também existe campo na perpendicular” (≈ 3 respostas).

Aqui, o aluno reconhece o padrão “eixo > perpendicular” mas acrescenta que “há campo em ambos”, o que é correto, porém sem deixar claro qual é o mais intenso em cada situação. Ainda assim, sinaliza uma compreensão refinada: “campo existe nos dois sentidos, mas é concentrado no eixo”.

3. Equívocos ou lacunas (~5 %)

- “Maior na direção perpendicular ao eixo” (≈ 2 respostas).

- “Não sei / depende de como for montada a bobina” (≈ 3 respostas).

Esses demonstram entender mal a geometria do campo de um solenoide (ver erro “perpendicular é mais forte”). Haverá de usar diagramas ou filmagens de limalha dentro e fora de um solenoide para corrigir esse ponto.

4. O que esses resultados revelam?

- A maior parte ($\approx 90\%$) já formou o subsunçor “campo axial de bobina > campo radial”.
- Os equívocos (“perpendicular é maior”) indicam a necessidade de reforçar, por meio de imagens ou demonstrações, como as linhas de campo interno (ao longo do eixo) se somam, ao contrário das linhas laterais, que se dispersam.
- A minoria que diz “depende da montagem” revela que ainda não compreenderam que, para uma bobina ideal, há um padrão geométrico fixo, independente de número de espiras (exceto em intensidade).

Implicações para as próximas aulas:

- Usar cortes transversais de vídeo ou imagens onde apareçam limalhas dentro e fora do solenoide.
- Pedir que desenhem, em folha, a distribuição qualitativa do campo em ambos os sentidos e, em seguida, comparar com dados da simulação PHET que mostram medição em diferentes pontos espaciais.

Pergunta 5 (“Sabendo que uma corrente elétrica variável cria um campo magnético, é possível utilizá-la para construir um ímã? Descreva como o grupo cumpriria tal tarefa.”)

1. Respostas corretas ($\sim 80\%$)

- “Sim, enrolar fio em um núcleo ferromagnético e passar corrente para criar eletroímã” (≈ 36 respostas). Exemplos:
 - “Basta enrolar um fio condutor em volta de um prego de ferro e conectar a uma fonte de corrente, transformando o prego em ímã enquanto a corrente passar.”
 - “Enrolar um solenoide (bobina) em um núcleo de ferro e aplicar corrente; o núcleo se comporta como ímã.”
 Esses alunos entenderam perfeitamente o princípio de eletroímã: usar uma corrente variável na bobina para magnetizar temporariamente um material ferromagnético.

2. Concepções parcialmente corretas (~15 %)

- “Sim, mas usar correntes variáveis para ajustar a força do ímã” (≈ 5 respostas).
- “Usar um fio, mas não sei se precisa de um prego” (≈ 5 respostas).

Reconhecem que “corrente gera campo magnético” e “é possível fazer eletroímã”, mas não sabem se é essencial o núcleo de ferro ou imaginam que “qualquer condutor” bastaria. Apesar de não errar o princípio, precisam compreender melhor o papel do núcleo ferromagnético.

3. Equívocos ou lacunas (~5 %)

- “Não é possível” (≈ 2 respostas).
- “Sim, mas usando polos negativos e positivos de forma diferente” (1 resposta confusa).

Alguns não entenderam que “corrente variável” (mesmo contínua, mas variável em sentido de poder ligar e desligar) pode criar um campo igual ao de um ímã permanente. São casos minoritários, mas que indicam a necessidade de reafirmar na prática: “qualquer fio enrolado em material ferromagnético, com corrente, torna-se ímã”.

O que esses resultados revelam?

- A maioria já domina o conceito “corrente $\rightarrow$ eletroímã” e sabe descrever o passo a passo (enrolar, conectar, usar núcleo de ferro).
- Alguns pensam que basta “enrolar fio” sem núcleo ou não entendem o papel específico do material ferromagnético (o que remete à próxima pergunta).
- Os poucos que acreditam “não é possível” precisam de reforço mostrando, em tempo real, a construção de um eletroímã caseiro.

Implicações para as próximas aulas:

- Reforçar a experiência prática: cada dupla constrói seu próprio eletroímã com prego, fio esmaltado, pilha, observando que “sem prego” o efeito é muito fraco.
- Explorar o conceito de “corrente contínua (DC) versus corrente variável (AC)” — mas deixando claro, neste ponto, que basta que a bateria esteja ligada (mesmo DC) para “aproximar” o objeto metálico.
- Mostrar exemplos de aplicações (guindastes magnéticos industriais) para conectar com o enunciado inicial (“ímãs gigantes em guindastes, como ligam e desligam” — junção de teoria e cotidiano).

Pergunta 6 (“Por que é necessário inserir um prego no interior do solenoide?”)

1. Respostas corretas (~85 %)

- “Porque o prego (núcleo de ferro) amplifica/concentra o campo magnético, tornando o eletroímã mais forte” (≈ 38 respostas).
- “O prego é ferromagnético e alinha seus dipolos, somando ao campo gerado pela bobina.”

Esses alunos reconhecem que, sem material ferromagnético, o campo do solenoide seria fraco e que a presença de ferro aumenta drasticamente a intensidade, devido à alta permeabilidade.

2. Concepções parcialmente corretas ($\sim 10\%$)

- “Para guiar o campo para dentro do solenoide” (≈ 3 respostas), mas sem explicar claramente “maior densidade de linhas”.
- “Para que o núcleo se torne magnetizado, mas não sei exatamente como ajuda em levantar objetos.” (≈ 2 respostas).

Entendem que “serve para melhorar o campo”, mas não conseguem detalhar se “aumenta densidade de linhas” ou “torna o campo mais uniforme” – é um passo intermediário entre “campo $\times$ distância” e “função específica do núcleo”.

3. Equívocos ou lacunas ($\sim 5\%$)

- “Para preencher o espaço interno do solenoide” ou “para dar suporte ao fio” (≈ 2 respostas).
- “Não sei” (≈ 2 respostas).

Esses não associaram o conceito de “material ferromagnético” à função de “núcleo de um eletroímã” e precisam ver, em simulações e experimentos, a diferença prática entre “bobina vazia” e “bobina com prego de ferro”.

O que esses resultados revelam?

- Quase todos já sabem que “núcleo ferromagnético intensifica o campo”, correspondendo ao subsunçor “ferro como amplificador de campo de eletroímã”.
- As respostas vagas (“guia o campo”) indicam uma percepção aproximada, mas sem domínio da ideia de “permeabilidade magnética” ou “linhas de fluxo concentradas”.
- Os equívocos (“serve só para apoio do fio”) sugerem que há poucos alunos que ainda não estabeleceram relação entre “ferro” e “magnetização”.

Implicações para as próximas aulas:

- Fazer comparações diretas em sala: medir quantos cliques a bobina levanta sem prego versus com prego, para evidenciar empiricamente o ganho de força.

- Usar simulações que permitam trocar material do núcleo (ferro versus madeira) e visualizar a diferença na densidade de linhas de campo.

Pergunta 7 (“O que é um material ferromagnético?”)

1. Respostas corretas (~80 %)

- “Material que pode ser magnetizado, tem domínios magnéticos que se alinham sob campo externo” (≈ 36 respostas).
- “São substâncias como ferro, níquel e cobalto (e suas ligas) que, ao expor a campo magnético, apresentam forte magnetismo.”

Esses alunos já conhecem tanto exemplos (Fe, Co, Ni) quanto a característica estrutural (“domínios que se alinham”), inserindo o conceito no contexto de “por que prego funciona”.

2. Concepções parcialmente corretas (~15 %)

- “Material que é atraído por ímã e pode reter magnetização” (≈ 5 respostas).
- “Algo que age como um ímã natural” (≈ 2 respostas).

Reconhecem corretamente que “são atraídos por ímã” e “podem reter magnetização”, mas não sempre citam explicitamente “ferro, níquel ou cobalto”. Ainda assim, entendem a ideia de “alto magnetismo intrínseco”.

3. Equívocos ou lacunas (~5 %)

- “É um ímã” (≈ 2 respostas), confundindo “material ferromagnético” com “ímã permanente”.
- “É um prego enrolado a um fio” (1 resposta que remete a eletroímã, não ao material em si).
- “Não sei” (≈ 2 respostas).

Esses falham ao diferenciar “ímã permanente” de “material ferromagnético” não magnetizado inicialmente. Será necessário reforçar que “todo ímã permanente é ferromagnético, mas nem todo material ferromagnético é um ímã sem indução”.

O que esses resultados revelam?

- A maior parte sabe descrever tanto propriedades (domínios, alinhamento) quanto exemplos, mostrando que o subsunçor “ferro, cobalto e níquel como ferromagnéticos” está bem formado.
- Pequena parcela ainda pensa que “um prego enrolado a fio” é, em si, o material ferromagnético, misturando conceito de “forma de construção de eletroímã” com “natureza do material”.

- Os que dizem equivocadamente “é um ímã” não perceberam a diferença entre “material que pode ser magnetizado ao ser exposto a campo” e “próprio ímã permanente”.

Implicações para as próximas aulas:

- Mostrar fisicamente pedaços de ferro, cobre e plástico diante de ímã, realçando que “ferro” se comporta como ferromagnético e “plástico” não.
- Fazer exercícios de classificação: “quais materiais desta lista são ferromagnéticos?” para fixar a distinção.

Pergunta 8 (“O número de voltas influencia na potência do eletroímã? Explique.”)

1. Respostas corretas (~85 %)

- “Sim; mais voltas concentram mais linhas de campo magnético, aumentando a intensidade” (≈ 38 respostas).
- “Mais voltas $\rightarrow$ maior campo por mais espiras $\rightarrow$ eletroímã mais potente” (meses formulações equivalentes).

A esmagadora maioria entendeu que “o campo de um solenoide é diretamente proporcional ao número de espiras (voltas)”, captando o subsunçor chave: “ $N \uparrow \Rightarrow B \uparrow$ ”, desde que a corrente permaneça constante.

2. Concepções parcialmente corretas (~10 %)

- “Sim, mas depende também da corrente e da tensão” (≈ 4 respostas).
- “Mais voltas significa mais resistência, então talvez nem sempre seja melhor” (≈ 1 resposta evidente, mas avançada).

Esses alunos enxergam dois fatores: “mais voltas” e “intensidade de corrente” e, em um caso, levantam a questão de resistência (RAM), o que demonstra que já se apropriaram de uma visão mais completa: “N e I atuam juntos para determinar B”.

3. Equívocos ou lacunas (~5 %)

- “Não, pois o campo é definido pela tensão, não pelas voltas” (≈ 2 respostas).
- “Quanto mais voltas, mais gasta a bateria e fica fraco” (≈ 1 resposta).
- “Não sei” (≈ 2 respostas).

Alguns acreditam que “o importante é a tensão, não o número de voltas” ou que “mais voltas só consomem bateria sem aumentar o campo”, o que indica que não entenderam a relação qualitativa entre espiras e campo. Essas respostas requerem reforçar a ideia de “ $B \propto N \cdot I$ ” (para solenoide ideal).

O que esses resultados revelam?

- O subsunçor “campo de solenoide $\propto$ número de voltas” está consolidado em $\approx 85\%$ dos alunos.
- Quem menciona “resistência” já demonstra um entendimento mais profundo ($B \propto NI$, mas I depende de R , e R aumenta com voltass). Entretanto, é necessário organizar esse conhecimento integrando “lei de Ohm” e “solenóide ideal”.
- Os equívocos mostram que alguns interpretam “mais voltas” como sinônimo de “mais consumo da bateria”, sem perceber que “para fins de medição qualitativa, assumimos que I se mantém” (em simulações ou experimentos guiados, a fonte pode ser ideal).

Implicações para as próximas aulas:

- Propor atividade: montar dois solenóides, um com poucas espiras e outro com muitas, submetê-los à mesma tensão e medir quantos cliques cada um atrai, reforçando que “bobina com mais espiras levanta mais” (mesmo que a corrente sofra pequena queda).
- Elaborar gráficos qualitativos relacionando “ N ” e “ B ” (mantendo I constante) e, depois, “ N ”, “ R ” e “ I ” se quiser introduzir resistência.

Pergunta 9 (“Colocando duas pilhas em série (3 V) em vez de 1,5 V, o eletroímã fica mais forte? Explique.”)

1. Respostas corretas (~80 %)

- “Sim; 3 V aumenta a corrente no solenoide (assumindo mesma resistência), logo o campo magnético se intensifica e o eletroímã fica mais forte.” (≈ 36 respostas)
Exemplos típicos:
- “Uma voltagem maior gera corrente maior, aumentando o campo, portanto eletroímã fica mais forte.”
- “Com 3 V, a corrente dobra (ou aumenta), e $B \propto I$, então o eletroímã atrai mais.”

Esses alunos demonstram entender que “tensão $\uparrow \Rightarrow$ corrente $\uparrow \Rightarrow$ campo $\uparrow$ ” e, em consequência, “força do eletroímã $\uparrow$ ”.

2. Concepções parcialmente corretas (~10 %)

- “Sim, mas depende da resistência do fio” (≈ 3 respostas).
- “Se a pilha de 1,5 V já saturava de corrente, talvez não aumente muito” (≈ 2 respostas).

Reconhecem a dependência de “corrente $\rightarrow$ campo” mas também entendem (ou supõem) que há limites práticos de resistência interna. Essa percepção mais realista pode ser

aproveitada para introduzir depois tópicos de “regime estacionário versus saturação de núcleo” ou “limites de bateria”.

3. Equívocos ou lacunas (~10 %)

- “Não, porque 3 V consome mais energia e aquece a bobina, diminuindo a força” (≈ 2 respostas).
- “Não, porque duas pilhas em série não mudam força, apenas durabilidade” (≈ 2 respostas).
- “Não sei” (≈ 2 respostas).

Esses alunos interpretam equivocadamente que “mais tensão só aquece ou que não há diferença qualitativa” ou pensam que “voltagem em série só aumenta autonomia”. Indicam falta de compreensão de como “ $V \rightarrow I \rightarrow B$ ” se relacionam numa lei qualitativa.

O que esses resultados revelam?

- O subsunçor “ $B \propto I \propto V$ ” está presente em cerca de 80 % dos alunos (considerando R constante).
- Questões de resistência interna e saturação indicadas por alguns mostram que já há um nível de sofisticação: eles entendem que “não basta só tensão, também há limites práticos”.
- Os que insistem “pilhas em série não fazem diferença” misturam “mais voltagem = mais duração” (equívoco comum, mas que precisa ser corrigido).

Implicações para as próximas aulas:

- Repetir experimento com pilha de 1,5 V e com duas em série, medir corrente (com multímetro) e contar cliques atraídos, mostrando quantitativamente a diferença.
- Discutir brevemente a Lei de Ohm: $I = V / R$, evidenciando que para R constante (bobina), I dobraria e, com isso, B também aumentaria.

Síntese geral dos Formulários 03 e 04 (Aula 02)

1. Subsunçores bem estabelecidos

- “Corrente elétrica desloca a bússola” (Form. 03, P1): ≈ 75 % já entendem que o simples movimento da bateria ou de um fio energizado afeta a bússola.
- “É possível ligar e desligar um ímã (eletroímã)” (Form. 04, P5): ≈ 80 % sabem descrever o passo a passo (“enrolar fio, conectar, usar núcleo de ferro”).

- **“Núcleo ferromagnético intensifica campo”** (Form. 04, P6/7): $\approx 85\%$ compreendem que inserir prego de ferro aumenta a força do eletroímã e sabem listar exemplos de materiais ferromagnéticos (Fe, Ni, Co).
- **“ B (campo de solenoide) $\propto N$ (espiras)”** (Form. 04, P8): $\approx 85\%$ entendem que “mais voltas $\rightarrow$ campo mais forte”.
- **“ $B \propto I \propto V$ ”** (Form. 04, P9): $\approx 80\%$ associam o aumento de tensão ($1,5\text{ V} \rightarrow 3\text{ V}$) a “maior corrente $\rightarrow$ mais campo $\rightarrow$ maior força do eletroímã”.

2. Pontos de confusão ou lacunas a eliminar

- **Campo gerado por bateria isolada versus campo de circuito fechado** (Form. 03, P1): alguns acham que “sem circuito não há campo” ou “bateria atrai como ímã”.
- **Regra da mão direita e identificação de polos** (Form. 03, P2): quem diz “extremo esquerdo é norte” sem critério e quem troca “positivo/negativo” por “norte/sul” precisam de reforço prático e visual.
- **Percepção de decaimento de campo** (Form. 03, P3): a minoria que acha “campo uniforme” precisa de atividades que evidenciem gradiente de campo.
- **Geometria do campo na bobina** (Form. 03, P4): a pequena parcela que acha “perpendicular $>$ axial” deve revisar diagramas de limalha.
- **Função do núcleo de ferro** (Form. 04, P6/7): quem vê o prego apenas como “apoio” ou confunde “ímã” e “material ferromagnético” precisa de demonstrações diretas comparando bobina com e sem núcleo.
- **Resistência interna e saturação** (Form. 04, P8/9): alguns alunos já mencionaram a resistência crescente ao adicionar voltass, sinalizando que será importante esclarecer, nas próximas etapas, como “R da bobina” atua em “I” e, portanto, em “B”.

3. Predisposição para aprender (Ausubel)

- A maioria demonstrou curiosidade em justificar “por que aproxima a bateria e ela afeta a bússola?”, “como usar prego?”, “por que mais voltas?” — ou seja, mesmo quando não sabiam exatamente, formulavam hipóteses (por ex., “não sei, mas acho que...”).
- Essa disposição a criar hipóteses e se engajar em experimentos (“alguns grupos já reproduziram o eletroímã com materiais de baixo custo”) sinaliza que o ambiente está, de fato, “potencialmente significativo”: há motivação,

recolhimento de conflitos cognitivos e vontade de experimentar, conforme Ausubel recomenda.

4. Próximos passos na sequência UEPS

- **Reforçar atividades experimentais:**

- Comparar o efeito sobre a bússola de mover apenas a bateria versus conectar bateria a fio em “U” (destacar importância de corrente realmente fluindo).
- Construir dois eletroímãs idênticos em espiras, um com pré-voltas e outro sem núcleo, para evidenciar empiricamente o ganho de força.
- Montar bobinas com diferentes números de voltas, medir quantos cliques cada uma levanta, reforçando “ $N \uparrow \rightarrow B \uparrow$ ”.

- **Exercícios colaborativos de diferenciação progressiva:**

1. **Nível inicial:** identificar qual lado da bobina gera polo norte (usar apenas bússola).
2. **Nível intermediário:** variar número de espiras e ver mudança qualitativa de força (“o que acontece se colocarmos 5 voltas em vez de 20?”).
3. **Nível avançado:** analisar, com breves cálculos (ou gráficos qualitativos), como “ $I = V/R$ ” e “ $B \propto N \cdot I$ ” se combinam para determinar força, tratando o caso “1,5 V versus 3 V” e “bobina sem núcleo versus com núcleo de ferro”.

Essas atividades garantem que a UEPS (passos 4, 5 e 6 de Moreira) seja implementada respeitando a heterogeneidade dos subsunçores prévios:

- Aqueles que já sabem “B cresce com N” podem ajudar a explicar aos colegas;
- Quem ainda confunde “campo uniforme” será forçado a confrontar sua ideia ao medir em diferentes pontos;
- Quem acha que “inverter pilha = desligar” será confrontado quando vir a bobina continuar funcional apenas trocando polaridade.

A seguir, analiso as respostas dos **Formulários 05 e 06** (Aula 03). Para cada questão, apresento:

1. Padrões de resposta corretos (com porcentagem aproximada),
2. Principais respostas parcialmente corretas ou incompletas,
3. Equívocos mais recorrentes,
4. O que esses dados revelam sobre os subsunçores prévios dos alunos e como orientar as próximas intervenções.

Formulário 05 (Motor elétrico caseiro)

1. “Qual fenômeno seria observado caso fosse inserida uma segunda pilha em série com a primeira no experimento?”

1.1 Respostas corretas (~80 %)

- Cerca de **35 respostas** afirmaram que, ao adicionar a segunda pilha em série (passando de 1,5 V para 3 V), “a voltagem total do circuito aumenta”, resultando em **maior corrente**, “campo magnético mais intenso” ou “o motor gira mais rápido”. Exemplos típicos:
 - “Vai aumentar a tensão do campo magnético, fazendo com que ele gire mais rápido.”
 - “O aumento da corrente elétrica no circuito resulta em campo magnético mais forte e o motor funciona mais rápido.”
 - “Com duas pilhas em série, a voltagem aumenta, o que faz o motor girar com mais energia.”

Esses alunos entenderam corretamente que, mantida a mesma resistência, elevar de 1,5 V para 3 V fará a corrente crescer (Lei de Ohm) e, conseqüentemente, o campo dentro da bobina se intensificar, acelerando o rotor.

1.2 Respostas parcialmente corretas (~10 %)

- Cerca de **4 respostas** afirmaram que “a voltagem aumentaria” mas não explicaram claramente como isso afeta o motor (por exemplo, disseram “aumentaria a tensão” sem relacionar a “corrente” ou “velocidade do motor”).
- Outras **2 respostas** mencionaram “duas pilhas em série ligam polos positivos e negativos de forma X” (descrevendo a configuração série) mas sem concluir qual seria o efeito no motor (por ex.: “duas pilhas são conectadas de forma que o polo positivo de uma fica ligado ao negativo da outra...”).

Nesses casos, o aluno conhece a conexão em série, mas não fez a ligação com o aumento de corrente/força magnética.

1.3 Equívocos ou lacunas (~10 %)

- **3 respostas** afirmaram incorretamente que “não faz diferença” ou que “na prática só aumenta a duração da bateria, não a força do motor”.
- **2 respostas** disseram “não sei” sem nenhuma justificativa;
- **1 resposta** mencionou “elas se atraem ou se repelem, dependendo do polo”, confusão entre interação de pilhas (elétrico) e polos de ímã.

Esses alunos não conectaram “voltagem maior $\rightarrow$ corrente maior $\rightarrow$ campo magnético maior”. Alguns confundem aspectos elétricos (durabilidade, atração entre polos de bateria) sem relacionar com o campo na bobina.

1.4 O que esses resultados revelam?

- Quem acertou ($\approx 80\%$) dominou o subsunçor “ $V \uparrow \Rightarrow I \uparrow \Rightarrow B \uparrow \Rightarrow$ motor mais rápido”, que já vem se formando desde a aula do solenoide.
- Os que disseram apenas “aumenta a tensão” mas não explicaram o efeito no motor mostram que sabem somar as pilhas, mas ainda não associam esse aumento de tensão com “mais corrente” e “mais torque no rotor”.
- Os que acreditam que “não muda a velocidade” revelam confusão entre “voltagem em série” (duração/autonomia) e “voltagem que alimenta o circuito” (intensidade de campo).
- A resposta “não faz diferença” pode indicar que, em experimentos anteriores, eles viram pouca variação de velocidade ao trocar a pilha, talvez por contato imperfeito ou atrito, mas não compreenderam o princípio teórico.

Implicações de ensino:

- **Demonstrar experimentalmente** num mesmo conjunto de materiais: motor caseiro com 1 pilha (1,5 V) versus 2 pilhas em série (3 V), medir qualitativamente a rotação (p. ex., contar voltas em 10 s).
- **Reforçar a relação $I = V/R$** : mostrar que, para R (resistência do fio) aproximadamente constante, dobrar a tensão dobra a corrente, dobrando o campo que gera torque.
- **Discutir possíveis limitações práticas**: atrito do eixo, contato não ideal no comutador, que podem mascarar diferenças muito grandes de velocidade em montagem amadora.

2. “Por que uma das pontas do fio condutor é raspada por completo e a outra apenas em parte?”

2.1 Respostas corretas (~70 %)

- Aproximadamente **31 respostas** explicaram que raspam completamente uma ponta para manter o contato elétrico contínuo, enquanto raspam apenas metade da outra ponta para interromper alternadamente o contato (funcionamento do **comutador caseiro**), de modo que o rotor gire sem ficar “travado” ou “balançando”. Exemplos:
 - “Uma ponta é raspada totalmente para conexão contínua; a outra só pela metade para que a cada meia volta haja interrupção, criando o comutador e permitindo o giro.”
 - “A raspagem parcial faz com que, num dos semiciclos de rotação, não haja contato e a bobina desmagnetize, permitindo a mudança de sentido e continuidade do giro.”
 - “Isso cria o efeito de ligar e desligar a cada meia volta: o motor sai de um polo para outro. Se raspássemos totalmente as duas, iria apenas balançar.”
- Esses alunos captaram a essência do comutador: sem a raspagem parcial, a bobina sempre estaria em curto e não haveria torque contínuo.

2.2 Respostas parcialmente corretas (~15 %)

- Cerca de **7 respostas** mencionaram “para ligar e desligar” ou “para um lado conduzir e outro não” sem explicar detalhadamente que isso ocorre apenas por meia volta da bobina.
- Outras **2 respostas** disseram “para evitar curto” ou “para garantir que só metade do fio conduza sempre” sem mencionar a “meia volta” ou a “alternância de contato”.

Esses alunos sabem que há uma razão de comutação, mas ainda não expressaram com clareza que a raspagem parcial ocorre justamente para interromper o circuito em cada meia revolução.

2.3 Equívocos ou lacunas (~15 %)

- **3 respostas** disseram algo como “para não ficar balançando demais” (sem ligar ao comutador), ou “para ter uma ponta negativa e outra positiva” (confundindo raspagem com geração de polos elétricos).
- **2 respostas** repetiram quase literalmente o enunciado “para garantir uma conexão limpa” ou “não sei” (sem explicar o motivo elétrico-mecânico).

Esses alunos não relacionaram a raspagem ao funcionamento do comutador; veem como mero detalhe físico (“raspar para o fio entrar no suporte”) ou confundem com conceito de polaridade da bateria.

2.4 O que esses resultados revelam?

- A maior parte ($\approx 70\%$) já formou o subsunçor “comutador caseiro” – isto é, sabe que uma ponta raspada apenas meia volta interrompe a corrente e cria torque contínuo.
- Os que disseram apenas “para ligar e desligar” sem detalhar tempo (meia volta) têm a noção geral, mas falta refinamento: ainda não entendem que a bobina só fica energizada num semiciclo e, no outro, necessita reverter o campo.
- Aqueles que acreditam que “evita curto” ou “para não balançar” revelam uma percepção superficial, sem apreender o porquê físico: não associaram a raspagem parcial ao momento exato de reversão de polaridade da força magnética.

Implicações de ensino:

- **Fazer um diagrama passo a passo:** mostrar em papel ou animação que, ao girar 180° , a parte raspada inteira permanece em contato, mas a parcela isolada impede a corrente por 180° , reverter o torque e continuar o giro.
- **Exibir um esquema de corte transversal da bobina** e destacar “parte raspada total” versus “raspagem parcial” para evidenciar como o comutador se comporta a cada meia rotação.
- **Atividade de dupla:** cada dupla desenha em sequência (4 quadros) o movimento da bobina, indicando exatamente quando o contato cessa e reinicia, para fixar o conceito de comutação.

3. “Como relacionar o sentido da corrente elétrica no fio condutor com o movimento da bobina (espira)?”

3.1 Respostas corretas ($\sim 50\%$)

- Cerca de **22 respostas** disseram que “o sentido da corrente cria um campo magnético na espira, que interage com o campo do ímã permanente, gerando uma força (torque) que faz a bobina girar”. Exemplos:
 - “O sentido da corrente no fio gera um campo magnético que interage com o campo do ímã permanente, e essa força de interação faz a espira girar.”
 - “Quando a corrente flui em determinada direção, surge uma força (pela regra da mão direita) que empurra a bobina; invertendo a corrente, inverte-se o movimento.”
 - “O movimento da bobina depende de como as direções de corrente e campo se cruzam: corrente para cima num lado atrai, no outro repele, gerando rotação.”

Esses alunos já articulam o princípio de funcionamento do motor: a interação entre o campo gerado pela espira e o campo estático do ímã permanente produz torque.

3.2 Respostas parcialmente corretas (~25 %)

- Aproximadamente **11 respostas** afirmaram que “depende da variação do fluxo magnético” ou “o movimento induz corrente” (usando termos mais apropriados a gerador, não a motor).
- Outras **3 respostas** citaram apenas a “regra da mão direita” sem explicar como isso se traduz em torque ou movimento da bobina.

Esses alunos sabem que “campo $\leftrightarrow$ corrente” estão relacionados e que existe a Lei de Lenz ou de indução, mas misturam conceitos de gerador e motor: pensam, por exemplo, que “ao mover a bobina, gera corrente”, quando o enunciado pedia o oposto (“corrente gera movimento”).

3.3 Equívocos ou lacunas (~25 %)

- **5 respostas** disseram “quando o ímã se move em relação à bobina, gera corrente” (inversão de motor e gerador).
- **5 respostas** afirmaram “não sei / depende de como for montado” sem relacionar “corrente $\rightarrow$ campo $\rightarrow$ força $\rightarrow$ movimento”.
- **3 respostas** apenas “usar a mão direita” (sem conectar com o torque nem com a orientação do ímã).

Essas colocações revelam que alguns alunos ainda não distinguiram claramente:

- O papel da **corrente induzida** (gerador) vs. a **corrente aplicada** (motor);
- O fato de que, num motor, **é a interação (força de Lorentz) entre dois campos** (o da bobina e o do ímã permanente) que gera torque.

3.4 O que esses resultados revelam?

- Metade dos alunos ($\approx 50\%$) já domina o subsunçor “I na bobina $\rightarrow$ campo magnético $\rightarrow$ interação com campo do ímã $\rightarrow$ torque $\rightarrow$ rotação”.
- Quem mistura “movimento $\rightarrow$ gera corrente” foi claramente influenciado pela atividade com o gerador (simulação de Faraday), demonstrando confusão entre os papéis de bobina e ímã em motor vs. gerador.
- As repostas genéricas “usar regra da mão direita” sem detalhar o mecanismo revelam que, embora saibam de memorização de regra, falta internalizar como ela se aplica ao torque.

Implicações de ensino:

- **Desenho esquemático em quadros:** passo a passo da bobina frente ao ímã — indicar direção de corrente, mostrar vetor força em cada braço da espira (Lei de Lorentz), demonstrando o torque resultante.
- **Experimento simplificado:** inverter manualmente a direção da corrente na bobina em montagem fixa (sem núcleo giratório), observar a inversão do sentido de empuxo num lado e de repulsão no outro.
- **Atividade de grupo:** cada grupo escreve, em frases curtas, os “três passos” que ligam corrente ao movimento, para garantir que abandone a confusão “motor ↔ gerador”.

4. “Utilizando os conceitos mostrados nas últimas aulas, tente descrever como o motor de um carrinho de controle remoto funciona.”

4.1 Respostas corretas (~50 %)

- Cerca de **22 respostas** descreveram adequadamente o funcionamento geral de um **motor DC com escovas e comutador**, alimentado por bateria, cujo campo da bobina interage com campo magnético fixo, gerando movimento nas rodas do carrinho. Além disso, mencionaram que “o carrinho recebe sinais de radiofrequência do controle, que aciona um circuito que regula a corrente no motor”. Exemplos típicos:
 - “O motor usa bobinas e um comutador para inverter corrente a cada semiciclo, interagindo com ímã fixo e transmitindo torque às rodas. O controle remoto envia sinais RF para o receptor, que alimenta o motor conforme o comando.”
 - “É um motor de corrente contínua: as escovas passam corrente para a bobina, que interage com ímã permanente, girando o eixo; o controle remoto, via ondas de rádio, varia a tensão aplicada, controlando velocidade e direção.”
 - “O carrinho converte energia elétrica (bateria) em torque no motor elétrico (bobina + ímã), e sinais do receptor definem qual tensão o motor recebe.”

Esses alunos conseguiram articular tanto o princípio eletromagnético do motor quanto a parte de controle remoto (RF → receptor → circuito → motor).

4.2 Respostas parcialmente corretas (~30 %)

- Aproximadamente **13 respostas** focaram apenas na parte de **radiofrequência e receptor**, falando que “o controle envia sinal de RF para o carrinho” sem detalhar como o motor funciona internamente (“lacuna no vínculo com gerador de torque”).
- Outras **1 resposta** começou a descrever “motor DC com corrente nas bobinas” mas logo passou a falar “através da pilha” sem relacionar ao comutador ou ao campo fixo do ímã.

Ou seja, esses alunos sabem reconhecer que “sinais de rádio” comandam o carro, mas não dominam o princípio de funcionamento eletromagnético do próprio motor DC.

4.3 Equívocos ou lacunas (~20 %)

- **5 respostas** repetiram quase literalmente: “funciona por radiofrequência onde o transmissor envia sinal de controle ao receptor que aciona o motor”, sem citar “motor DC” ou “princípio de bobina + ímã”; ficaram restritos ao controle remoto.
- **2 respostas** disseram “não sei responder” ou “ocorreu muito tempo atrás”, claramente sem conexão com o conteúdo.
- **2 respostas** descreveram “funciona por pulsos de radiação infravermelha” (confundindo IR com RF), o que demonstra falta de clareza sobre a tecnologia de controle remoto.

Esses alunos não conseguiram relacionar as aulas de “motor caseiro → gerador virtual” com uma aplicação real de motor DC em carrinho de brinquedo.

4.4 O que esses resultados revelam?

- Metade dos alunos já internalizou, de modo coerente, a transposição dos conceitos de motor caseiro para um motor de brinquedo mais sofisticado, reconhecendo a combinação “bateria → comutador → bobina + ímã → torque → rodas” e “controle remoto (RF) → receptor → circuito → motor”.
- Aqueles que se limitaram a “funciona por RF” ou “bateria → motor” mostram que identificam o sistema de controle, mas não compreendem o princípio eletromagnético do motor DC.
- A menção incorreta a “infravermelho” revela confusão entre tipos de sinal sem fio; convém reforçar a diferença entre IR e RF.

Implicações para as próximas aulas:

- **Mapear um motor DC real:** abrir (ou mostrar em vídeo) um motor pequeno de carrinho, destacando bobina, comutador, escovas e ímã permanente, para conectar com a montagem caseira.
- **Fazer um diagrama de blocos** do sistema “controle remoto → receptor → driver (transistor ou ponte H) → motor DC → rodas”, para que todos entendam como o sinal RF se converte em corrente para o motor.
- **Atividade de comparação:** colocar lado a lado o motor caseiro que eles construíram e um motor DC de brinquedo, pedindo que apontem semelhanças e diferenças (ex.: ambos têm comutador, mas o de brinquedo possui carcaça, engrenagens, eixo, escovas profissionais).

Síntese geral dos Formulários 05 (Aula 03, motor)

1. Subsúncões consolidados

“ $V \uparrow \Rightarrow I \uparrow \Rightarrow \text{torque} \uparrow$ ” (acrescentar pilha em série acelera o motor).

“Raspagem parcial no fio = comutador caseiro” (existe a necessidade de interromper corrente a cada meia volta).

“Corrente no fio cria campo; interação com campo do ímã gera torque $\rightarrow$ movimento” (princípio de funcionamento do motor).

“Motores de carrinho de controle remoto são motores DC com comutador, alimentados por bateria, controlados por sinal RF”.

2. Principais lacunas ou concepções alternativas

Alguns acreditam que “usar duas pilhas em série só aumenta duração, não a velocidade” (Form. 05 – Q1).

Confusão entre “motor” e “gerador” (muitos responderam como se a pergunta fosse de geração de corrente, não de movimento).

Falta de domínio completo da função de “raspagem parcial”: para uns é “evitar curto” ou “não deixar balançar” sem mencionar o comutador.

- Quem fala apenas em “controle remoto (RF)” sem mencionar como o motor usa princípios de eletromagnetismo no carrinho.

3. Orientações para as próximas etapas

- **Demonstração conjunta de motor caseiro e motor DC real** (de brinquedo), apontando cada componente: bobina, comutador, escovas, ímã permanente.
- **Exercício de desenho**: sequência de 4 a 5 quadros mostrando o que acontece na bobina a cada meia volta (liga/desliga).
- **Diagrama de blocos do sistema de controle remoto**: emissor RF $\rightarrow$ receptor $\rightarrow$ driver $\rightarrow$ motor $\rightarrow$ rodas, para fixar onde entra o conceito de “campo magnético” e onde entra “radiofrequência”.
- **Experimento comparativo de voltagens**: medir qualitativamente a rotação do motor caseiro com 1,5 V vs. 3 V, discutindo desigualdades práticas (atrito, contato instável).

A seguir, apresento a análise das respostas do **Formulário 06** (simulador de Faraday), questionamento a questionamento. Para cada item, indico:

1. Padrões de respostas corretas (com porcentagem aproximada);
2. Respostas parcialmente corretas ou incompletas;
3. Equívocos mais recorrentes;

4. O que esses resultados revelam sobre os subsunçores prévios dos alunos e como orientar as próximas intervenções.

1. “Ao movimentar o ímã no interior do solenoide, o que acontece com o brilho da lâmpada? Explique.”

1. Respostas corretas (~85 %)

- Cerca de 41 estudantes afirmaram que, ao mover o ímã dentro do solenoide, a lâmpada acende ou seu brilho varia conforme a velocidade do movimento. Em geral, dizia-se:
 - “Quanto mais rápido o ímã entra ou sai, maior a corrente induzida e mais intenso o brilho.”
 - “Se o ímã está em movimento, o fluxo magnético varia e gera corrente, acendendo a lâmpada; em repouso, a lâmpada apaga.”
 - “O brilho aumenta quando o ímã se aproxima e diminui quando se afasta, porque a variação do fluxo produz maior ou menor fem.”Esses alunos captaram com clareza o fenômeno de indução: a variação de fluxo magnético ($Vel. \uparrow \Rightarrow \Delta\Phi \uparrow$) gera fem induzida no solenoide, alimentando a lâmpada.

2. Respostas parcialmente corretas (~10 %)

- Aproximadamente 5 responderam que “a lâmpada pisca” ou “varia a luminosidade” mas sem explicitar a relação “movimento $\rightarrow$ variação de fluxo $\rightarrow$ corrente”. Diziam simplesmente “variação”, “pisca conforme o ímã se move”, sem indicar que “mais velocidade = mais brilho”.
- Outras 3 respostas citaram “acende porque a lâmpada recebe energia do movimento” (sem mencionar “corrente induzida”).

3. Equívocos ou lacunas (~5 %)

- Cerca de 2 respostas diziam “o ímã se movimenta e brilha, porque o ímã empurra elétrons”, confundindo “força magnética” com “campo elétrico” propriamente dito.
- 1 aluno afirmou “o brilho fica verde” (fenômeno irrelevante e não relacionado).
- 1 resposta resumiu “acende e apaga” sem mencionar “movimento $\rightarrow$ campo variável”.

4. O que esses resultados revelam?

- A esmagadora maioria já domina o subsunçor “movimentar ímã → variação de fluxo magnético → corrente induzida → brilho da lâmpada” (Lei de Faraday).
- Os que falam apenas em “piscar” sabem que há variação, mas ainda não vinculam essa variação à intensidade (velocidade do ímã).
- Os que confundem “empurrar elétrons” com “força magnética” revelam ainda mistura conceitual entre “campo magnético” e “campo elétrico”.

Implicações de ensino:

- Reforçar em sala que “a intensidade da fem depende da rapidez de variação do fluxo ($|d\Phi/dt|$)”, talvez exibindo um gráfico simplificado “velocidade do ímã” x “intensidade da corrente”.
- Promover uma pequena atividade prática (ou simulação numérica) em que o aluno movimenta o ímã em diferentes velocidades e anote valores de corrente (ou nível de brilho) para consolidar qualitativamente essa relação.

2. “O que ocorre quando o ímã é mantido em repouso? Algo diferente acontece se movimentarmos o solenoide? Explique.”

1. Respostas corretas (~90 %)

Cerca de 90% dos estudantes responderam que, mantendo o ímã parado dentro (ou próximo) ao solenoide, não se induz corrente, e, portanto, a lâmpada não acende. Quanto a movimentar o **solenoide** em relação ao ímã, quase todos afirmaram que o resultado é o mesmo: “sem variação de fluxo não há corrente” ou “se movemos o solenoide em torno do ímã, a lâmpada acende, pois há variação de fluxo magnético”. Exemplos:

- “Em repouso, nada acontece (lâmpada apagada). Se movimentar o solenoide em torno do ímã, há variação de fluxo e a lâmpada acende.”
- “Quando o ímã está parado, não há fem induzida; mas, se movimentarmos o solenoide para aproximar/distanciar, o efeito é o mesmo de mover o ímã: a lâmpada acende.” Esse grupo entendeu que “fluxo magnético só varia se houver movimento relativo entre ímã e bobina (solenoide)”.

2. Respostas parcialmente corretas (~5 %)

- Cerca de 3 respostas disseram “quando o ímã está parado, a lâmpada fica fraca” ou “fica piscando mesmo em repouso” – confundindo ruídos de simulação com fenômeno real.
- Outras 2 respostas afirmaram “o ímã em repouso ainda gera corrente contínua” (conceito errado: supõem que campo magnético constante já induz corrente).

Nesses casos, o aluno percebeu que não há ação completa, mas não entendeu que a **ausência de variação** impede totalmente a indução.

3. Equívocos ou lacunas (~5 %)

- **2 respostas** afirmaram “quando o ímã está parado, ele continua gerando corrente fraca” (ideia de fluxo estático produzindo corrente).
- **1 resposta** disse “se movimentarmos o solenoide sem conectar ao circuito, a lâmpada ainda acende” (confusão entre gerador e circuito aberto).
- **1 resposta** disse “o solenoide não muda nada” sem distinguir repouso de movimento.

4. O que esses resultados revelam?

- A grande maioria compreende o subsunçor “é necessária **variação** no fluxo magnético para que a corrente seja induzida; fluxo constante = corrente zero”.
- Um pequeno grupo não separa “campo constante” (sem tensão gerada) de “campo variável” (com tensão gerada), indicando necessidade de reforçar que **só a variação → fem induzida**.
- Quem pensa que o solenoide “funciona sozinho” em movimento sem circuito revela falta de compreensão de que o circuito deve estar fechado para haver corrente mensurável (mesmo que o solenoide se mova, se não há circuito, a lâmpada não acende).

Implicações de ensino:

- Utilizar analogia visual (por ex., imagine um carrossel que só gera vento quando gira, e parado não há vento): sem rotação → sem corrente.
- Pedir que desenhem dois cenários: (a) ímã parado, (b) bobina girando em torno de ímã, indicando a direção do fluxo e anotando “sem corrente” versus “com corrente”.
- Mostrar que, no simulador, se o circuito estiver aberto (lâmpada retirada), mesmo movimentando o solenoide, não se forma corrente efetiva; assim, reforçar conceito de “circuito fechado + variação de fluxo”.

3. “O que acontece com o sentido da corrente quando você move o ímã para trás e para frente?”

1. Respostas corretas (~80 %)

- Aproximadamente **80% dos alunos** afirmaram que, ao mover o ímã em sentido contrário, o sentido da corrente induzida *inverte*. Em geral, diziam:

- “Quando puxamos o ímã para dentro, a corrente entra num sentido; ao empurrar para fora, a corrente se inverte.”
 - “Cada vez que inverte o movimento (para frente/para trás), mudo a polaridade da fem e, portanto, inverte o sentido da corrente.”
 - “O sentido da corrente alterna conforme a direção do movimento do ímã, gerando corrente alternada se movermos repetidamente.”
- Esses alunos captaram a Lei de Lenz/Lei de Faraday: a polaridade da tensão depende de $d\Phi/dt$, e se $d\Phi$ muda de sinal, a corrente também muda.

2. Respostas parcialmente corretas (~10 %)

- Cerca de **4 respostas** afirmaram “o brilho pisca ou oscila” ao invés de “o sentido inverte”, mostrando que perceberam variação, mas não supõem que “o sentido de circulação de elétrons” se altera.
- Outras **2 respostas** disseram “a lâmpada acende e apaga conforme o movimento, mas não sei qual sentido” (sabem que muda, mas não souberam explicar).

3. Equívocos ou lacunas (~10 %)

- **3 respostas** afirmaram “o sentido da corrente permanece o mesmo, pois a lâmpada só acende” (ignorando que, ao inverter o movimento, a polaridade muda).
- **2 respostas** mencionaram “o sentido depende de como o solenoide está conectado, não do ímã” (não perceberam que o campo variável é quem determina a direção).

4. O que esses resultados revelam?

- Cerca de 80 % já possuem bem internalizado o subsunçor “inversão de movimento do ímã $\rightarrow$ inversão de $\Delta\Phi \rightarrow$ inversão da fem induzida $\rightarrow$ inversão do sentido de corrente” (é a base da corrente alternada em geradores).
- Quem se limitou a “pisca” percebeu variação, mas ainda não distingue “pisca = inverter polaridade” de “pisca = ligar/desligar no mesmo sentido”.
- Os que dizem “o sentido não muda” demonstram ainda confusão entre “variação de intensidade” e “mudança de direção” da corrente.

Implicações de ensino:

- **Exibir gráficos de tensão vs. tempo** gerados pelo simulador: ao mover o ímã, mostrar a curva positiva e, ao inverter movimento, mostrar a curva negativa.

- **Atividade de duplas:** cada dupla desenha dois vetores—um para movimento “para dentro” e outro para “para fora”—indicando o sentido da corrente em cada caso, fixando que “o sinal da derivada do fluxo” ($d\Phi/dt$) dita o sinal da fem.

4. “Ajuste a fonte de corrente contínua (bateria) para 0 V e verifique se a lâmpada acende. Por quê?”

1. Respostas corretas (~95 %)

- Praticamente todos os alunos disseram que “com 0 V não há diferença de potencial; não existe corrente e, portanto, a lâmpada não acende”. Exemplo típico:
 - “Com 0 V, não há tensão para empurrar elétrons; como não há corrente, a lâmpada permanece apagada.”
 - “Não acende porque a fonte está em zero volt: sem ddp, não há fluxo de corrente.”

2. Respostas parcialmente corretas (~3 %)

- 1 resposta afirmou “não acende, pois o ímã parado não induz corrente” (misturando o conceito anterior de indução com o de fonte de 0 V). A ideia está “quase lá”, mas faltou isolar que 0 V implica circuito sem tensão, independentemente de existir ou não ímã.

3. Equívocos ou lacunas (~2 %)

- 1 estudante disse “acende, porque o circuito tem energia residual” (conceito incorreto: não há energia sem tensão).
- 1 aluno respondeu “nao sei”.

4. O que esses resultados revelam?

- Quase todos já internalizaram que **tensão = requisito mínimo para corrente contínua**, o que gera a lâmpada acender. Esse é um subsunçor muito bem estabelecido.
- Raríssimos equívocos surgem de interpretar “circuito aberto” (0 V) como “ainda há corrente residual” ou “a lâmpada pode brilhar fraco”, mas são poucos.

Implicações de ensino:

- Embora o domínio seja alto, vale reforçar que, no simulador, 0 V corresponde a ausência total de diferença de potencial.
- Relacionar esse entendimento com “inversão do movimento do ímã”: mesmo que o ímã se mova, se a fonte estiver em 0 V e o circuito estiver aberto (não

fechado), a lâmpada não acende—diferenciar claramente “fonte de 0 V” vs. “fonte desconectada”.

5. “Ajuste a fonte de corrente contínua (bateria) para 10 V e o solenoide com 3 espiras; verifique se a lâmpada acende. E se movimentarmos a fonte ou o solenoide (aproximando ou afastando)? O que ocorre com o sentido da movimentação dos elétrons no interior do condutor do solenoide?”

1. Respostas corretas (~70 %)

- Cerca de 70% dos alunos afirmaram que, ao ajustar a bateria para 10 V e usar 3 espiras, a lâmpada acende (corrente fluindo no circuito). Quanto ao movimento relativo (aproximar/afastar fonte ou solenoide), disseram que “a variação de campo magnético induz corrente extra” e “o sentido dos elétrons é alterado conforme o movimento do ímã (ou solenoide)”. Exemplos:
 - “Com 10 V e 3 espiras, a lâmpada acende porque há corrente contínua. Ao movimentar o solenoide, acrescenta-se uma fem induzida; se aproximar, aumenta a intensidade, e o sentido dos elétrons se inverte quando solicitamos inversão de movimento.”
 - “A lâmpada acende fortemente. Movimentar o solenoide em relação ao ímã muda $d\Phi/dt$ e pode inverter ou reforçar a direção da corrente: aprende-se que, nesse caso, o campo da fonte contínua sofre interferência com o campo induzido.” Esses alunos entenderam que há superposição de correntes (fonte + induzida) e que o movimento relativo pode inverter parcialmente o sentido de circulação dos elétrons no solenoide.

2. Respostas parcialmente corretas (~20 %)

- Aproximadamente **9 respostas** afirmaram “com 10 V, a lâmpada acende e brilha, mas o movimento só altera a intensidade, não o sentido dos elétrons (mantém-se mesmo sentido CC)”. Esses pensam que, com corrente contínua dominante, a fem induzida é desprezível e não logra inverter o fluxo de elétrons, apenas alterar levemente a intensidade.
- **3 respostas** disseram “a lâmpada não acende se movemos o solenoide” (confundindo circuitos abertos e fechados).

- **2 respostas** alegaram “a lâmpada acende, mas o sentido dos elétrons só muda se a bateria inverter seus polos” (entendimento parcial: invertem-se polos de fonte e não do gerador por movimento).

3. Equívocos ou lacunas (~10 %)

- **3 respostas** afirmaram “a lâmpada não acende mesmo com 10 V” (suposição de montagem incorreta).
- **2 respostas** disseram “movimentando nada muda, pois já há 10 V constante”.
- **1 resposta** afirmou “os elétrons não se movem, pois a fonte é contínua” (conceito errado: corrente contínua implica movimento unidirecional de elétrons).

4. O que esses resultados revelam?

- A maioria ($\approx 70\%$) compreende o subsunçor “10 V em solenoide de 3 espiras $\rightarrow$ corrente CC $\rightarrow$ lâmpada acesa” e sabe que, ao mover o solenoide, sobrepõe-se uma fem induzida que pode reforçar ou antagonizar a corrente da fonte, invertendo localmente o sentido dos elétrons.
- O grupo que acha “o sentido dos elétrons não muda” está supondo que a força aplicada por 10 V domina totalmente qualquer pequena fem induzida; em condições reais, dependendo da magnitude de $d\Phi/dt$, a fem induzida pode até inverter parcial ou totalmente a corrente instantaneamente (se $d\Phi/dt > V/R$).
- Alguns confundem circuito “conectado” com circuito “movimentado”: acham que, mesmo com 10 V, se moverem o solenoide, a lâmpada pode apagar, mas na verdade a fonte contínua manterá a lâmpada acesa, apenas a fem induzida varia o total de corrente.

Implicações de ensino:

- Demonstrar “superposição de fem”: calcular qualitativamente cenários em que a fem induzida pode somar-se ou subtrair-se de $V=10\text{ V}$, explicando por que, em geral, a corrente CC prevalece mas pode haver pequenas flutuações de direção local em cada “meia fase” de movimento.
- Usar uma simulação ou experimento de bancada para mostrar que, se mover o solenoide muito rápido, a tensão induzida pode inverter o fluxo de elétrons mesmo em presença de 10 V fixa—isto é, o próprio gerador passa a fornecer corrente no sentido contrário à bateria em certos instantes.

6. “Com base no que você aprendeu nos momentos anteriores, pense em maneiras de fazer a lâmpada acender. Teste suas ideias. O que você observa? Explique.”

1. Respostas corretas (~75 %)

- Aproximadamente **36 respostas** listaram pelo menos uma estratégia válida (às vezes mais de uma), tais como:
 - “Mover o ímã dentro do solenoide” (gera indução);
 - “Variar o número de espiras” (mais espiras = maior tensão → acende);
 - “Aumentar a diferença de potencial da fonte CC” (usar bateria de maior voltagem);
 - “Mover o solenoide em torno do ímã” (efeito equivalente a mover o ímã).
 - “Usar corrente alternada ou colocar o solenoide dentro de um campo variável.”

Relataram ainda as observações: “a lâmpada só acende quando há variação de fluxo ou tensão suficiente; em repouso/apenas conexão CC sem variação do fluxo, a lâmpada permanece apagada”; “mais espiras → Led piscava com brilho mais estável”; etc.

2. Respostas parcialmente corretas (~15 %)

- Cerca de **7 respostas** sugeriram “acender com uma fonte de corrente alternada (220 V)” – tecnicamente fora do escopo do simulador, mas mostram uma ideia global de “usar corrente alternada para acender lâmpada”.
- **3 respostas** disseram “basta ligar a bateria e a lâmpada acende, não preciso mover nada” (omitiram que no circuito indutivo do simulador é necessário variar o fluxo ou ter fonte CC).

3. Equívocos ou lacunas (~10 %)

- **2 respostas** afirmaram “acender somente com transformador” (sem explicar como gerador de indução pode ser usado).
- **2 respostas** falaram em “usar calor” ou “usar energia térmica” (mistura conceitos completamente diferentes).
- **2 respostas** limitavam-se a “não sei” ou “não entendi”.

4. O que esses resultados revelam?

- A maioria compreendeu que **existem duas vias principais** para fornecer energia à lâmpada: (a) usar uma fonte CC de tensão suficiente; (b) usar indução eletromagnética (movimentar ímã e/ou solenoide, aumentar espiras).

- Um grupo entendeu que “corrente alternada em 220 V” é uma forma de acender lâmpada, mas sem distinguir claramente “gerar essa CA via transformador” vs. “gerar CA via movimento do ímã no solenoide”.
- Alguns alunos ainda não associam que, em um circuito puramente indutivo (sem fonte CC), só se acende a lâmpada quando o fluxo magnético varia; supõem erroneamente que “bastaria apenas ligar solenoide, mesmo sem movimento de ímã”.

Implicações de ensino:

- Propor um exercício de “inventário de estratégias” em grupo, em que cada dupla liste todas as maneiras (pelo menos três) de fazer a lâmpada acender, destacando prós e contras de cada uma (por exemplo, “metade dos espiras pode não gerar tensão suficiente, então precisamos de várias espiras ou movimento rápido”).
- Confrontar a ideia “usar CA da rede” mostrando que, de fato, “um transformador” é apenas um par de bobinas cuja primária vibra com corrente alternada, mas precise ser conectado a uma rede de 60 Hz; diferenciar claramente “fonte fixa” vs. “gerador por indução manual”.

7. “Aproximando o primário (eletroímã) do secundário (solenóide) do transformador, a tensão no secundário aumenta ou diminui? Justifique.”

1. Respostas corretas (~90 %)

- Cerca de **43 respostas** explicaram que “aproximando primário e secundário, o acoplamento magnético melhora, mais linhas de fluxo passam pelo secundário, gerando maior tensão” (Lei de Faraday). Exemplos:
 - “A tensão no secundário aumenta, pois mais fluxo magnético do primário alcança o secundário.”
 - “Ao aproximar, o acoplamento magnético é maior, logo a fem induzida cresce e a tensão no solenoide secundário sobe.”

2. Respostas parcialmente corretas (~5 %)

- **3 respostas** responderam “diminui” mas, em seguida, justificaram “porque o campo se esgota ao tentar atravessar dois enrolamentos muito próximos” (explicação errônea, mas supõem que proximidade possa gerar saturação ou cancelamento de linhas).

- **2 respostas** disseram: “não sei, talvez aumente ou diminua dependendo do número de voltas”. Embora não estejam firmes, perceberam que “número de espiras” pode influir no resultado.

3. Equívocos ou lacunas (~5 %)

- **1 resposta** afirmou “não muda, pois a tensão só depende da relação N_p/N_s , não da distância” (ignora acoplamento prático).
- **1 resposta** disse “fica verde” (não faz sentido).

4. O que esses resultados revelam?

- Quase todos compreendem que **distância reduzida** → **maior acoplamento magnético** → **tensão secundária maior**.
- Pequena parcela confunde “fluxo saturado” ou “proximidade” com fenômenos estranhos (“campo se esgota”), mas, de modo geral, entendem a lógica “quanto mais linhas de campo cortam o secundário → mais tensão”.

Implicações de ensino:

- Mostrar, via diagrama do simulador, **mapa de linhas de campo** quando primário e secundário estão juntos versus longe, visualizando que “quando afastados, boa parte do fluxo escapa e não chega ao secundário”.
- Confrontar o equívoco “tensão independe da distância” mostrando que, em teoria ideal de transformador perfeitamente acoplado, a relação N_p/N_s dita a tensão, mas que, sem proximidade, há perdas por dispersão de fluxo (transformador real).

Síntese Geral dos Formulários 05 e 06 (Aula 04)

1. Subsunçores consolidado

- **Motor caseiro:**
 - 1 pila → 1,5 V → bobina com comutador → interação de campo → rotação contínua.
 - 2 pilhas em série → 3 V → corrente maior → velocidade de rotação mais alta.
 - Raspagem parcial do fio → mecanismo de comutador (liga/desliga a cada meia volta).
- **Gerador virtual (simulador de Faraday):**
 - **Movimentar ímã dentro do solenoide** → variação do fluxo ($d\Phi/dt \neq 0$) → fem induzida → corrente → lâmpada acende.

- Ímã parado (solenóide parado) $\rightarrow d\Phi/dt = 0 \rightarrow \text{fem} = 0 \rightarrow$ lâmpada apagada.
- **Movimento inverso (para frente/para trás)** $\rightarrow$ inversão do sinal de $d\Phi/dt \rightarrow$ inversão do sentido da corrente (princípio da corrente alternada).
- **Fonte CC a 0 V** $\rightarrow$ circuito sem tensão $\rightarrow$ correntes nulas $\rightarrow$ lâmpada não acende.
- **Fonte CC a 10 V com 3 espiras** $\rightarrow$ componente CC mantém lâmpada acesa; movimento relativo pode gerar fem induzida que some ou se some à tensão de 10 V, provocando flutuações de corrente e, em casos extremos, até inverter localmente o sentido dos elétrons.
- **Aproximando primário do secundário (transformador)** $\rightarrow$ maior acoplamento magnético $\rightarrow$ mais fluxo cortando o secundário $\rightarrow$ tensão secundária aumenta.

2. Principais lacunas ou concepções alternativas

- Confusão entre “corrente induzida” e “corrente da fonte”: alguns presumem que, mesmo com fonte em 0 V, o movimento do solenóide sozinho seria suficiente para acender a lâmpada, sem notar que o circuito deve estar fechado e que a fonte 0 V não adiciona nada ao fluxo.
- Dificuldade em entender que **movimento relativo do solenóide inverte a corrente** mesmo em presença de fonte CC: alguns pensam que “com 10 V, a corrente nunca inverte, porque a fonte domina”.
- Pequeno grupo que não distingue “transformador ideal” (relação N_p/N_s pura) de “transformador real” (perdas e dispersão de fluxo) — por isso, acreditam que “distância não altera tensão”.
- Falta de clareza em quem diz “aumentar o número de espiras faz a lâmpada acender” sem explicar que “mais espiras = maior tensão induzida, pois mais voltas para o campo magnético variar”.

3. Predisposição para aprender (Ausubel)

- Em geral, as respostas mostram motivação para relacionar teoria e prática: a maioria testou movimentos, variações de espiras e de tensão, e observou diretamente o comportamento da lâmpada.
- As dúvidas remanescentes indicam que, ao criar situações de “movimentar solenóide” versus “movimentar ímã” e “usar fonte CC” versus “usar indução

isolada”, geram conflitos cognitivos que podem ser resolvidos por comparações dirigidas (por exemplo, “sem fonte vs. com fonte”).

4. Próximos passos na UEPS

- **Diferenciação Progressiva (Moreira):**

1. **Apresentação geral (nível mais inclusivo):** Revisitar o conceito de indução em termos puramente qualitativos (“movimento + bobina → corrente”) para consolidar nos que ainda misturam.

2. **Exemplos específicos (complexidade intermediária):** Mostrar dois cenários lado a lado:

- Bobina fixa + ímã variando velocidade → corrente proporcional a $d\Phi/dt$;
- Ímã fixo + bobina variando o posicionamento → mesmo efeito. Pedir que os alunos identifiquem qual configuração gera mais tensão, enfatizando que o que importa é a **variação do fluxo** e não o mero contato físico.

3. **Reconciliação integradora (nível mais alto):** Apresentar o transformador e o motor DC em contexto de sistemas de geração e utilização de energia (por ex., usina hidrelétrica → gerador → alta tensão → transformador → fornecimento residencial → motor de eletrodoméstico). Tarefa: cada grupo produza um “mapa conceitual” que conecte “motor caseiro”, “gerador virtual” e “transformador”, destacando fluxos energéticos e campos magnéticos em cada etapa.

- **Avaliação formativa contínua:**

- Observar em atividades práticas se cada aluno consegue identificar quando há **diferentes fontes de tensão** (fonte CC vs. fem induzida) e como isso afeta o circuito.
- Durante simulações em grupo, pedir que cada dupla explique oralmente, num minuto, “por que a lâmpada acende mais quando o ímã se move rápido” e “por que, mesmo com 10 V fixa, o movimento do solenoide pode inverter o sentido local da corrente”.

- **Avaliação somativa final:**

- Propor questões abertas que exigem integrar: “Você tem um sistema que consiste num motor elétrico alimentado pela rede (220 V), que precisa acionar um gerador mecânico para recarregar baterias. Descreva como você usaria conceitos de indução, número de espiras e transformadores para fazer isso de maneira eficiente, justificando cada passo.”

- Essa questão exigirá avaliar se o aluno compreendeu de forma integrada “campo ↔ corrente ↔ tensão ↔ torque ↔ transferência de energia via transformador”.

Anexo I – Roteiro Experimental – Mapeamento de Campo Magnético

Contexto

Nesse experimento vamos conhecer o campo magnético de um ímã por meio da visualização de suas linhas de força utilizando materiais simples do dia.

Tabela do material

- Ímãs (formatos diferentes)
- Limalha de Ferro
- Papel

Montagem

- Coloque um ímã sob uma folha de papel.
- Pulverize limalha de ferro levemente sobre o ímã e em torno dele.
- Observe a configuração das linhas de campo. Repita o experimento para outros formatos de ímãs que você tenha conseguido e para mais de um ímã sobre o papel ao mesmo tempo.

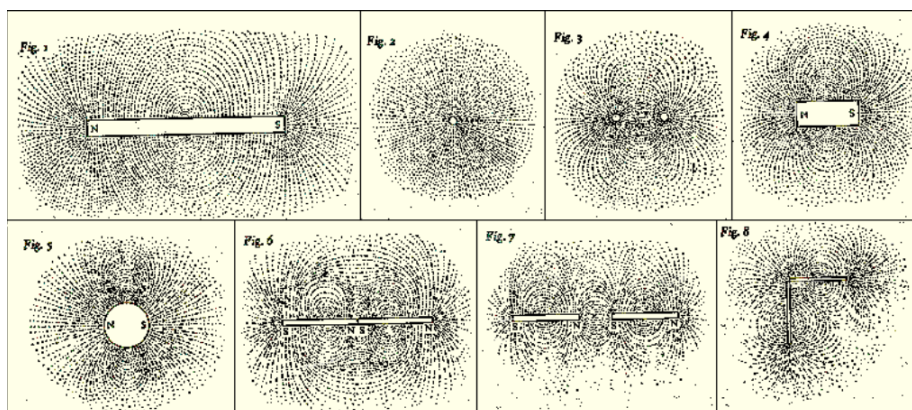


Figura 01 - Esquema de Montagem

Comentários

- Ao pulverizar a limalha de ferro sobre o ímã ou sobre o papel, dê pequenos "petelecos" na folha. Isto faz com que as limalhas se desprendam da folha e se alinhem com o campo, dando melhores resultados.

Anexo II – Roteiro Experimental – Experimento de Oersted

Contexto

Quando uma corrente elétrica atravessa um fio condutor, cria em torno dele um campo magnético. Este efeito foi verificado pela primeira vez por Hans Christian Oersted em abril de 1820. Ele observou que a agulha de uma bússola defletia de sua posição de equilíbrio quando havia próximo a ela um fio condutor pelo qual passava uma corrente elétrica.

Tabela do Material

- Um pedaço de fio condutor
- Pilha
- Bússola

Montagem

Coloque a bússola sobre uma mesa plana e longe da influência de campos magnéticos que não o terrestre, como o de alto-falantes, por exemplo.

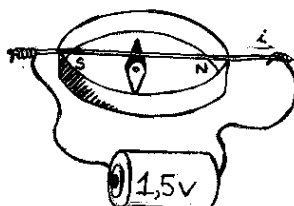
Coloque o fio sobre a bússola, no sentido de sua agulha.

Ligue o fio na pilha.

Comentários

O consumo de pilha é alto, pois, a corrente elétrica não tem resistência no percurso, ou seja, o circuito está em curto. Por isso, é aconselhável não deixar o circuito fechado por muito tempo desligando-o a cada demonstração. Outra maneira de resolver este problema é colocar uma resistência no circuito. Uma lâmpada de lanterna seria um bom resistor, mas daí serão necessárias duas pilhas, visto que uma lâmpada necessita de no mínimo 1,5 volts.

Esquema Geral de Montagem:



Anexo III – Roteiro Experimental – Construindo um Ímã

Contexto

Na aula anterior fomos apresentados a uma propriedade da corrente elétrica, que é, criar um campo magnético. Neste experimento teremos a oportunidade de construir um ímã que podemos desligar ou ligar, aumentar ou diminuir sua intensidade, um ímã com base elétrica, ou seja, um eletroímã.

Tabela do Material

- Fio esmaltado (0,5m a 1m)
- Pilha (tamanhos e intensidades variadas)
- 1 Prego grande (17x21 ou acima)
- Bússola
- Pregos pequenos
- Clipes de papel

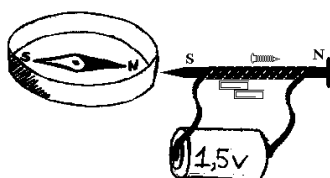
Montagem

- Primeiramente deve-se dar voltas em torno do prego com o fio esmaltado, tome cuidado para deixar as pontas livres, com pelo menos 2 cm de comprimento cada.
- Descasque ou raspe as pontas para que possam ser conectadas a pilha ou bateria.
- Agora é só ligas as pontas livres a pilha ou bateria.
- Utilize a bússola, clipes de papel e pregos pequenos para conduzir testes de eficiência do eletroímã.

Comentários

O consumo de pilha é alto, pois, a corrente elétrica não tem resistência no percurso, ou seja, o circuito está em curto. Por isso, é aconselhável não deixar o circuito fechado por muito tempo desligando-o a cada demonstração.

Esquema geral de montagem



Anexo IV – Roteiro Experimental – Motor Elétrico

Contexto

Com os conhecimentos adquiridos até aqui, podemos utilizar a energia elétrica associada ao ímã na produção de movimento, basicamente, transformaremos energia elétrica em movimento utilizando o motor que será construído pelos grupos.

Tabela do material

- Fio de cobre esmaltado (1m a 2m)
- Um objeto cilíndrico de cerca de 3 cm de diâmetro
- Tiras de lata
- Pilha (tamanhos e intensidades variadas)
- Ímã
- Clips de papel
- Fita isolante
- Lixa de madeira

Montagem

- Para fazer a bobina, enrola-se o fio de cobre num cano ou qualquer outro objeto cilíndrico, com cerca de 3 cm de diâmetro. Deve-se deixar livre duas pontas de aproximadamente 2 cm de comprimento, em cada extremidade, conforme a figura 01 a seguir.

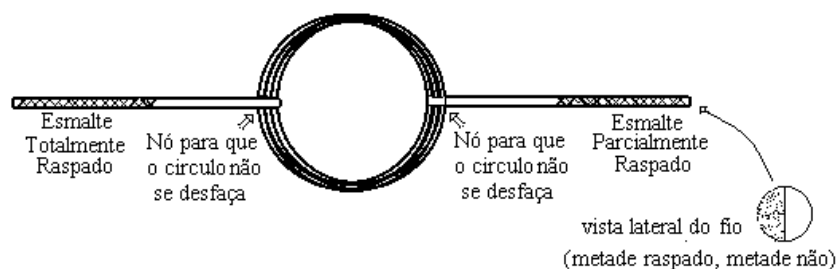


Figura 01 – Esquema de Montagem da bobina

- Deve-se raspar com uma lâmina todo o esmalte de uma das extremidades, dando uma volta completa.
- Após, para a outra extremidade, deve-se raspar o esmalte de meia volta do fio apenas. Se olhar de um lado da bobina ambas as pontas estarão raspadas e,

no outro lado da bobina somente uma das pontas fica raspada, desse modo a corrente elétrica vai fluir quando ambos os contatos estiverem nos clips e irá cessar quando o lado com a ponta não raspada ligar-se aos clips de papel, assim não haverá campo magnético em torno da bobina.

- Os suportes das bobinas serão feitos utilizando os clips de papel, eles serão dobrados e conectados a pilha ou bateria de modo que formem ganchos onde será inserida a bobina de modo que ele fique livre para girar.
- Agora, vamos ligar os fios de cobre com os clips de papel que estão conectados as pilhas, prestando atenção para não deixar a faixa esmaltada (sem lixar) das pontas da bobina em contato com os clips de papel.

Finalmente podemos aproximar o ímã ao circuito e observar o que acontece. Provavelmente não irá funcionar, então, dê uma pequena ajuda girando a bobina, se ainda assim não funcionar, discuta com seu grupo e reveja cada passo.

Comentários

Pode ser que o motor não funcione na primeira tentativa, devido a sua simplicidade, tenha paciência e realize alguns testes até que ele funcione adequadamente.

Há determinadas combinações de formas diferentes de se ligar os polos da bateria aos cliques e mesmo da posição da espira sobre os clips. Mas algumas poucas tentativas devem levar a uma das combinações corretas.