

3ª SÉRIE

ENSINO MÉDIO
Caderno do Professor
Volume 1

FÍSICA

Ciências da Natureza

Distribuição gratuita,
venda proibida



Secretaria da Educação



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO

MATERIAL DE APOIO AO
CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO

CADERNO DO PROFESSOR

FÍSICA

ENSINO MÉDIO

3ª SÉRIE

VOLUME 1

Nova edição

2014-2017

São Paulo

Governo do Estado de São Paulo

Governador

Geraldo Alckmin

Vice-Governador

Guilherme Afif Domingos

Secretário da Educação

Herman Voorwald

Secretário-Adjunto

João Cardoso Palma Filho

Chefe de Gabinete

Fernando Padula Novaes

Subsecretária de Articulação Regional

Rosania Morales Morrone

**Coordenadora da Escola de Formação e
Aperfeiçoamento dos Professores – EFAP**

Silvia Andrade da Cunha Galletta

**Coordenadora de Gestão da
Educação Básica**

Maria Elizabete da Costa

**Coordenadora de Gestão de
Recursos Humanos**

Cleide Bauab Eid Bochixio

**Coordenadora de Informação,
Monitoramento e Avaliação
Educativa**

Ione Cristina Ribeiro de Assunção

**Coordenadora de Infraestrutura e
Serviços Escolares**

Ana Leonor Sala Alonso

**Coordenadora de Orçamento e
Finanças**

Claudia Chiaroni Afuso

**Presidente da Fundação para o
Desenvolvimento da Educação – FDE**

Barjas Negri

Senhoras e senhores docentes,

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo sente-se honrada em tê-los como colaboradores nesta nova edição do *Caderno do Professor*, realizada a partir dos estudos e análises que permitiram consolidar a articulação do currículo proposto com aquele em ação nas salas de aula de todo o Estado de São Paulo. Para isso, o trabalho realizado em parceria com os PCNP e com os professores da rede de ensino tem sido basal para o aprofundamento analítico e crítico da abordagem dos materiais de apoio ao currículo. Essa ação, efetivada por meio do programa Educação — Compromisso de São Paulo, é de fundamental importância para a Pasta, que despende, neste programa, seus maiores esforços ao intensificar ações de avaliação e monitoramento da utilização dos diferentes materiais de apoio à implementação do currículo e ao empregar o *Caderno* nas ações de formação de professores e gestores da rede de ensino. Além disso, firma seu dever com a busca por uma educação paulista de qualidade ao promover estudos sobre os impactos gerados pelo uso do material do São Paulo Faz Escola nos resultados da rede, por meio do Saresp e do Ideb.

Enfim, o *Caderno do Professor*, criado pelo programa São Paulo Faz Escola, apresenta orientações didático-pedagógicas e traz como base o conteúdo do Currículo Oficial do Estado de São Paulo, que pode ser utilizado como complemento à Matriz Curricular. Observem que as atividades ora propostas podem ser complementadas por outras que julgarem pertinentes ou necessárias, dependendo do seu planejamento e da adequação da proposta de ensino deste material à realidade da sua escola e de seus alunos. O *Caderno* tem a proposição de apoiá-los no planejamento de suas aulas para que explorem em seus alunos as competências e habilidades necessárias que comportam a construção do saber e a apropriação dos conteúdos das disciplinas, além de permitir uma avaliação constante, por parte dos docentes, das práticas metodológicas em sala de aula, objetivando a diversificação do ensino e a melhoria da qualidade do fazer pedagógico.

Revigoram-se assim os esforços desta Secretaria no sentido de apoiá-los e mobilizá-los em seu trabalho e esperamos que o *Caderno*, ora apresentado, contribua para valorizar o ofício de ensinar e elevar nossos discentes à categoria de protagonistas de sua história.

Contamos com nosso Magistério para a efetiva, contínua e renovada implementação do currículo.

Bom trabalho!

Herman Voorwald
Secretário da Educação do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

Orientação sobre os conteúdos do volume 6

Tema 1 – Circuitos elétricos 9

Situação de Aprendizagem 1 – Reconhecendo a eletricidade no dia a dia 9

Situação de Aprendizagem 2 – Entendendo as especificações dos aparelhos 14

Situação de Aprendizagem 3 – Analisando um circuito elétrico 18

Situação de Aprendizagem 4 – Choques elétricos 25

Situação de Aprendizagem 5 – Dimensionando o circuito doméstico 30

Situação de Aprendizagem 6 – Energia elétrica e a conta de luz mensal 34

Grade de avaliação 37

Propostas de questões para aplicação em avaliação 39

Tema 2 – Campos e forças eletromagnéticas 42

Situação de Aprendizagem 7 – Percepção dos campos e sua natureza 43

Situação de Aprendizagem 8 – Estimando grandezas 46

Situação de Aprendizagem 9 – Conhecendo as linhas de campo magnético de um ímã 51

Situação de Aprendizagem 10 – Campo magnético de uma corrente elétrica 56

Situação de Aprendizagem 11 – Gerando eletricidade com um ímã 63

Grade de avaliação 67

Propostas de questões para aplicação em avaliação 69

Proposta de Situação de Recuperação 74

Tema 3 – Motores e geradores: produção de movimento 75

Situação de Aprendizagem 12 – Construindo um motor elétrico 75

Situação de Aprendizagem 13 – Entendendo os geradores elétricos 80

Grade de avaliação 83

Propostas de questões para aplicação em avaliação 84

Tema 4 – Produção e consumo de energia elétrica 87

Situação de Aprendizagem 14 – Compreendendo o funcionamento das usinas elétricas 87

Situação de Aprendizagem 15 – Compreendendo uma rede de transmissão 91

Situação de Aprendizagem 16 – Energia elétrica e uso social 95

Grade de avaliação 101

Propostas de questões para aplicação em avaliação 102

Proposta de Situação de Recuperação 105

Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema 106

Considerações finais 109

Quadro de conteúdos do Ensino Médio 110

ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO VOLUME

Este Caderno propõe Situações de Aprendizagem que foram elaboradas com o propósito de auxiliar o professor no desenvolvimento de um ensino de Física mais instigante para seus alunos e que, ao mesmo tempo, contribua para a formação de indivíduos capazes de participar do processo de transformação da sociedade de forma mais consciente com relação às questões sociais, ambientais e tecnológicas.

Na primeira parte do Caderno, apresentamos o tema “Circuitos elétricos”, composto de seis Situações de Aprendizagem; na segunda, o tema “Campos e forças eletromagnéticas” é desenvolvido em cinco Situações de Aprendizagem; na terceira, o tema “Motores e geradores: produção de movimento” é composto de duas Situações de Aprendizagem; e a quarta parte apresenta o tema “Produção e consumo de energia elétrica”, desenvolvido em três Situações de Aprendizagem.

As primeiras Situações de Aprendizagem propõem o estudo dos circuitos elétricos e das propriedades elétricas e magnéticas da matéria. Esses conteúdos permitem a solução de questões do cotidiano que envolvem o uso da eletricidade, como as instalações residenciais e industriais, as redes de transmissão e as usinas de produção de eletricidade.

As propriedades elétricas e magnéticas muitas vezes passam despercebidas em nosso dia a dia. Contudo, elas são necessárias para a compreensão de inúmeros fenômenos presentes no cotidiano, especialmente na atualidade. Como seria o mundo se não houvesse a interação eletromagnética?

O funcionamento de um motor elétrico, as informações gravadas nos *pen drives* e a pro-

dução de energia elétrica em grande escala dependem dessas interações. Esses são apenas alguns exemplos que podem auxiliar os alunos na tomada de consciência da importância de estudar fenômenos e modelos eletromagnéticos e suas aplicações.

A opção pelo estudo de situações aplicadas, e não apenas de problemas idealizados, se deve ao fato de a eletricidade ter se tornado a principal responsável pela transformação ocorrida na sociedade moderna na virada do século XIX para o século XX.

O estudo do conceito de campo elétrico introduz um tema central para o entendimento do mundo microscópico e para todo o desenvolvimento da Física moderna.

Várias atividades deste Caderno iniciam o estudo dos temas pelo levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, em termos de conceitos e linguagem.

Esse tipo de procedimento propõe desenvolver competências no domínio da interpretação e da representação pela reconstrução de conceitos e pela adequação da linguagem matemática e científica. Por exemplo, iniciamos o estudo da eletricidade mostrando que várias tarefas do cotidiano são realizadas por meio de equipamentos elétricos.

Há uma sequência de atividades cujo foco é a análise das especificações desses equipamentos e suas classificações. Isso permite introduzir os alunos no estudo das características elétricas de aparelhos e da rede doméstica por meio dos conceitos de potência, corrente, tensão e resistência.

A Lei de Ohm e o modelo microscópico da corrente elétrica são introduzidos após o re-

conhecimento das características elétricas dos equipamentos, por meio de uma experiência qualitativa com lâmpadas e pilhas.

Os conceitos de potência, corrente, tensão e resistência estão relacionados a importantes leis da Física e seu conhecimento abre espaço para a construção adequada de uma representação científica da eletricidade. Essa representação é também utilizada para entender o “choque” elétrico.

A unidade empregada no cotidiano para medida de consumo de energia elétrica, o quilowatt-hora, é analisada e entendida em termos de conceitos científicos. O domínio desses conceitos permite analisar os equipamentos que mais consomem energia elétrica, compreender a forma como ela é tarifada e as maneiras corretas de utilizar e manter o bom funcionamento da rede elétrica doméstica.

O segundo tema deste Caderno introduz o estudo das propriedades da matéria que estão na origem dos fenômenos elétricos presentes no cotidiano. A eletricidade atmosférica recupera uma questão histórica importante no desenvolvimento da Física, cujo exemplo mais comum a ser abordado é o estudo dos raios. Entender a sua origem e representá-la por um modelo de cargas e corrente permite ampliar a visão de mundo, generalizando o uso dos conceitos aprendidos.

O estudo dos campos elétricos e magnéticos é iniciado com a identificação deles, posteriormente, propondo um aprofundamento na relação entre eles. Esse estudo é realizado experimentalmente, com a utilização de materiais simples, procurando desenvolver competências no domínio da observação crítica, da tomada de dados, da interpretação conceitual, da percepção de aspectos presentes nos modelos científicos e da linguagem matemática e científica.

A análise mais detalhada do campo magnético tem início com o estudo das propriedades de um ímã, por meio do mapeamento de sua influência no espaço com uso de limalhas de ferro. Em seguida, um novo estudo é feito com uma bússola no entorno de um fio percorrido por corrente elétrica. As situações de geração da eletricidade com magnetismo, e vice-versa, levam ao conceito de campo eletromagnético.

A unificação da eletricidade e do magnetismo sob uma perspectiva histórica fecha essa segunda parte. O conceito de campo é uma das ideias mais importantes da Física do século XIX, fundamentando leis físicas importantes. Seu conhecimento abre espaço para a construção adequada de uma representação científica unificada das interações, neste caso, elétricas e magnéticas.

O tema seguinte aborda o funcionamento dos geradores e dos motores elétricos. Nesse estudo, os campos eletromagnéticos são empregados como ferramentas conceituais para que se entenda a geração de eletricidade pelo movimento e vice-versa.

A abordagem também é feita a partir de atividades experimentais com materiais simples. Experimentos com um motor simplificado e com um dínamo permitem manipular e ensaiar usos práticos da interação eletricidade-magnetismo e possibilitam compreender essa interação.

A ideia principal é propiciar, além do conhecimento de aspectos conceituais para posterior formalização, a compreensão dos elementos básicos dos principais aparelhos e equipamentos elétricos presentes em nosso cotidiano.

O tema final deste Caderno introduz os alunos ao estudo dos modos de produção e transmissão de energia elétrica em grande escala. Eles são fundamentais para enfrentar os desafios do crescimento econômico e sua dependência das fontes de energia.

A base de funcionamento de uma usina hidrelétrica é usada como modelo para o entendimento de diversos processos de produção de energia em grande escala, como os de usinas eólicas, nucleares, termoeletricas etc. O estudo da matriz energética do país abre a possibilidade para situar o Brasil no cenário econômico mundial e avaliar as medidas para a manutenção do crescimento sustentável. Avaliar soluções que garantam esse desenvolvimento, com a preservação das condições de vida na Terra, depende da capacidade de pensar com base em informação especializada e de tomar decisões com a clareza de que não existem respostas absolutas aos problemas sociais da modernidade.

Construir e aplicar conceitos para a compreensão de fenômenos naturais e também tomar decisões e enfrentar situações-problema são a tônica das Situações de Aprendizagem propostas neste Caderno, o que pode ser identificado nas problematizações que solicitam a participação dos alunos nas suas soluções.

O desenvolvimento da competência de relacionar informações para construir argumentação consistente está presente em vários momentos do desenvolvimento das atividades, particularmente naquele que trata da relação entre produção de energia e qualidade de vida, no qual os alunos terão a oportunidade de debater, argumentar e elaborar propostas sobre formas de reduzir o consumo de energia elétrica.

Também na Situação de Aprendizagem 6, intitulada “Energia elétrica e a conta de luz mensal”, os alunos devem decidir sobre formas de reduzir o consumo de energia elétrica; e na Situação de Aprendizagem 5, “Dimensionando o circuito doméstico”, eles precisam desenvolver propostas de intervenção segura no cotidiano, recorrendo aos conhecimentos adquiridos.

As estratégias utilizadas para o desenvolvimento das competências e habilidades específicas, a partir dos conhecimentos da Física, foram escolhidas de forma a valorizar a ação e a autonomia dos alunos, seus conhecimentos prévios e a interação dinâmica entre eles e o professor.

Para complementar as discussões e os encaminhamentos dessas Situações, estão previstos momentos em que outras ações devem ser programadas por você, professor. Elas são fundamentais para a adequação dessa proposta ao trabalho com os grupos de alunos de cada sala de aula.

Nessas aulas, você poderá desenvolver sua programação específica para complementar as Situações de Aprendizagem deste Caderno com as definições mais formais dos conceitos, análises gráficas não contempladas nas atividades e a resolução de exercícios numéricos encontrados nos livros didáticos de Física do Ensino Médio.

TEMA 1 – CIRCUITOS ELÉTRICOS

Os circuitos elétricos são talvez o tema da eletricidade mais presente no cotidiano moderno. Para se certificar disso, basta recordarmos da última noite em que houve corte no fornecimento de energia elétrica. *Qual foi a reação de todos em casa? Como você se sentiu?* Provavelmente ansiosos e desorientados! Entender como a eletricidade permite a realização de tarefas como iluminar, rotacionar, produzir imagens, é fundamental para um cidadão moderno. A eletricidade é um bem de consumo caro, e deve ser bem utilizado. Portanto, compreender nomenclaturas, especificações e unidades técnicas é fundamental.

As situações cotidianas fornecem inúmeros exemplos de circuitos elétricos, como a distribuição de tomadas, interruptores e pontos de luz em uma residência, a fiação de rua etc. Reconhecer um circuito elétrico e compreender a forma como os equipamentos funcionam exigem conhecimentos sobre a corrente elétrica e como ela percorre diferentes materiais.

A presente proposta visa ao reconhecimento dos circuitos elétricos domésticos; ao entendimento sobre os princípios básicos do funcionamento dos equipamentos elétricos;

ao dimensionamento de consumo; e à tarifação da energia elétrica.

A Situação de Aprendizagem 1 tem como objetivo mostrar a presença da eletricidade em nossa vida, ressaltando as características dos equipamentos elétricos. A Situação de Aprendizagem 2 complementa a primeira e trata da categorização dos aparelhos, a partir de suas características. A Situação de Aprendizagem 3 propõe o estudo experimental de um circuito elétrico, identificando os principais elementos e as grandezas nele presentes, permitindo uma comparação com os circuitos domésticos. A Situação de Aprendizagem 4 discute os perigos e os cuidados a serem tomados com a eletricidade. Por meio de uma entrevista, será estudado o “choque” e seus efeitos sobre o corpo humano, com o objetivo de revelar ideias e concepções de profissionais que lidam com a eletricidade. A Situação de Aprendizagem 5 discutirá a importância do dimensionamento de instalações elétricas domésticas e possibilitará a interpretação dos manuais dos eletrodomésticos, para minimizar os riscos de acidentes nas instalações elétricas. Fechando esse tema, será discutido, na Situação de Aprendizagem 6, o consumo e o uso racional da energia elétrica, utilizando, como exemplo concreto, uma conta de energia elétrica.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 RECONHECENDO A ELETRICIDADE NO DIA A DIA

Esta Situação de Aprendizagem tem como objetivos possibilitar aos alunos o reconhecimento da eletricidade e sua classificação nos usos cotidianos. A ideia é recuperar e organizar situações vivenciadas pelos alunos que, para ocorrerem, requeiram o uso da eletricidade. Solicitar a eles que obtenham informa-

ções sobre situações que envolvam o uso da eletricidade; assim, ordenar os equipamentos será tarefa fácil. Mais difícil, porém, será classificar as situações listadas. Para isso, você deverá ficar atento às características e aos princípios de funcionamento dos equipamentos e situações trazidos pelos alunos.

Conteúdos e temas: equipamentos elétricos e suas características de funcionamento.

Competências e habilidades: identificar a presença da eletricidade no cotidiano; classificar os equipamentos elétricos a partir de seu uso em tarefas cotidianas.

Sugestão de estratégias: atividade de organização de conhecimentos prévios dos alunos a partir de discussão em grande grupo e reconhecimento da eletricidade no cotidiano.

Sugestão de recursos: roteiros 1.1 e 1.2 de atividades em grupo visando à catalogação e à classificação de equipamentos elétricos.

Sugestão de avaliação: avaliar as respostas dadas pelos alunos ao questionário; os resultados da classificação dos aparelhos em tabelas; o envolvimento no desenvolvimento da atividade, por meio de participação e contribuições para o enriquecimento das discussões em grupo.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Inicie com uma discussão coletiva em que seja problematizado o papel da eletricidade em nosso dia a dia. Convide os alunos a refletirem sobre a importância da eletricidade em nossa vida. Questões como: *Você já pensou no mundo atual sem eletricidade? Como seria o seu dia a dia sem ela?* têm o objetivo de fazê-los refletir sobre a utilização corriqueira da eletricidade que, por isso mesmo, tem sua importância esquecida.

Em seguida, organize os alunos em grupos de cinco componentes. Enquanto pensam so-

bre as questões propostas no item Reconhecendo a eletricidade no dia a dia (roteiro 1.1), passe de grupo em grupo estimulando-os a responder às questões.

Utilize os 15 minutos finais da aula para uma sistematização coletiva. Solicite aos alunos que respondam quais foram as atividades listadas e anote-as na lousa. Feito isso, sugira a eles que façam uma classificação dessas tarefas para que possam, em conjunto, montar uma tabela na lousa e completá-la.

Sugerimos uma tabela possível para a atividade. Obviamente essa não é a única maneira de separar as tarefas.

Tarefas realizadas com equipamentos elétricos	Tarefas realizadas sem equipamentos elétricos

Tabela 1.

Roteiro 1.1 – Reconhecendo a eletricidade no dia a dia

1. Faça uma lista das atividades que você realizou hoje desde o momento em que saiu da cama.
2. Em quais dessas atividades você utilizou eletricidade?
3. Existem outras atividades que ainda serão realizadas no decorrer do dia e que utilizarão eletricidade? Quais?
4. Você consegue apontar uma atividade que utilize eletricidade sem ser um aparelho elétrico ou tecnológico? Se sim, quais?
5. É possível separar todas essas atividades que envolvem eletricidade em grupos com características comuns? Quais são esses grupos?

As respostas às questões 1 a 5 dependerão de cada turma.

Para iniciar o desenvolvimento de Ordenando os aparelhos elétricos (roteiro 1.2), coloque as seguintes questões: *Todos os aparelhos elétricos são iguais? O que diferencia um aparelho elétrico de outro?* O objetivo é levar os alunos a refletir sobre uma maneira de separar os equipamentos e, assim, perceber que eles utilizam a eletricidade de maneiras distintas.

Divida os alunos em grupos (de, no máximo, cinco componentes) e instrua-os a iniciar o item Ordenando os aparelhos elétricos (roteiro 1.2). Solicite a eles que respondam às questões, passe pelos em grupos e estimule-os a ampliar a discussão. Se algum aluno quiser acrescentar outros aparelhos que não se encontram na

lista, aceite. Para isso, peça apenas que os adicione ao lado da tabela e classifique-os com os demais.

Monte na lousa, com a participação dos alunos, uma tabela que separe cada aparelho por grupo. Isso fará que eles exponham os critérios utilizados na classificação. Assim, cada coluna da tabela deverá conter um desses critérios, por exemplo, uma coluna para aparelhos que esquentam, outra para aparelhos que têm rotação e assim por diante. A tabela que será construída deve conter as categorias fundamentais que se quer discutir com a classe, conforme o exemplo a seguir.

Resistores	Motores	Fontes/geradores	Comunicadores	Outros
Chuveiro	Ventilador	Pilha	Televisão	Geladeira
Secador	Furadeira	Bateria	Computador	Lâmpada

Tabela 2.

Use os 10 minutos finais para explorar a presença de características que fazem que os equipamentos possam ser agrupados em determinada categoria, no caso os resistores, os motores, as

fontes e os equipamentos de comunicação e informação. Destaque que alguns equipamentos, como as lâmpadas e a furadeira, podem ser classificados em dois grupos: motores e resistores.

Roteiro 1.2 – Ordenando os aparelhos elétricos

Utilizamos vários aparelhos elétricos diariamente, e todos eles são diferentes uns dos outros. Você já parou para pensar o que diferencia um aparelho do outro?

Para tentar responder a essa pergunta, relacionamos na tabela a seguir alguns aparelhos elétricos. Em seu caderno, agrupe-os utilizando um critério e, em seguida, responda às questões.

Chuveiro	Aquecedor elétrico	Batedeira	Secador de cabelo
Aparelho de barbear	Furadeira	Lâmpada	Telefone
Pilha	Computador	Tomada	Liquidificador
Microfone	Bateria de carro	Torradeira	Televisão
Lâmpada fluorescente	Geladeira	DVD <i>player</i>	Lavadora
Ferro de passar	Secadora de roupas	Ventilador	Dinamo

Tabela 3.

1. Quais foram os critérios de classificação que você adotou para agrupar os aparelhos elétricos?
2. Por que você considera esses critérios adequados para agrupar os aparelhos? Você consegue pensar em outros? Quais?

3. É possível identificar algum elemento característico em cada grupo? Qual?

As respostas a essas questões dependerão de cada turma.

Agora, discuta com seus colegas e observe se todos concordam com a separação dos aparelhos nos grupos de acordo com os critérios estabelecidos.

Encaminhando a ação

O objetivo da proposta do roteiro 1.1 é que os alunos entendam que a eletricidade está muito presente na vida deles, desde os sentidos (visão, audição, paladar, olfato e tato), passando pelos fenômenos naturais até os objetos concretos, como o motor dos automóveis. Essa percepção de que as tarefas não se restringem a atividades realizadas com aparelhos elétricos levará os alunos a ampliar a concepção sobre a presença da eletricidade.

O roteiro 1.2 pretende levar os alunos a refletir sobre critérios para separar e agrupar

equipamentos e, dessa forma, perceber que eles utilizam a eletricidade de maneira distinta.

Continue a trabalhar com os alunos a importância da eletricidade aplicando as seguintes questões e o próximo texto.

Refletindo sobre a eletricidade

Depois de abordar a presença e a importância da eletricidade, os alunos podem reavaliar as respostas das questões propostas no início desta Situação de Aprendizagem.

1. Você já imaginou o mundo atual sem a eletricidade?

Resposta pessoal.

2. Como seria seu dia a dia sem eletricidade?

Resposta pessoal.

3. O que diferencia um aparelho do outro?

Espera-se que os alunos respondam que o que diferencia um aparelho elétrico de outro é a transformação de energia elétrica em térmica, mecânica, luminosa e outras, além das diferentes finalidades.

4. Os equipamentos elétricos podem ser classificados em grupos (segundo a tabela montada em sala de aula). A qual grupo você acredita que pertençam os equipamentos a seguir?

a) cafeteira elétrica: resistores.

b) rádio: comunicadores.

c) bateria de celular: fonte.

d) aspirador de pó: motores.



Eletricidade no corpo humano: impulsos elétricos do olho para o cérebro

A visão é um dos sentidos que dominam a vida da maioria das pessoas. Ela começa quando a luz refletida pelos objetos que observamos atinge nosso olho. Após atravessar várias substâncias transparentes, é formada uma imagem invertida do objeto numa região do olho chamada retina.

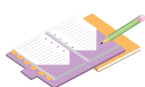
A retina é uma membrana transparente, cujo formato é semelhante ao fundo de uma concha. Nas células da retina encontram-se substâncias químicas que são sensíveis à luz. A incidência da luz sobre essas substâncias produz impulsos elétricos que são enviados para uma determinada região do cérebro através do nervo óptico. Embora a imagem na retina seja invertida, no cérebro ela é interpretada na posição normal.

GRAF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Eletromagnetismo 1. Onde não está a eletricidade?* São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 4. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro1.pdf>>.

Acesso em: 28 maio 2013.

1. Identifique outros sentidos, além da visão, que produzem impulsos elétricos no corpo humano.

Tato, audição, paladar, olfato. Todos os sentidos do ser humano utilizam impulsos elétricos para serem percebidos, desde o receptor até chegar ao cérebro.



1. Escreva uma frase que defina a vida moderna em relação à eletricidade.

É importante que os alunos construam uma frase que reconheça a importância vital que a energia

elétrica tem na vida moderna dos seres humanos. A frase pode conter alguns exemplos que mostrem essa dependência, como a dificuldade de armazenamento de alimentos perecíveis, a impossibilidade de executar diversos procedimentos cirúrgicos em hospitais, a falta de controle de tráfego de carros e aviões etc.

2. A partir do que foi estudado, destaque as características dos equipamentos classificados nos seguintes grupos:

a) resistivos: resistência elétrica.

- b) **motores:** motores elétricos.
- c) **comunicadores:** elementos de comunicação e informação.
- d) **fontes:** fornecimento de energia elétrica.

3. O simples fato de sentir o cheiro de algo ou o gosto de um alimento está ligado a processos psicológicos de caráter elétrico. A partir dessa informação, reflita sobre a eletricidade na realização de funções vitais ao ser humano, por exemplo, na respiração. Escreva em seu caderno um texto expondo suas ideias a esse respeito.

Verifique se o texto dos alunos relacionam os sentidos humanos a impulsos elétricos que levam as informações de receptores ao cérebro.

Para reforçar o conteúdo, sugerimos mais algumas atividades:

1. Escolha um aparelho, dispositivo ou equipamento elétrico (gravador, telefone, lâmpada, relógio, bateria) e descreva as modificações tecnológicas pelas quais ele passou nos últimos anos.

Resposta pessoal.



1. Identifique em sua casa todos os aparelhos elétricos e classifique-os segundo os critérios estabelecidos anteriormente.

Espera-se que os alunos exercitem a classificação estabelecida na sala de aula sobre os equipamentos elétricos.

2. Além dos equipamentos elétricos, dê, pelo menos, três exemplos do uso da eletricidade no dia a dia.

Em motores a combustão, nos sentidos do ser humano, em fogão com acendimento automático e na natureza.

Se tiver tempo para enriquecer ainda mais a aula, utilize um livro didático de sua preferência ou algumas das sugestões de referência que apresentamos na seção Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno, no fim deste Caderno.

Depois de realizar as atividades com os alunos e eles terem percebido que a eletricidade está presente em muito mais coisas em nossa vida, é necessário, para encaminhar a próxima atividade, que eles realizem a primeira parte da Situação de Aprendizagem 2 em casa. Ou seja, instrua-os a completar a tabela com as informações trazidas nas chapinhas de identificação ou manuais dos aparelhos.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 ENTENDENDO AS ESPECIFICAÇÕES DOS APARELHOS

Nesta Situação de Aprendizagem, faremos o levantamento das especificações dos aparelhos elétricos com o objetivo de reconhecer as grandezas físicas presentes, destacando sua importância para o bom

funcionamento do aparelho. A ideia básica é solicitar aos alunos que busquem nas “plaquinhas” de especificação de cada aparelho, de suas casas e lojas, as grandezas nelas apresentadas.

Conteúdos e temas: resistores, motores, fontes, potência e consumo de energia elétrica.

Competências e habilidades: identificar elementos que caracterizam a transformação da energia elétrica; iniciar a discussão das grandezas apresentadas, tais como resistência elétrica, corrente elétrica, tensão, energia e potência elétrica.

Sugestão de estratégias: atividade de organização de informações recolhidas pelos alunos em casa; discussão em grupos, usando os dados pesquisados para iniciar a conceituação das principais grandezas da eletricidade.

Sugestão de recursos: levantamento de especificações de equipamentos elétricos presentes no cotidiano dos alunos; roteiro 2 de atividade para discussão em grupo.

Sugestão de avaliação: avaliar os resultados da pesquisa realizada pelos alunos; as respostas das questões da atividade; o envolvimento dos alunos no desenvolvimento da atividade, por meio de sua participação e das contribuições para o enriquecimento das discussões em grupo.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Inicie a Situação de Aprendizagem pedindo aos alunos que apresentem os resultados da pesquisa sobre as especificações

dos aparelhos. Reproduza na lousa a tabela com os dados trazidos por eles e, em seguida, discuta os símbolos encontrados e as grandezas relacionadas. Organize a classe em grupos e dê início à discussão sobre a potência elétrica.

Roteiro 2 – Buscando as especificações dos aparelhos

Procure em sua casa as etiquetas com as especificações ou os manuais de cada aparelho que você possui.

Copie na tabela a seguir as grandezas apresentadas. Por exemplo, em um ferro de passar roupa temos as seguintes grandezas: 750 W, 127 V, 50-60 Hz.

Depois de ter encontrado os valores das grandezas nos equipamentos de sua casa e preenchido a tabela, responda às perguntas:

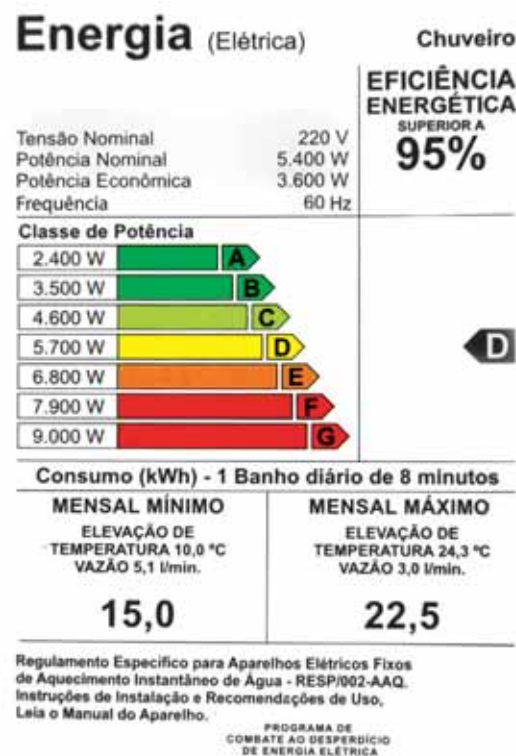


Figura 1.

Aparelhos	Grandeza 1	Grandeza 2	Grandeza 3	Grandeza 4
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Tabela 4.

1. Por que os aparelhos apresentam essas especificações?

Para fornecer os dados das principais grandezas, especificando seu rendimento, suas condições de uso correto e requisitos para o dimensionamento da rede elétrica.

2. O que pode acontecer com o aparelho se as especificações não forem obedecidas? Explique.

Caso alguma especificação não seja obedecida, as condições de funcionamento do equipamento ficarão comprometidas. Por exemplo, se a fiação especificada em um chuveiro não for correta, poderá ocorrer um superaquecimento e um curto-circuito.

3. Você sabe o que significam os símbolos que aparecem nas especificações dos aparelhos? Explique.

Em geral, os símbolos representam as unidades de medida das grandezas físicas.

4. Que símbolos representam as unidades de corrente, tensão, potência e frequência de cada aparelho?

Corrente elétrica - ampere (A); tensão - volt (V); potência - watt (W); frequência - hertz (Hz).

5. Qual grandeza pode ajudar você na avaliação do consumo de energia elétrica? Por quê?

A potência elétrica, pois mede a quantidade de energia consumida por unidade de tempo.

6. Existe um elemento comum nos aparelhos apontados na tabela da atividade Ordenando os aparelhos elétricos (Situação de Aprendizagem 1) que apresentem potência alta? Qual?

Sim, normalmente os resistores são os equipamentos com as maiores potências e, dependendo do tempo que ficam ligados, consomem grande quantidade de energia.

Encaminhando a ação

Nesta Situação de Aprendizagem é importante destacar que a potência é fundamental na avaliação sobre o gasto de energia dos aparelhos, mas que o consumo também está diretamente relacionado ao tempo de uso do aparelho. Esse é um aspecto importantíssimo a ser observado e comentado com os alunos.

Parte dessa aula servirá para o desenvolvimento conceitual das grandezas (formalização) obtidas na pesquisa, como corrente, resistên-

cia, tensão e potência elétrica. É importante que fique claro para os alunos que, em um circuito, há passagem da corrente elétrica através dos equipamentos, por exemplo, no filamento da lâmpada, na resistência de um chuveiro elétrico ou no rotor de um motor elétrico.

Para enriquecer a aula, seria interessante que os alunos lessem algo mais sobre o assunto.

Para que os símbolos pesquisados na atividade do roteiro 2 possam ser melhor compreendidos, é necessário que você defina for-

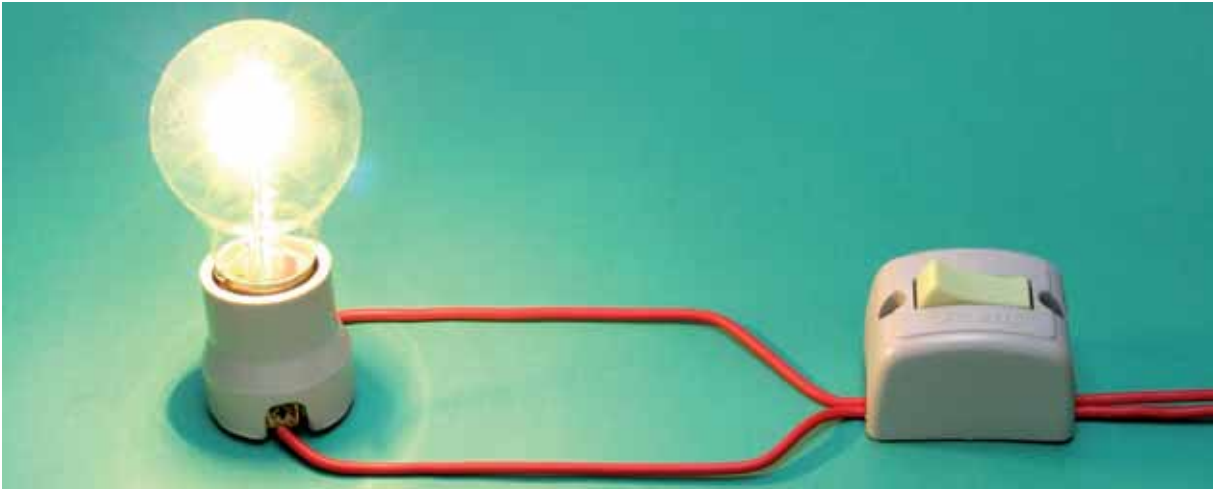


Figura 2. Lâmpada e corrente alternada.

malmente as grandezas representadas por esses símbolos. Destaque o que são tensão, corrente, potência e frequência, ou seja, as grandezas que mais aparecem nas especificações. Você pode utilizar um livro didático de sua preferência ou consultar a seção Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno, no fim deste Caderno.

As atividades apresentadas no próximo item são indicadas para ajudar os alunos a compreender melhor o consumo de energia.

Verificando e comparando as especificações dos aparelhos

Na embalagem de chuveiros elétricos é possível encontrar etiquetas com especificações, como mostra a figura a seguir:



Figura 3.

1. Com base nas informações indicadas na etiqueta, identifique a tensão de funcionamento do chuveiro, a potência e a corrente máxima do disjuntor que protege a fiação à qual o chuveiro está ligado.

Tensão: 220 V; potência: 4 400 W; corrente: 25 A.

2. Qual aparelho consome mais: uma lâmpada de 60 W – 127 V ligada 24 h ou um chuveiro de 5 400 W – 220 V ligado por 15 min? Justifique a sua resposta.

$$\Delta E = P \cdot \Delta t;$$

$$\text{Lâmpada: } \Delta E = 60 \cdot 24 \rightarrow \Delta E = 1\,440 \text{ Wh};$$

$$\text{Chuveiro: } \Delta E = 5\,400 \cdot \frac{1}{4} \rightarrow \Delta E = 1\,350 \text{ Wh}.$$

Logo, nesse caso, a lâmpada consome mais energia.

3. Na embalagem de uma lâmpada fluorescente compacta constam as seguintes informações: 25 W; 127 V; 60 Hz; 321 mA. Quais são as grandezas que estão sendo especificadas?

25 W – potência elétrica; 127 V – tensão; 60 Hz – frequência da corrente alternada; 321 mA – corrente elétrica.



1. Compare o consumo de energia do chuveiro de sua casa com o consumo das lâmpadas durante um dia. Veja qual vai consumir mais. Depois faça essas comparações com outros aparelhos elétricos como TV, geladeira, ferro de passar e

rádio. Por fim, classifique os aparelhos segundo o consumo de energia elétrica. Para medir o consumo do aparelho, pegue sua potência e multiplique-a pelo tempo (em horas) que ele permanece em funcionamento.

Espera-se que fique evidente que os aparelhos de alta potência (chuveiros elétricos, geladeiras e ferro de passar roupa), que funcionam por períodos razoavelmente longos, representam boa parte do consumo de energia elétrica em uma residência.

2. Busque em dicionários da língua portuguesa ou de Física, em enciclopédias e na internet uma definição para a pala-

vra eletricidade. Anote-a para que possa ser revista posteriormente. Não deixe de mencionar a fonte (referência de onde foi extraída a definição).

Resposta pessoal. Verifique se os alunos realizaram a pesquisa e trouxeram uma definição possível para o verbete eletricidade. Um exemplo é: “São fenômenos elétricos todos aqueles que envolvem cargas elétricas em repouso ou em movimento; as cargas em movimento são usualmente elétrons. A importância da eletricidade advém essencialmente da possibilidade de se transformar a energia da corrente elétrica em outra forma de energia: mecânica, térmica, luminosa etc.” (GREF, *Leituras de Física, Eletromagnetismo*, p. 3).

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 ANALISANDO UM CIRCUITO ELÉTRICO

Esta Situação de Aprendizagem tem o intuito de fazer que os alunos conheçam os componentes de um circuito elétrico e as grandezas associadas a ele, sendo possível reconhecer a mesma estrutura presente em nossas casas.

A ideia é pedir aos estudantes que montem um pequeno circuito com minilâmpadas, pilhas

e fios, avaliando a luminosidade a partir de várias situações propostas na atividade. Não são exigidas habilidades especiais; a maior dificuldade está em fazer que os alunos tragam o material necessário para a execução do experimento. Outro objetivo é auxiliar na compreensão das grandezas discutidas na atividade anterior, como corrente, resistência e tensão elétrica.

Conteúdos e temas: corrente, resistência, tensão elétrica e a primeira Lei de Ohm; efeito Joule e a relação da potência com a resistência, corrente e tensão.

Competências e habilidades: identificar os principais elementos do circuito; relacionar os elementos do circuito, as grandezas envolvidas e suas unidades de medida – primeira Lei de Ohm; definir corrente elétrica e o modelo microscópico.

Sugestão de estratégias: uso de lâmpadas de lanternas, pilhas e fios, para avaliar a luminescência e relacioná-la com a capacidade elétrica das pilhas para poder discutir as quatro grandezas principais – corrente, tensão, resistência e potência elétrica.

Sugestão de recursos: roteiro 3 de atividade experimental com materiais de baixo custo.

Sugestão de avaliação: avaliar o trabalho nas montagens dos circuitos; as respostas das questões propostas; a resolução de exercícios; a participação e o envolvimento de cada aluno no desenvolvimento da atividade.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Antes de iniciar os experimentos, instigue os alunos com as seguintes perguntas: *O que acontece se ligarmos, por engano, uma lâmpada incandescente de 220 V em uma rede de 127 V? E se fizermos o contrário, ligar uma de 127 V em uma rede de 220 V?*

Deixe claro que não é necessário que eles realizem essa operação, a intenção é que eles reflitam sobre as questões, pois elas os levarão a pensar sobre a relação existente entre tensão e luminosidade, que está associada à passagem da corrente pela lâmpada.

Proponha as atividades experimentais (roteiro 3), reunindo os alunos em grupos de, no máximo, cinco componentes, e auxilie-os a montar o circuito para que possam iniciá-las.

Lembre-se de que uma lâmpada não é um dispositivo ôhmico, ou seja, sua resistência interna varia com a tensão.

Instrua os alunos para que realizem todas as etapas, tomando nota dos resultados obtidos visando à posterior discussão dos dados, quando as questões do roteiro devem ser retomadas com a classe, e as respostas dos grupos, comentadas.

Roteiro 3 – Montando um circuito elétrico



Materiais

- ▶ 3 lâmpadas (pode-se utilizar *leds* ou lâmpadas de lanterna de 3,0 V);
- ▶ 2 pilhas de 1,5 V;
- ▶ fios do tipo cabinho;
- ▶ 2 garras jacaré (opcional).

Mãos à obra!

Monte o circuito da seguinte maneira: conecte os fios nos terminais das lâmpadas e ligue-os na pilha, como mostra a figura.

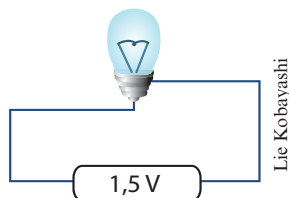


Figura 4.

Lie Kobayashi

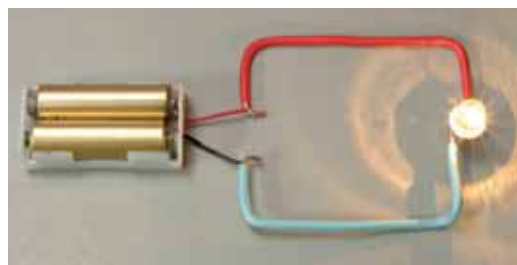


Figura 5. Energia elétrica gerada pela reação química das pilhas formando um circuito elétrico, gerando emissão de luz pela lâmpada.

© Gabor Nemes/Kino



Figura 6.

© Lie Kobayashi

Observe o brilho da lâmpada quando o circuito, com uma pilha, for ligado a ela. Depois, compare com o brilho do mesmo circuito com duas e, em seguida, três lâmpadas (conforme a figura a seguir).

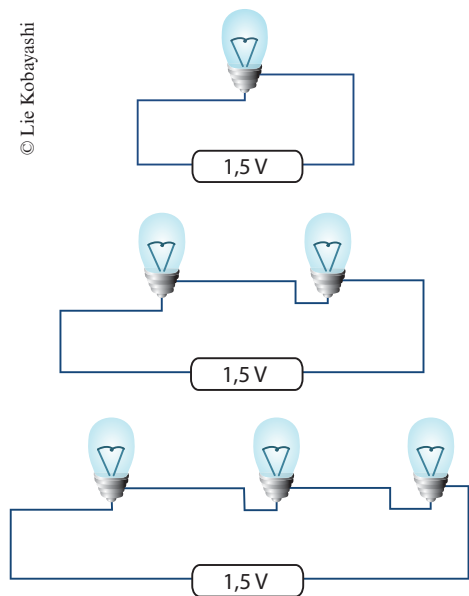


Figura 7.

1. O que acontece com o brilho da primeira lâmpada quando são colocadas as outras?

Resposta com base nas observações dos alunos. Espera-se que eles concluam que a luminosidade diminuiu.

2. O brilho de todas as lâmpadas é o mesmo?

Resposta com base nas observações dos alunos. Espera-se que eles observem que o brilho é o mesmo para todas as lâmpadas.

3. Se você tirar uma das lâmpadas, o que acontece com as demais?

Eles perceberão que as demais lâmpadas se apagam, pois não haverá mais passagem de corrente.

4. Como poderiam ser explicadas as observações feitas?

Eles devem perceber que as lâmpadas foram ligadas em série e que a corrente elétrica a que elas estão submetidas é a mesma.

Ligue novamente o circuito com uma pilha e uma lâmpada, depois duas e, em seguida, três lâmpadas, conforme a figura a seguir.

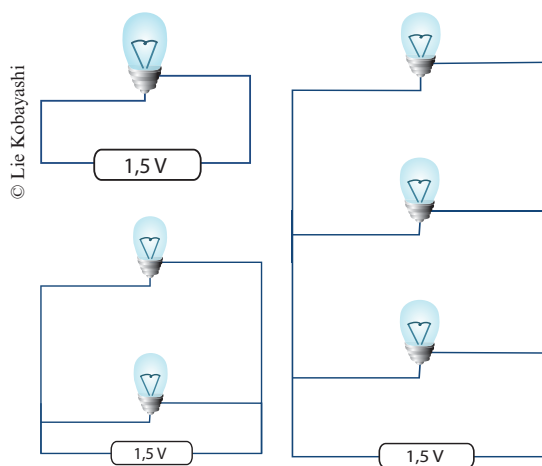


Figura 8.

5. O que acontece com o brilho da primeira lâmpada quando é acrescentada a segunda e depois a terceira lâmpada?

Resposta com base nas observações dos alunos. Contudo, eles devem observar que a luminosidade praticamente não é modificada.

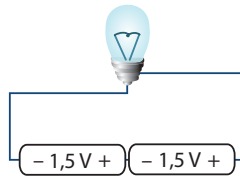
6. O que acontece com o brilho das demais se você retirar uma das lâmpadas?

Resposta com base nas observações dos alunos. Eles vão perceber que praticamente nada acontece com a luminosidade das outras lâmpadas.

7. Como poderiam ser explicadas as observações feitas?

Eles devem perceber que as lâmpadas foram ligadas em paralelo e que a tensão a que as lâmpadas estão submetidas é a mesma.

Ligue agora uma lâmpada em uma pilha e depois em duas, conforme a figura.



© Lie Kobayashi

Figura 9.

8. O que acontece com a luminosidade da lâmpada à medida que aumenta o número de pilhas?

Espera-se que, ao aumentar o número de pilhas, a luminosidade da lâmpada aumente. Ao aumentar em demasia o número de pilhas, a lâmpada poderá ter o seu filamento rompido, causando sua queima.

9. Como poderiam ser explicadas as observações feitas?

Observe o tipo de explicação elaborada pelos alunos e use-as para orientar sua aula. Quanto mais pilhas são associadas em série, maior é a diferença potencial oferecida.

A partir de suas observações, responda às seguintes questões:

10. Quais são as principais grandezas envolvidas no circuito?

Tensão, corrente, resistência e potência elétricas.

11. Há uma maneira de relacionar essas grandezas? Como?

Sim, pela primeira Lei de Ohm: resistência (R) = tensão (V) / corrente (i); e potência (P) = tensão (V) · corrente (i).

12. Explique o que ocorreria se uma lâmpada de 127 V fosse ligada em uma rede de 220 V, tomando como base os conceitos discutidos na Situação de Aprendizagem 2. (**Importante:** Não realize essa operação, apenas reflita sobre ela!)

A lâmpada de 127 V foi projetada para determinada corrente. Caso seja colocada em 220 V, sua corrente vai aumentar, acarretando sua queima.

13. Numa rede residencial (127 V) foram ligados o chuveiro (5 500 W), o ferro de passar roupas (1 200 W) e um secador de cabelo (900 W), o que provocou a abertura ou o desarme do disjuntor (chave de proteção) do circuito. Monte um esquema dessa ligação, calcule o valor da corrente elétrica no circuito e explique por que o disjuntor desarmou.

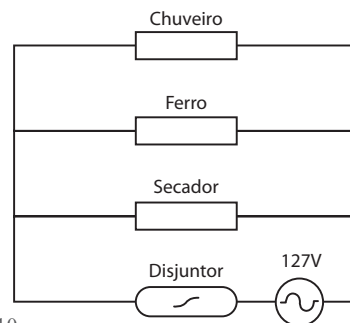


Figura 10.

$$i = \frac{P}{U} \rightarrow i_{\text{chuveiro}} = \frac{5500}{127} = 43,3 \text{ A};$$

$$i_{\text{ferro}} = \frac{1200}{127} = 9,5 \text{ A};$$

$$i_{\text{secador}} = \frac{900}{127} = 7,1 \text{ A};$$

$$i_{\text{total}} = 59,9 \text{ A}.$$

O disjuntor desarmou porque a corrente do circuito da casa (59,9 A) deve ter superado a corrente de corte do disjuntor.

$R_{\text{ch}} = 2,93 \Omega$; $R_{\text{ferro}} = 13,36 \Omega$; $R_{\text{secador}} = 17,88 \Omega \rightarrow i = 59,9 \text{ A}$. É interessante ressaltar que, quanto menor for a resistência, maior será a corrente. Por isso, busque mostrar como calcular a resistência de cada equipamento eletrodoméstico.

14. Explique como você compreende a função dos disjuntores.

A função do disjuntor é evitar que a corrente total no circuito seja incompatível com a bitola (diâmetro) do fio, o que resultaria em superaquecimento e risco de incêndio.

Encaminhando a ação

No fim da aula, dedique-se à formalização do conceito de corrente elétrica como o movimento ordenado dos elétrons no condutor. Essa definição é fundamental para que os alunos possam entender o que é eletricidade.

Conclua o roteiro 3 discutindo a relação entre as grandezas envolvidas nos elementos do circuito. Em outras palavras, as observações feitas pelos alunos devem ser explicadas pela primeira Lei de Ohm.

A partir das respostas, é importante discutir a utilidade do disjuntor e do fusível no circuito elétrico doméstico. O objetivo é que os alunos possam compreender por que, em algumas casas, esse aparelho desarma com frequência e quais seriam as atitudes a serem tomadas para resolver o problema.

Para auxiliá-lo, utilize um livro didático de sua preferência. Veja sugestões na seção Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno. Essa discussão deverá ser complementada ou retomada na Situação de Aprendizagem 5.

Finalize a atividade com a discussão sobre as definições de eletricidade que os alunos pesquisaram na Situação de Aprendizagem anterior.

É importante que atividades de discussão conceitual sejam seguidas de formalizações que visem organizar os conceitos propostos. No caso, os tipos de circuito e as características de cada um deverão ser complementados com exercícios ligados ao tema. Para isso, utilize um livro didático de sua preferência ou que seja de fácil acesso na escola. Alguns exercícios poderão ser trabalhados como tarefa de casa, com o objetivo de reforçar e complementar as atividades realizadas em sala.

© Jeff Vanuga/Spirit/Corbis/Latinstock



Figura 11. Raio.

Conforme o tempo disponível para aplicação dessas atividades em sala de aula, o encaminhamento da Situação de Aprendizagem poderá ser feito em algumas partes. Ou seja, depois da realização da primeira parte do roteiro (até a questão 4), você poderá, a partir das respostas, discutir a relação existente entre corrente, tensão e resistência (lâmpada) para explicar as observações. Essa discussão pode ser feita por meio de uma pequena exposição e resolução de alguns exercícios, explorando também os circuitos em série. Em seguida, defina corrente elétrica e o modelo microscópico da resistência elétrica. A maioria dos livros didáticos apresenta discussões sobre esse modelo. Depois da realização da segunda parte do roteiro (questões 5 a 7), explore as características dos circuitos em paralelo; e depois da terceira parte (questões 8 e 9), explore a associação de geradores.

A resistência elétrica está associada à dificuldade que as cargas elétricas encontram para se deslocar no interior dos condutores em razão dos sucessivos choques entre os elétrons de condução (responsável pelo fluxo de cargas) e as demais partículas que compõem o material (elétrons fixos, núcleos atômicos etc.). A resistência elétrica é medida em ohm (Ω), em homenagem ao cientista alemão Georg Simon Ohm. Existe uma relação entre a corrente elétrica e a tensão: $U = R \cdot i$. Essa relação também é conhecida como a primeira Lei de Ohm. Podemos dizer que 1Ω é a resistência medida num condutor que, quando submetido à diferença de potencial (ddp) de 1 V , é percorrido por uma corrente de 1 A .

Adaptado de: Programa de Educação Continuada. *Construindo sempre*. Física, módulo 2. São Paulo: SEE, 2003, p. 14.



1. Como se pode definir corrente, tensão e resistência elétricas?

Corrente é o fluxo ordenado de cargas elétricas. Tensão está associada ao conceito físico da diferença de potencial elétrico (ddp). Resistência está associada à dificuldade que as cargas encontram para se deslocar no interior de um condutor.

2. Em uma casa, são ligados na mesma tomada de 127 V um liquidificador (100 W) e uma batedeira (150 W). Calcule o valor da corrente elétrica que passa pelo fio da instalação elétrica dessa tomada.

$$i = \frac{P}{U} \rightarrow i_{\text{liquidificador}} = \frac{100}{127} = 0,79 \text{ A};$$

$$i_{\text{batedeira}} = \frac{150}{127} = 1,18 \text{ A};$$

$$i_{\text{total}} = 1,97 \text{ A}.$$

3. (Fuvest – 2000) Um circuito doméstico simples, ligado à rede de 110 V e protegido por um fusível F de 15 A , está esquematizado na figura.

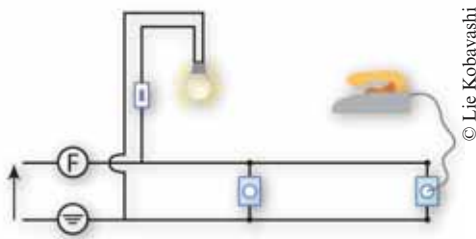


Figura 12.

A potência máxima de um ferro de passar roupa que pode ser ligado, simultaneamente, a uma lâmpada de 150 W , sem que o fusível interrompa o circuito, é aproximadamente de

a) $1\ 100 \text{ W}$.

b) $1\ 500 \text{ W}$.

c) $1\ 650 \text{ W}$.

d) $2\ 250 \text{ W}$.

e) $2\ 500 \text{ W}$.

$$(150 + P) = 110 \cdot 15$$

$$(150 + P) = 1\ 650$$

$$P = 1\ 650 - 150 \rightarrow P = 1\ 500 \text{ W}$$

4. Em algumas baterias, como as de carro ou de celular, podem ser encontradas informações de uma grandeza física, assim representada: Ah ou mAh. Que grandeza é informada nessa unidade?

Ah é uma unidade de medida chamada ampere-hora. Portanto, o mAh é o miliampere-hora ou a milésima parte do Ah. Ampere é a unidade de medida da corrente elétrica, quando multiplicada pelo tempo, segundo a definição de corrente elétrica ($i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$), resulta na carga elétrica.

Assim, Ah é uma unidade de medida de carga elétrica, ou seja, é o valor da corrente multiplicado pelo tempo, que define a carga elétrica.

5. Qual poderia ser uma desvantagem dos circuitos em série? E em paralelo?

Resposta pessoal. Espera-se que os alunos respondam que o circuito em série apresenta como principal desvantagem o fato de que se um elemento do circuito parar de funcionar, todos os outros elementos do circuito também pararão. Já no circuito paralelo, a principal desvantagem é que, se muitos elementos forem anexados a ele, sua corrente total ficará alta, e, se ele não for dimensionado para suportar altos valores de correntes elétricas, poderá ocorrer sobreaquecimento do circuito e, em casos extremos, até um incêndio.



1. Um circuito contém três lâmpadas idênticas ligadas em série. Faça um desenho desse circuito e responda: Se uma das lâmpadas queimar, o que ocorre com as outras? O que acontecerá com o brilho das lâmpadas se, no circuito, for adicionada uma quarta lâmpada com as mesmas características das demais?

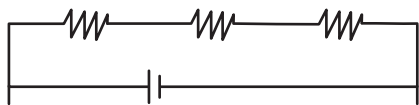


Figura 13.

Se uma das lâmpadas queimar, as outras param de funcionar. Caso seja acrescentada uma quarta lâmpada, com o circuito funcionando novamente, a resistência equivalente aumenta, diminuindo a corrente no circuito, o que leva a um brilho menos intenso em todas as lâmpadas.

2. Refaça o exercício anterior, mas agora com as lâmpadas ligadas em paralelo.

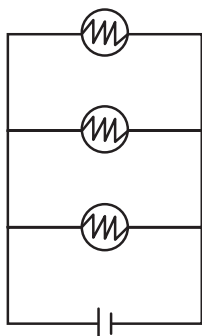


Figura 14.

Na ligação em paralelo, caso uma das lâmpadas queime, as outras funcionam normalmente com o mesmo brilho; porém, a corrente total do circuito diminui. No caso de acrescentar uma quarta lâmpada, elas brilharão com a mesma intensidade, mas a corrente total do circuito aumentará.

3. (Vunesp – 2003) Uma lâmpada incandescente (de filamento) apresenta em seu rótulo as seguintes especificações: 60 W e 120 V. Determine:

a) a corrente elétrica i que deverá circular pela lâmpada se ela for conectada a uma fonte de 120 V.

$$P = U \cdot i \rightarrow 60 = 120 \cdot i \rightarrow i = 0,5 \text{ A}$$

b) a resistência elétrica R apresentada pela lâmpada, supondo que ela esteja funcionando de acordo com as especificações.

$$U = R \cdot i \rightarrow 120 = R \cdot 0,5 \rightarrow R = 240 \Omega$$

4. (Fuvest – 1996) No circuito elétrico residencial esquematizado estão indicadas, em watts, as potências dissipadas pelos seus diversos equipamentos. O circuito está protegido por um fusível F , que se funde quando a corrente ultrapassa 30 A, interrompendo o circuito. Que outros aparelhos podem estar ligados ao mesmo tempo que o chuveiro elétrico sem “queimar” o fusível?

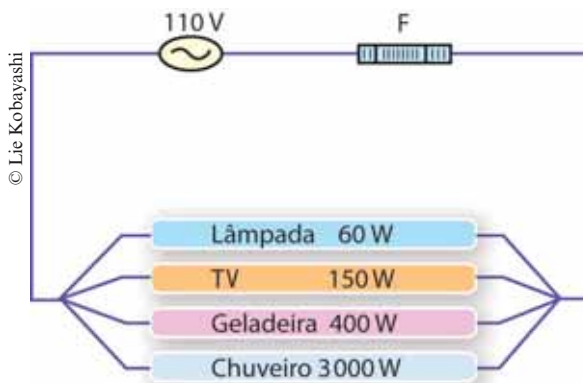


Figura 15.

a) Geladeira, lâmpada e TV.

b) Geladeira e TV.

c) Geladeira e lâmpada.

d) Geladeira.

e) Lâmpada e TV.

$$P_{\text{máx}} = 110 \cdot 30 = 3300 \text{ W}$$

Logo, pode-se ligar, ao mesmo tempo que o chuveiro, a lâmpada e a TV.

5. A partir do que você estudou, destaque as principais grandezas envolvidas no circuito elétrico.

Corrente elétrica, tensão, potência e resistência.

6. Defina a unidade de medida da grandeza:

a) corrente elétrica: ampere (A).

b) tensão elétrica: volt (V).

c) resistência elétrica: ohm (Ω).

d) carga elétrica (no caso das baterias): ampere-hora (Ah) ou coulomb (C).

7. Quais são as diferenças que você destacaria entre ligação elétrica em série e em paralelo?

Resposta pessoal. Espera-se que os alunos destaquem as características particulares de cada circuito. No circuito ligado em série, a corrente que circula por todos os seus elementos é a mesma; já no paralelo, cada elemento é atravessado por uma corrente elétrica diferente, embora a tensão oferecida a todos os elementos do circuito seja a mesma.

Outro aspecto que pode ser destacado é que os aparelhos elétricos podem funcionar de forma independente no circuito em paralelo, enquanto, no circuito em série, para ligar um aparelho temos que ligar todos os outros do circuito.

8. A partir do que foi discutido nesta Situação de Aprendizagem, você diria que as tomadas de sua casa estão ligadas em série ou em paralelo? Explique.

Em paralelo, pois todas têm a mesma tensão: 127 V.

9. Defina potência e descreva a expressão matemática que a representa, em função da tensão e da corrente.

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \cdot \text{Potência é a medida da energia transformada por}$$

unidade de tempo. A expressão matemática que representa a potência em função da tensão e da corrente é obtida da seguinte maneira:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \text{ e } \Delta E = q \cdot U, \text{ logo } P = \frac{q \cdot U}{\Delta t} \cdot \text{Como } i = \frac{q}{\Delta t}, \text{ temos}$$

$$P = i \cdot U \text{ ou } P = U \cdot i.$$

10. Enuncie a primeira Lei de Ohm e descreva a expressão matemática que a representa, associando tensão, resistência e corrente.

$U = R \cdot i$. A tensão é diretamente proporcional ao produto da resistência pela corrente.

A próxima Situação de Aprendizagem é dedicada à discussão sobre o choque elétrico, quando os alunos realizarão entrevistas com algum electricista ou funcionário da companhia de energia de sua região. Por isso, alerte-os sobre essa atividade de forma que possam buscar meios de chegar a essas pessoas.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 CHOQUES ELÉTRICOS

Esta Situação de Aprendizagem propõe o reconhecimento do choque elétrico e seus efeitos, avaliando os perigos e os cuidados necessários na utilização da eletricidade, principalmente em casa. O objetivo é que os alunos elaborem um questionário para entrevistar um profissional

que trabalhe com a eletricidade no dia a dia. Pode ser um electricista ou um funcionário de uma companhia de energia elétrica. De posse dessas respostas, discuta com eles o choque e seus efeitos, tentando sempre relacioná-los com os cuidados e os perigos no uso da eletricidade.

Conteúdos e temas: corrente, resistência, tensão elétrica e a primeira Lei de Ohm; modelo clássico da corrente elétrica; choque e seus efeitos.

Competências e habilidades: identificar os perigos e os procedimentos adequados para o manuseio da eletricidade; compreender o choque e seus efeitos.

Sugestão de estratégias: questionário para entrevistar um eletricitista.

Sugestão de recursos: roteiro 4 de entrevista.

Sugestão de avaliação: avaliar a elaboração do questionário para a entrevista; a qualidade das respostas coletadas; a entrega das questões da atividade; a resolução de exercícios; o envolvimento e a participação nas discussões em grupos.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Para iniciar a discussão sobre choques elétricos é interessante criar uma relação com a Situação de Aprendizagem anterior. Portanto, comece a aula com a seguinte questão: *Quais seriam os efeitos da corrente elétrica no nosso corpo?* A pergunta fará que os alunos falem um pouco sobre suas experiências vividas: é bem provável que a maioria já tenha tomado um choque.

Em seguida, proponha as questões 1 a 7 (roteiro 4), com base nas quais eles montarão um questionário para entrevistar um profissional que trabalha com eletricidade. Depois, pergunte aos alunos quais seriam as questões interessantes e importantes a serem feitas ao profissional. Anote-as na lousa para que, no fim da aula, todos os grupos tenham o questionário completo para a entrevista. Há no roteiro sugestões de perguntas, mas insista para que eles elaborem suas próprias questões.

Na aula seguinte, faça a sistematização da discussão com as respostas dos entrevistados, de modo que os alunos possam compreender que, quando se toma um choque, há a passagem de uma corrente elétrica. Então, eles poderão responder às questões 8 e 9.



© Gaetano/Encyclopædia/Corbis/Latinstock

Figura 16. Eletricitista.

Roteiro 4 – Choque elétrico

Entreviste um eletricitista, um técnico de manutenção ou uma pessoa que trabalhe em uma companhia de energia elétrica, levantando questões que estejam relacionadas ao uso da eletricidade, como cuidados e perigos, ressal-

tando o choque elétrico. A seguir, relacionamos algumas perguntas como sugestões. Tente, porém, elaborar suas próprias perguntas.

1. O senhor já tomou choque? Como foi?
2. Saberria explicar o que é o choque?

3. Um sapato de borracha pode nos proteger de tomar um choque? Em que circunstâncias? Por quê?

4. Quando uma pessoa toma um choque, ela pode sofrer algum dano permanente? Qual? Por quê?

5. O senhor conhece alguém que tenha tomado um grande choque? Que dano essa pessoa sofreu?

As respostas das questões 1 a 5 dependem do entrevistado.

6. O que são os fios fase e neutro de uma rede elétrica residencial?

A rede elétrica residencial é formada por dois tipos de fio, um denominado fase e outro neutro. Essa rede é chamada de monofásica e nela podem ser ligados os aparelhos de 110 V. O fio fase é energizado, ou seja, seu potencial é diferente de zero. É por ele que a tensão elétrica é transmitida. Normalmente, as residências têm um fio fase com potencial de 127 V, porém pode-se obter a tensão de 220 V com dois fios fase. Já o fio neutro apresenta potencial zero, ou seja, ele pode ser tocado sem correr o perigo de tomar choque quando o circuito estiver aberto. A diferença de potencial entre o fio fase e o neutro faz que haja um fluxo de elétrons livres, criando assim a corrente elétrica. Não há contradição quando se diz que a tensão nas residências é de 127 V e que nelas se pode utilizar aparelhos de 110 V. Como a corrente é alternada, o resultado é uma tensão média efetiva. Portanto, a corrente tem um valor médio

absoluto, que corresponde ao valor que teria se fosse submetida a 110 V de tensão contínua (ver Lição de casa no final desta Situação de Aprendizagem).

7. Quando alguém estiver mexendo na rede elétrica, qual é a melhor precaução a ser tomada para não receber um choque?

A melhor precaução para não tomar um choque é não segurar, ao mesmo tempo, o fio fase numa mão e o fio neutro na outra (para não fechar o circuito com o corpo). Outras medidas de segurança indicadas são o uso de ferramentas adequadas, consulta a manuais de equipamentos e solicitação de ajuda a profissional especializado.

8. O que causa o choque no corpo humano: a corrente elétrica ou a tensão?

O choque ocorre quando uma corrente elétrica percorre o corpo, em razão de uma tensão. Portanto, a causa inicial é a tensão, mas é a corrente que produz danos.

9. Determine a corrente elétrica que percorre o corpo de uma pessoa com a pele molhada (resistência $\cong 1000$ ohms) e com a pele seca (resistência $\cong 100\,000$ ohms) quando submetida a uma tensão de 127 V. Compare com a tabela e diga a que efeitos a pessoa estará sujeita.

Pessoa molhada $\rightarrow i = 127/1000 \rightarrow i = 0,127$ A (pode causar a morte).

Pessoa seca $\rightarrow i = 127/100\,000 \rightarrow i = 0,00127$ A (pode causar dor).

Corrente elétrica (A)	Efeito
0,001	Pode sentir dor.
0,005	É doloroso.
0,010	Causa contração involuntária dos músculos (espasmos).
0,015	Causa perda do controle muscular.
0,070	Se a corrente atravessar o coração por mais de um segundo, causa comprometimento sério (fibrilação), provavelmente fatal.

Tabela 5.

Encaminhando a ação

Para sistematizar os dados coletados na entrevista e as conclusões a que os alunos chegaram sobre o choque elétrico, destaque o caminho que a corrente percorre no nosso corpo, mostrando que, para pequenas tensões, quando a pessoa está calçada com sapato de borracha, a resistência dela aumenta, fazendo que a corrente não se estabeleça. Contudo, se a tensão for muito alta, mesmo com sapatos de borracha, a pessoa sentirá os efeitos do choque. Isso porque, em virtude da grande tensão, para a mesma resistência, a corrente fica maior e a borracha não consegue impedir a passagem da corrente elétrica, fazendo a pessoa sentir seu efeito, que é o choque.

Note que os alunos chegarão com novas informações, como a conceituação de “fase” e “neutro”. Esses termos dizem respeito à instalação elétrica das casas, que é alternada. Nesse caso, o circuito elétrico leva em consideração o “aterramento” (ligação das redes interna e externa da casa à terra). Caso você não domine esse tipo de rede elétrica, sugerimos a leitura de algum dos textos apresentados na seção Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno, no fim deste Caderno.

Incentive uma discussão sobre consequências da passagem da corrente elétrica pelo corpo humano, mostrando que, mesmo com uma pequena corrente, uma pessoa pode sofrer várias lesões, por exemplo, uma parada cardíaca.

É importante também destacar os possíveis caminhos da eletricidade pelo corpo, como no caso de o contato se estabelecer com a rede elétrica com uma única mão ou as duas mãos, fechando o circuito com o contato com o solo (apoio com um pé ou dois). O grande risco é a passa-

gem da corrente elétrica pelo coração, e o perigo da fibrilação.

Depois da realização da atividade, seria interessante sugerir aos alunos que lesem textos que discutam o choque elétrico. Para essa leitura há indicações na seção Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno.

Com relação ao choque é importante dar destaque à umidade da pele. Se a pele estiver molhada, ela faz que a resistência do corpo humano diminua em aproximadamente 100 vezes. Em razão disso, a corrente elétrica fica maior.

Para que possa ser feita uma maior conscientização dos alunos sobre os perigos e os cuidados com a eletricidade, as empresas de energia elétrica disponibilizam funcionários e material para divulgação desse tipo de assunto. Seria interessante contatá-las e avaliar a possibilidade de uma visita de um técnico à escola ou uma saída de campo com os alunos.

Há também sugestões de simulações sobre choques na seção Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno.



© Zoonar/Thinkstock/Getty Images

Figura 17.



1. Por que o choque no banho oferece mais perigo do que com a pele seca?

Porque com a pele molhada a resistência do corpo diminui e a corrente se eleva, podendo levar à morte se a duração do choque for prolongada.

2. Quais são os fatores de maior influência no choque?

A tensão da rede elétrica, a resistência elétrica da pele (seca ou molhada), além do lugar do corpo onde a corrente circula com maior intensidade. Correntes que atravessam o coração podem causar alterações no ritmo cardíaco levando a diversos problemas e até à morte.

3. Por que muitas ferramentas têm cabos isolantes?

As ferramentas frequentemente são utilizadas para fazer reparos em locais energizados. Se seus cabos não fossem revestidos com material isolante, ficaríamos expostos ao risco de choque elétrico.

4. Analise a seguinte situação: um eletricista relata que mesmo calçado com uma bota de borracha tomou um choque ao fazer a manutenção na rede elétrica residencial. Explique.

O choque acontece quando uma corrente elétrica atravessa o corpo. Se o eletricista fechou o circuito com o seu corpo, por exemplo, pegando o fio fase com uma mão e o neutro com a outra, a bota não seria capaz de isolar esse choque, já que o circuito não se fechou pelo piso. Também é possível que o circuito tenha se fechado entre o corpo e o piso, mesmo estando com uma bota de borracha. Isso pode ocorrer para valores de tensão bastante elevados, nos quais a borracha perde sua característica de isolamento.

5. A partir do que foi estudado, destaque as principais consequências sofridas por uma pessoa que toma um choque.

Consultar Tabela 5.

Corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA)



A corrente contínua (CC ou DC da sigla em inglês – *direct current*) é

aquela que se refere ao fluxo dos portadores de carga somente em um sentido, por exemplo, a corrente produzida por uma pilha ou uma bateria: ela tem sempre o mesmo sentido, porque seus terminais sempre possuem a mesma polaridade. Os elétrons são repelidos do terminal negativo, indo em direção ao terminal positivo, para onde são atraídos.

Já a corrente alternada (CA ou AC da sigla em inglês – *alternating current*) se transporta de maneira alternada, como sugere o próprio nome. Os elétrons se movimentam no circuito ora para um sentido, ora para o sentido contrário, oscilando o seu movimento. Isso é realizado pela alternância de polaridade da tensão do gerador, assim como a tensão varia de um valor máximo a um valor mínimo (em cada sentido esses valores são iguais em módulo), implicando uma corrente igualmente alternada. No Brasil, essa alternância se realiza 60 vezes a cada segundo, dando origem a corrente alternada de 60 Hz.

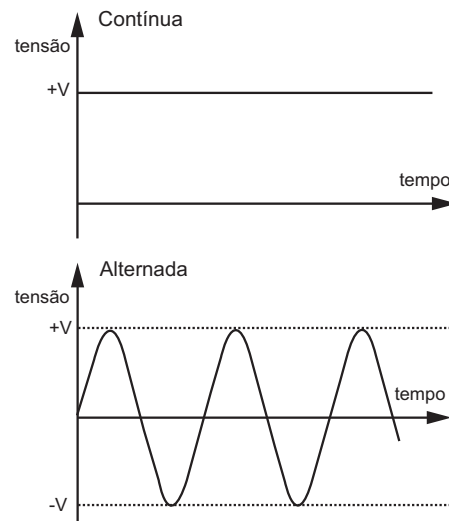


Figura 18.

Utilizando as especificações técnicas dos produtos elétricos e eletrônicos da sua casa, identifique quais funcionam com corrente alternada e quais funcionam com corrente contínua.

Resposta de acordo com os aparelhos disponíveis na casa do aluno.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 5 DIMENSIONANDO O CIRCUITO DOMÉSTICO

Nesta Situação de Aprendizagem, será discutido o dimensionamento da rede elétrica das casas e a necessidade de alterar a espessura da fiação da rede. Isso é necessário em razão da distância que se encontra a tomada da caixa de energia (relógio) e do tipo de eletrodoméstico a ser usado.

A espessura do fio está relacionada à sua

resistência elétrica e, conseqüentemente, à passagem da corrente elétrica pela instalação. A ideia é que os alunos compreendam que, alterando o comprimento do fio (distância da tomada à caixa de energia), é necessário alterar a espessura (bitola) para que não comprometa a integridade da rede. Essa introdução dá margem para discutir a segunda Lei de Ohm.

Conteúdos e temas: resistência e a segunda Lei de Ohm, corrente, tensão, potência dissipada (efeito Joule).

Competências e habilidades: compreender o dimensionamento do circuito doméstico; entender a relação entre a resistência, o comprimento e a espessura do fio – segunda Lei de Ohm.

Sugestão de estratégias: utilizar tabelas de manuais de eletrodomésticos para realizar uma discussão a fim de compreender a relação entre o comprimento, a espessura e a resistência elétrica do fio e as causas de possíveis curtos-circuitos nas redes domésticas.

Sugestão de recursos: roteiro 5 de atividade e tabela de especificações de eletrodomésticos.

Sugestão de avaliação: avaliar a entrega das respostas das questões propostas na atividade; a resolução de exercícios; os resultados de pesquisas.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Inicie a discussão levando o manual de um eletrodoméstico (por exemplo, um chuveiro elétrico) para a sala e mostrando o dimensionamento da rede elétrica para fazê-lo funcionar. Questione o motivo da existência dessa especificação. Pergunte: *Qual é o risco caso essas indicações não sejam respeitadas?*

A ideia é deixar claro que, nesse caso, cada aparelho funciona, idealmente, com determinada corrente elétrica. Um fio com espessura menor que a recomendada tem re-

sistência maior, gerando dissipação de calor acima do esperado. Esse calor pode aquecer os fios, chegando até a incendiá-los, e pôr a residência em risco (a dissipação de energia será melhor discutida na Situação de Aprendizagem 6).

Após a discussão, proponha as questões do roteiro 5. Elas podem ser desenvolvidas com os alunos em grupos, para que discutam entre eles possibilidades de respostas.

Depois de terem respondido às questões, inicie a discussão com a classe, fazendo o levantamento das respostas de cada grupo.

Roteiro 5 – Dimensionando o circuito elétrico

Você já leu algum manual de eletrodoméstico? Neles, há instruções de dimensionamento das instalações elétricas necessárias para a instalação do aparelho. A seguir, são apresentadas algumas dessas tabelas.

Lava-louças automática

Tensão Bitola	1,5 mm ²	2,5 mm ²	4,0 mm ²	6,0 mm ²	10,0 mm ²
120 V	Até 5,0 m	5,1 m a 8,0 m	8,1 m a 13,0 m	13,1 m a 20,0 m	20,1 m a 34,0 m
220 V	Até 19,0 m	19,1 m a 30,0 m	31,1 m a 50,0 m	50,1 m a 75,0 m	75,1 m a 125,0 m

Tabela 6.

Lavadora

Tensão Bitola	2,5 mm ²	4,0 mm ²	6,0 mm ²	10,0 mm ²
127 V	Até 29 m	30 m a 48 m	49 m a 70 m	71 m a 116 m
220 V	Até 116 m	–	–	–

Tabela 7.

Secadora

Tensão Bitola	2,5 mm ²	4,0 mm ²	6,0 mm ²	10,0 mm ²
127 V	Até 12 m	13 m a 20 m	21 m a 30 m	31 m a 50 m
220 V	Até 50 m	–	–	–

Tabela 8.

1. Que relação existe entre a bitola do fio e o comprimento máximo recomendado?
Quanto maior o comprimento do fio, maior deverá ser sua bitola.

2. Você consegue imaginar por que, quando aumenta a distância, a bitola do fio recomendado também aumenta? Escreva sua hipótese.

Espera-se que os alunos relacionem o aumento do comprimento a um aumento na resistência e o aumento da bitola a uma diminuição da resistência.

3. O que poderá acontecer se as especificações dadas pelos fabricantes para a instalação não forem obedecidas?

A condição de funcionamento do equipamento poderá ser comprometida, bem como a integridade da rede elétrica residencial.

4. Lembrando que a corrente é o movimento de elétrons no interior do condutor, quando aumenta a bitola do fio, o movimento das cargas se tornará mais fácil ou mais difícil?

Ficará mais fácil.

5. A partir da resposta à questão anterior, você diria que, com o aumento da bitola, a resistência aumenta ou diminui?

A resistência diminui; por isso, é mais fácil o movimento de elétrons. O aumento da bitola (área da seção reta) do fio permite uma maior “liberdade” de deslocamento dos portadores de carga, o que diminui a resistência e aumenta a corrente elétrica (considerando a mesma diferença de potencial).

6. Qual será então a relação da bitola com a resistência do fio?

A resistência elétrica é inversamente proporcional à bitola.

Encaminhando a ação

A partir dessas questões, a discussão deve ser encaminhada para a formalização da lei que relaciona a resistência do fio com seu

comprimento, sua espessura (bitola do fio) e o tipo de material do qual é fabricado (valores de resistividade de diferentes materiais podem ser facilmente encontrados nos livros didáticos de Física).

Neste momento, retome a questão dos disjuntores, para que os alunos possam compreender as consequências da inclusão de mais eletrodomésticos para as instalações elétricas e os riscos iminentes se as especificações não forem obedecidas.

A resistência elétrica de um condutor está relacionada diretamente com algumas de suas características, como o comprimento (l), a área da seção reta (A) e o material que constitui o condutor, que é representado pela resistência específica do material – resistividade (ρ). Assim, a resistência do condutor é dada pela expressão $R = \rho \frac{l}{A}$. Essa expressão também é conhecida como a segunda Lei de Ohm.

Explore outras indicações presentes nos manuais dos aparelhos elétricos, como o uso dos disjuntores e os riscos na utilização de “benjamins” ou de extensões impróprias. Discuta com os alunos o que leva um disjuntor a “cair”, abrindo o circuito da casa, e quais seriam as maneiras de solucionar o problema.

Vale lembrar que, na maioria das vezes, as pessoas trocam os disjuntores por outros de maior valor, tirando a proteção da rede. A utilização de “benjamins” deve ser discutida, pois se trata de uma peça muito difundida no cotidiano. A discussão poderá ser pautada sobre as consequências para o circuito elétrico, como o aumento da corrente elétrica (aqui é possível associar a atividade com o circuito apresentado na Situação de Aprendizagem 3, quando se ligam as lâmpadas em paralelo).

© Jacek/Kino

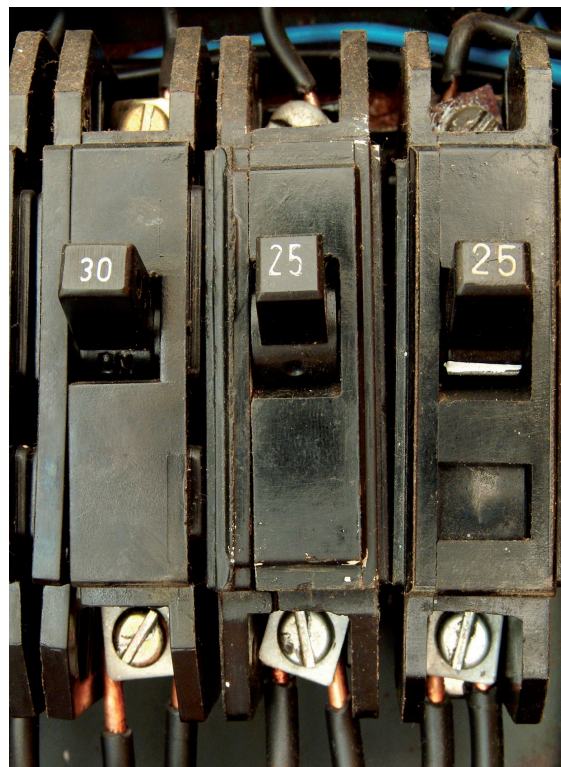


Figura 19. Disjuntores.

Explore essa discussão utilizando o livro didático de sua preferência ou recorrendo à seção Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno, no fim deste Caderno.



1. Em uma tomada residencial, foi ligada uma extensão de aproximadamente 5 m, dobrando o comprimento da fiação já existente. O que ocorre com a resistência elétrica do circuito depois de ligada a extensão?

Considerando-se que o fio da instalação elétrica e o da extensão têm a mesma bitola e são feitos do mesmo material temos:

Resistência antes da ligação $\rightarrow R = \rho l/A$

Resistência depois da ligação $\rightarrow R' = \rho 2l/A$

Logo, $R' = 2 \cdot R$, ou seja, a resistência com extensão é o dobro da resistência sem extensão.

2. Na circunstância anterior, o que vai ocorrer com a corrente elétrica que percorre a fiação?

Dobrando a resistência e mantendo o mesmo valor da tensão, a corrente suportada pela fiação diminuirá pela metade.

3. Um eletrodoméstico, que estava ligado na tomada sem a extensão, demandava uma corrente um pouco abaixo do limite da fiação. Depois de ter sido colocada a extensão e ligado o mesmo eletrodoméstico, o que poderá ocorrer com a instalação? Leve em consideração as respostas dadas às questões anteriores.

A corrente que circula no fio é definida basicamente pela potência do eletrodoméstico. Porém, como nesse caso a resistência do fio tem valor considerável, podemos pensar que se trata de um circuito no qual o eletrodoméstico está ligado em série com um resistor (no caso, o próprio fio). Dessa forma, como a resistência equivalente do circuito aumentou, a corrente diminuirá, já que a tensão se manteve constante. A instalação, portanto, não corre risco, já que a corrente total diminuirá. Mas o eletrodoméstico poderá apresentar um funcionamento irregular em razão da menor potência com que irá operar.

4. A partir do que foi estudado, quais grandezas estão relacionadas com a resistência elétrica de um fio de cobre?

Comprimento e espessura do fio.

5. Se a resistência do fio se altera, o que ocorre com a corrente percorrida nele?

A corrente também se altera. Essa alteração pode ser percebida com a análise da primeira Lei de Ohm, mostrando que corrente e resistência são inversamente proporcionais.

6. Analise a seguinte situação: uma pessoa relatou um aquecimento no fio da extensão que

estava utilizando para ligar um aparelho elétrico (por exemplo, para poder utilizar uma torradeira de fio curto junto à mesa). A partir do que foi estudado, tente explicar a situação relatada.

Espera-se que os alunos avaliem que a bitola do fio de extensão poderia ser menor do que o tamanho exigido para determinados níveis de corrente elétrica, resultando em seu superaquecimento.



1. Nas instalações elétricas residenciais, utiliza-se para grande parte das tomadas e lâmpadas fio número 10 (segundo as especificações do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, o Inmetro), que suporta sem superaquecimento uma corrente elétrica máxima de 30 A. Utilizando um benjamim, uma pessoa ligou um micro-ondas (1 700 W), um liquidificador (300 W) e uma torradeira (750 W). Sabendo que a tensão elétrica da tomada é de 127 V, o fio vai suportar os três aparelhos ligados? Explique sua resposta.

$P_T = 2\ 750\ \text{W}$; $i = 2\ 750/127 \rightarrow i = 21,65\ \text{A}$. Logo, a fiação suportará o funcionamento dos três equipamentos, pois a corrente total será menor do que a suportada pelo fio. É importante frisar que não se deve ligar aparelhos de potência a um benjamim, pois ele pode se aquecer perigosamente.

Na próxima Situação de Aprendizagem, será necessária a utilização de contas de energia elétrica. Há reprodução de uma delas neste volume e no Caderno do Aluno, mas você pode levar outras para a sala de aula. Caso não se sinta à vontade para fazer cópias de contas de sua própria casa, pode obtê-las de conhecidos, fazendo cópias sem a identificação do consumidor e de seu endereço.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 6

ENERGIA ELÉTRICA E A CONTA DE LUZ MENSAL

O objetivo desta Situação de Aprendizagem é sensibilizar os alunos sobre a importância da compreensão das grandezas para determinar o consumo de energia elétrica e, com isso, reconhecer os principais aparelhos consumidores de energia e propor estratégias de economia e uso racional da energia elétrica.

A ideia é pedir aos alunos que analisem uma conta de energia elétrica (conta de luz) e, a partir dessa análise, discutam quatro pontos principais: o consumo de energia de uma casa; o valor efetivo que se paga pela energia; a média diária de consumo e a identificação dos principais equipamentos consumidores de energia em uma residência.

Conteúdos e temas: potência elétrica e energia elétrica.

Competências e habilidades: compreender como é realizada a medição da energia elétrica; estimar o custo e o gasto de energia elétrica; conhecer alternativas seguras de economia da energia elétrica; perceber a relação entre consumo de energia, potência e tempo.

Sugestão de estratégias: usando uma conta de energia elétrica (conta de luz), estimar o gasto e o custo da energia nas casas; a partir dessa discussão, identificar os aparelhos que mais consomem energia nas casas e assim propor alternativas de economia.

Sugestão de recursos: roteiro 6 de atividade e conta de energia elétrica.

Sugestão de avaliação: avaliar respostas das questões propostas na atividade; a resolução dos exercícios; os resultados de pesquisas realizadas; o envolvimento e a participação no desenvolvimento das atividades.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Ao iniciar a Situação de Aprendizagem, proponha as seguintes questões para discussão: *Ao pegar uma conta de luz, vocês sabem identificar cada item descrito nela, além do valor a ser pago? Vocês sabem qual é o consumo de energia elétrica de sua casa? Quanto se paga pela unidade de energia elétrica?* Essas questões têm o objetivo de fazer que os alunos reflitam sobre as infor-

mações presentes em uma conta, buscando compreendê-las melhor.

A partir das questões propostas, solicite aos alunos que comecem a interpretar a conta de luz e, em seguida, respondam às questões (roteiro 6). Essa atividade deve ser realizada em grupo.

É importante que você acompanhe de perto o desenvolvimento da atividade, auxiliando-os na identificação dos valores pedidos.

Roteiro 6 – Energia elétrica e a conta de luz mensal

Investigaremos agora a conta de luz de uma casa. Para isso é necessário que você tenha uma delas em mãos. Observe-a e responda às questões.



Figura 20.

- Qual foi a energia consumida nessa casa?
129 kWh.
- Qual é a unidade de medida da energia consumida?
kWh.
- A que mês corresponde esse consumo (data da leitura)?
Novembro de 2008.
- Qual é a média diária de consumo de energia da casa?
 $129/30 \rightarrow 4,3$ kWh/dia.
- Qual foi o valor pago em reais (R\$)?
R\$ 45,72.
- Qual é o valor efetivo cobrado por unidade de energia consumida? Para isso, basta dividir o valor cobrado pela energia consumida.
 $R\$ 45,72/129 \text{ kWh} = R\$ 0,35/\text{kWh}$.
- Você seria capaz de estimar o valor a ser pago em um banho? Para isso, basta estimar o tempo do banho, em horas, e multiplicar pela potência em kW, do chuveiro. Como exemplo, é possível considerar um chuveiro de potência de 5 500 W e uma pessoa que demora 15 min no banho. A energia consumida no banho é dada por:
 $\Delta E = P [\text{kW}] \cdot \Delta t [\text{h}] = 5,5 [\text{kW}] \cdot 0,25 [\text{h}] = 1,375 \text{ kWh}$. Considerando o preço do kWh de R\$ 0,268 (valor na conta utilizada no Caderno), o banho vai custar aproximadamente R\$ 0,37.
- Estime o valor pago pelo consumo da geladeira, da TV e do ferro de passar roupas. Qual desses aparelhos é o que mais contribui no valor a ser pago na conta de luz?
O consumo da geladeira é fácil de ser verificado, basta consultar o manual. Por exemplo, uma geladeira de 250 L, consome, em média, 25,1 kWh por mês. Uma TV de 21 polegadas cuja potência é de 105 W, se ligada durante 6 h por dia, consome em um mês aproximadamente 18,9 kWh. Um ferro de passar roupas de 1500 W ligado 2 h por semana consome aproximadamente 12 kWh.
- Em sua casa, provavelmente deve haver um aparelho que fica em modo de “espera”, o chamado *stand-by*. Estime o consumo desse ou desses aparelhos em sua casa. Normalmente, o manual do aparelho fornece esses dados. Por exemplo, no manual de uma TV de 21 polegadas de 105 W de potência, podemos constatar que ela consome, em modo *stand-by*, cerca de 0,60 kWh por mês.
- Você diria que a conta analisada é típica de uma família numerosa? Justifique sua resposta.
Não, a julgar pela estimativa do consumo do ferro de passar roupas, da TV e do chuveiro.

© Reprodução

Encaminhando a ação

Depois de respondidas as questões, inicie a discussão com a classe, fazendo o levantamento das respostas dos grupos. A partir do que cada um deles respondeu, é importante destacar as grandezas das quais depende o consumo de energia, quais os aparelhos que normalmente consomem mais (chuveiros, secadores de cabelo, aquecedores e outros aparelhos usados para gerar calor) e mostrar, por meio de um esquema (mostrador do relógio), como se pode averiguar o consumo de energia de uma casa observando o “relógio de luz”.

Vale destacar que a tarifação de uma conta de energia elétrica varia de acordo com a faixa de consumo.

Seria interessante, para o desenvolvimento da atividade, que as contas fossem de períodos diferentes do ano, por exemplo, janeiro, maio, julho e setembro, representando assim as distintas estações e os diferentes consumos de energia elétrica.

Destaque a unidade de medida da energia elétrica, o quilowatt-hora (kWh), e por que a energia elétrica é medida nessa unidade e não em Joule (J). Isso se deve ao fato da praticidade de apenas multiplicar a potência, em geral, em quilowatt, pelo tempo de funcionamento do aparelho em horas (ou frações dela). Demonstre como converter quilowatt-hora em joule. Ao tratar da unidade de medida da energia elétrica, fica um pouco mais claro que a energia é o produto da potência do equipamento pelo tempo que ele permanece ligado. Ressalte essa questão, para minimizar as dúvidas.

Também é possível discutir as leituras feitas nos relógios, portanto complemente a atividade pedindo aos alunos que efetuem a leitura em um dia e, depois, após uma semana; ou efetuem a leitura em dois dias consecutivos para estimar o consumo diário da casa. Medi-

das diárias colocadas em um gráfico permitirão estimar o consumo mensal da residência e identificar o dia de maior consumo.



Figura 21.



1. Uma residência teve um consumo de energia elétrica de 200 kWh em determinado mês do ano. Seis meses depois, esse consumo passou para 250 kWh (aumento de 25%). Praticamente não houve mudanças na rotina da casa para gerar esse aumento na tarifa. Levante hipóteses para tentar explicar o aumento de consumo.

Resposta pessoal.

2. Dividindo o valor da conta de luz pelo consumo mensal, em kWh, o número encontrado não corresponde ao valor do kWh informado pela prestadora de serviço. Por que isso ocorre?

Porque, além do valor do kWh, há impostos cobrados pelos governos federal, estadual e municipal; por exemplo, a taxa de iluminação pública.

3. Uma pessoa demora aproximadamente 10 min para tomar seu banho diário. Se o chuveiro tem potência de 5 400 W, qual é o consumo (com banho) de energia elétrica mensal dessa pessoa? Considere o mês de 30 dias.

$$\Delta E = 5,40 \text{ (kW)} \cdot 30 \text{ (dias)} \cdot 10/60 \text{ (h)} = 5,40 \cdot 5 = 27 \text{ kWh.}$$

4. Na questão anterior, qual será o valor mensal pago somente com o banho, sabendo que o kWh custa R\$ 0,26?

R\$ 7,02.

5. Cite duas maneiras práticas e eficazes de economizar energia elétrica em sua casa.

Resposta pessoal. Alguns pontos podem ser levantados, como: tomar banho mais rapidamente e com o chuveiro na posição

“verão” sempre que possível, apagar as luzes de cômodos que estão vazios, trocar lâmpadas comuns por fluorescentes compactas (mostre que, apesar de serem mais caras, o retorno é garantido em alguns meses), ligar o ferro de passar roupas o mínimo possível, ou seja, não passar poucas peças de roupas, entre outras dicas.

6. Defina a energia elétrica em Joule e relacione com o kWh.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} \rightarrow 1 \text{ kWh} = 3\,600\,000 \text{ J}.$$



No verso da conta de energia há uma representação do “relógio” do medidor de energia elétrica.

Anote a posição dos ponteiros em dois dias seguidos (procure fazer as leituras no mesmo horário) e responda:

1. Qual foi o consumo de sua casa naquele dia?
2. Qual foi naquele dia o gasto de energia

elétrica, em reais, de sua casa? Considere o valor do kWh igual a R\$ 0,27.

3. Estime qual seria o valor da sua conta mensal, considerando aquele dia como típico.
4. Anote as medidas de consumo de energia elétrica de sua casa durante sete dias consecutivos (procure fazer as medições no mesmo horário). Represente essas medidas no gráfico (dia da semana \times consumo), identificando o dia de maior consumo. Levante hipóteses para explicar o aumento ou a diminuição de consumo.
5. Compare a estimativa feita na questão 3 com uma conta mensal real e interprete a diferença com as observações feitas na questão 4.

As respostas para as questões 1 a 5 são pessoais. Você pode escolher os cálculos de alguns alunos para oferecer à classe como exemplos.

GRADE DE AVALIAÇÃO

	Competências e habilidades	Indicadores de aprendizagem
Situação de Aprendizagem 1	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificar a presença da eletricidade no cotidiano. ▶ Classificar os equipamentos elétricos a partir de seu uso em tarefas cotidianas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compreender a presença da eletricidade. ▶ Relacionar a eletricidade ao nosso cotidiano.
Situação de Aprendizagem 2	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificar elementos que caracterizam a transformação da energia elétrica. ▶ Iniciar discussão sobre as grandezas apresentadas, tais como resistência elétrica, corrente elétrica, tensão, energia e potência elétrica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificar as grandezas apresentadas em um manual de aparelho elétrico. ▶ Reconhecer e categorizar os aparelhos elétricos a partir de suas características. ▶ Avaliar o consumo de energia elétrica.

Situação de Aprendizagem 3	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificar os principais elementos do circuito. ▶ Relacionar os elementos do circuito, as grandezas envolvidas e suas unidades de medida – primeira Lei de Ohm. ▶ Definir corrente elétrica e o modelo microscópico. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Executar experimentos com procedimentos adequados na construção e análise do funcionamento de um circuito elétrico. ▶ Identificar os elementos constituintes de um circuito elétrico. ▶ Interpretar resultados não esperados e elaborar hipóteses em situações que envolvem funcionamento de um circuito elétrico. ▶ Comparar os circuitos elétricos domésticos.
Situação de Aprendizagem 4	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificar os perigos e procedimentos adequados para o manuseio da eletricidade. ▶ Compreender o choque e seus efeitos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificar as concepções de profissionais que lidam com a eletricidade sobre o “choque”. ▶ Compreender o choque como o resultado da passagem da corrente elétrica pelo corpo humano e, conseqüentemente, entender os perigos e os cuidados no manuseio da eletricidade.
Situação de Aprendizagem 5	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compreender o dimensionamento do circuito doméstico. ▶ Entender a relação entre a resistência, o comprimento e a espessura do fio – segunda Lei de Ohm. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reconhecer a importância do dimensionamento de instalações elétricas domésticas. ▶ Interpretar bem os manuais dos eletrodomésticos.
Situação de Aprendizagem 6	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compreender como é feita a medida da energia elétrica. ▶ Estimar o custo e o gasto de energia elétrica. ▶ Conhecer alternativas seguras de economia da energia elétrica. ▶ Perceber a relação entre o consumo de energia, a potência e o tempo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reconhecer e interpretar uma conta de energia elétrica. ▶ Estabelecer critérios para a economia na conta de energia elétrica. ▶ Interpretar resultados não esperados e elaborar hipóteses em situações que envolvem o consumo de energia elétrica.

PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

1. (Enem – 2007) Associação Brasileira de Defesa do Consumidor (com adaptações).

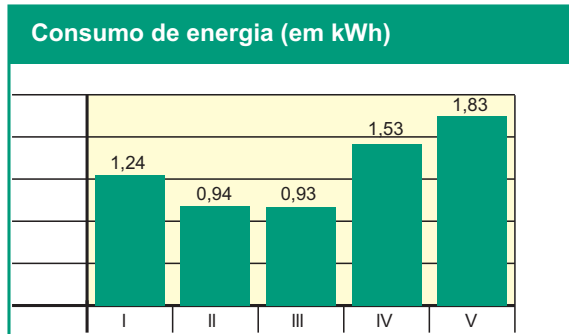


Figura 22.

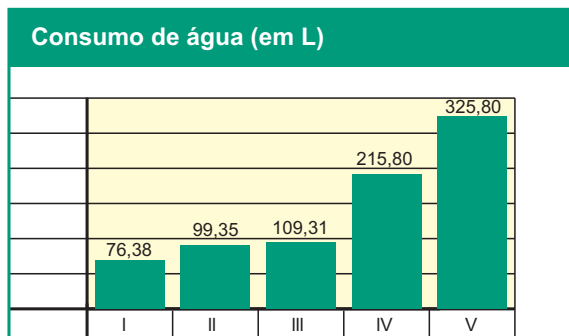


Figura 23.

As figuras acima apresentam dados referentes aos consumos de energia elétrica e de água relativos a cinco máquinas industriais de lavar roupa comercializadas no Brasil. A máquina ideal, quanto a rendimento econômico e ambiental, é aquela que gasta, simultaneamente, menos energia e água.

Com base nessas informações, conclui-se que, no conjunto pesquisado:

- quanto mais uma máquina de lavar roupa economiza água, mais ela consome energia elétrica.
- a quantidade de energia elétrica consumida por uma máquina de lavar roupa é inversamente proporcional à quantidade de água consumida por ela.

c) a máquina I é ideal, de acordo com a definição apresentada.

d) a máquina que menos consome energia elétrica não é a que consome menos água.

e) a máquina que mais consome energia elétrica não é a que consome mais água.

Podemos notar, com relação aos gráficos, que a máquina III é a que menos consome energia, porém seu consumo de água não é o menor. É importante discutir as demais alternativas com os alunos, para que possam avaliar melhor a questão.

2. (Enem – 2005) Podemos estimar o consumo de energia elétrica de uma casa considerando as principais fontes desse consumo. Pense na situação em que apenas os aparelhos que constam da tabela abaixo fossem utilizados diariamente da mesma forma. A tabela fornece a potência e o tempo efetivo de uso diário de cada aparelho doméstico.

Aparelho	Potência (kW)	Tempo de uso diário (horas)
Ar-condicionado	1,5	8
Chuveiro elétrico	3,3	$\frac{1}{3}$
Freezer	0,2	10
Geladeira	0,35	10
Lâmpadas	0,10	6

Tabela 9.

Supondo que o mês tenha 30 dias e que o custo de 1 kWh é de R\$ 0,40, o consumo de energia elétrica mensal dessa casa é de aproximadamente:

- R\$ 135.
- R\$ 165.
- R\$ 190.
- R\$ 210.
- R\$ 230.

Para determinar o valor a ser pago, calcule a energia consumida pelo aparelho multiplicando a potência pelo tempo.

Aparelho	Potência (kW)	Tempo de uso diário (horas)	Consumo (kWh)
Ar-condicionado	1,5	8	12
Chuveiro elétrico	3,3	1/3	1,1
Freezer	0,2	10	2
Geladeira	0,35	10	3,5
Lâmpadas	0,10	6	0,6

Tabela 10.

Esse valor fornece o consumo diário (19,2 kWh). Como o problema pede o consumo do mês (30 dias), multiplique o valor total por 30, encontrando o valor de 576 kWh. Assim, terá o consumo mensal. Em seguida, multiplique 576 kWh por R\$ 0,40, chegando ao valor de R\$ 230,40. A alternativa que mais se aproxima é a última.

3. Ao comprar um chuveiro, uma pessoa viu a placa que trazia as especificações (Figura 24). Tendo como base a figura, responda às questões a seguir:



Figura 24.

- a) O que representa cada símbolo na especificação?

220 V representa a tensão elétrica; 5400 W, a potência do chuveiro; 4 mm², a área do transversal do fio (bitola); 30 A, a corrente elétrica máxima que o disjuntor suporta, e 15 kPa, a pressão mínima da água para o funcionamento do chuveiro.

- b) O que poderá ocorrer se essas especificações não forem obedecidas?

Pode ocorrer uma série de problemas de mau funcionamento. Se a tensão for de 127 V, o chuveiro não esquentará como deveria (é interessante que seja feito o cálculo mostrando a dimi-

nuição da potência do chuveiro); se a fiação tiver bitola menor, causará um aquecimento maior do que o normal, levando o isolamento do fio a derreter, causando um possível curto-circuito na rede; se a pressão for menor, o chuveiro não ligará, pois a água não terá pressão para fazer os conectores se fecharem para ligar o chuveiro.

- c) Qual é o consumo do chuveiro em um banho de 15 minutos?

O consumo é determinado por: $\Delta E = 5,4 \cdot 0,25 = 1,35$ kWh. Lembre-se de que a potência deverá ser expressa em kW e o tempo em h.

- d) O que pode acontecer com a fiação da residência se os fios tiverem bitola menor do que o indicado?

Se a fiação tiver bitola menor, causará um aquecimento maior do que o normal, levando o isolamento do fio a derreter, e um provável curto-circuito na rede ocorrerá, além de um possível início de incêndio.

4. Muitos manuais de equipamentos elétricos indicam o dimensionamento da rede elétrica e, além disso, destacam a seguinte frase: “Não utilize extensões ou conectores tipo T (‘benjamim’)”. Discuta as consequências para a rede elétrica quando se usa esse tipo de dispositivo.

No caso do uso das extensões, é importante que se tenha em mente a relação entre o comprimento do fio e a resistência. Aumentando o comprimento, aumenta a resistência da instalação onde o aparelho está ligado. O aumento da resistência causa uma diminuição na corrente, já que a extensão funciona como se fosse um resistor ligado em série ao aparelho. Se os fios da extensão forem finos e o equipamento ligado a ela tiver alta potência, essa combinação pode levar a um aquecimento maior do que o esperado, carbonizando ou derretendo os isolantes e, conseqüentemente, fundindo os fios e levando a um curto-circuito. Além disso, como a extensão está funcionando como se fosse um resistor em série com o equipamento, haverá queda de tensão nela, e, em decorrência, a tensão oferecida para o equipamento deverá ser menor do que a esperada, comprometendo o desempenho do equipamento. No caso do uso do benjamim, vários aparelhos são ligados em paralelo, aumentando a corrente na fiação da tomada. Isso leva a um aquecimento da fiação e do próprio benjamim, podendo causar um curto-circuito.

5. Para secar o cabelo, uma jovem dispõe de dois secadores com as seguintes especificações: 1200 W/127 V e 800 W/127 V. Discuta as vantagens de se utilizar um e outro secador.

O secador de 1200 W consome mais energia.

Grade de correção das questões

A primeira questão habilita os alunos a reconhecer o consumo de equipamentos elétricos, avaliando que aspectos são relevantes no momento de adquiri-los. Assim, eles poderão compreender melhor o que deve ser avaliado no momento da aquisição.

A segunda questão permite a eles avaliar e conhecer os principais aparelhos consumidores de energia em uma casa, compreendendo que a energia consumida é o produto entre a potência e o tempo que o equipamento permanece ligado.

A terceira questão permite aos alunos reconhecer as grandezas indicadas nas especificações dos aparelhos elétricos, bem como avaliar a importância de obedecê-las, para que o equipamento possa ter o seu correto funcionamento, sem que haja algum risco para a rede elétrica ou para quem o utiliza.

A quarta questão possibilita que os alunos avaliem a necessidade de um correto dimensionamento da rede elétrica, bem como compreender os riscos causados pela utilização de dispositivos como extensões e “benjamins” nas instalações elétricas domiciliares.

A última questão habilita os alunos a avaliar as vantagens de escolher entre dois equipamentos que têm a mesma função. Ambos têm a mesma voltagem, mas a potência é diferente. Permite, dessa forma, compreender quando poderá utilizar um e outro ou por que utilizar um e não outro.

TEMA 2 – CAMPOS E FORÇAS ELETROMAGNÉTICAS

As interações elétricas e magnéticas muitas vezes passam despercebidas por nós. Contudo, elas são necessárias para se entender muitos dos fenômenos presentes em nosso cotidiano.

Como seria o nosso mundo se não houvesse a interação elétrica? Como os átomos de carbono poderiam formar moléculas orgânicas e como estas poderiam se unir para formar substâncias do corpo humano se não houvesse a interação elétrica? Por que uma bússola aponta sempre para o norte? Por que é necessário utilizar para-raios nas edificações? Como uma usina hidrelétrica produz energia a partir do movimento de queda-d'água? Como informações poderiam ser gravadas nos tocadores de MP3 sem a interação magnética? Essas são apenas algumas questões ligadas à natureza das interações eletromagnéticas que serão discutidas neste tema.

As próximas Situações de Aprendizagem apresentarão os conceitos iniciais sobre os campos elétricos e magnéticos, mostrando, por exemplo, como ímãs (e corpos eletrizados) atraem-se e repelem-se entre si sem contato. Isso permitirá discutir a interação a distância em contraste com a interação instantânea. Em seguida, para dar significado e dimensão real aos conceitos estudados até aqui, faremos estimativas de ordens de grandeza.

As propriedades elétricas e magnéticas da matéria desempenharam um papel importante no desenvolvimento da Física. Foi com o estudo da eletricidade e do magnetismo manifestados por vários materiais como os âmbar, as pedras “amantes” (os ímãs naturais), que a Física iniciou a prospecção do mundo microscópico.

O cotidiano está repleto de situações que, apesar de não serem percebidas direta-

mente, envolvem essas propriedades. *Quem já não teve os pelos do braço atraídos por uma tela de televisão recém-desligada ou levou choque ao encostar em alguém ao descer de uma escada rolante?*

Para o desenvolvimento deste tema, serão propostas cinco Situações de Aprendizagem que envolvem as relações entre magnetismo e eletricidade a partir de investigações com experimentos simples.

A Situação de Aprendizagem 7 discutirá as propriedades elétricas e magnéticas a partir de investigações com equipamentos simples. O uso de pêndulos eletrostáticos, ímãs e metal permitirá trabalhar conceitos ligados à Lei de Coulomb, às cargas elétricas em repouso, aos ímãs, aos polos magnéticos e ao comportamento de condutores e isolantes quando sujeitos à ação de corpos eletrizados e magnetizados.

Na Situação de Aprendizagem 8, será proposta uma atividade que discutirá e estimará a ordem de grandeza dos principais conceitos estudados até esse ponto.

A Situação de Aprendizagem 9 buscará observar e estudar as linhas de campo magnético por meio de uma bússola e de limalhas de ferro.

A Situação de Aprendizagem 10 fará uso de um pequeno circuito elétrico e de uma bússola para realizar uma versão simplificada da experiência de Oersted, em que é possível observar os efeitos magnéticos da eletricidade.

Finalmente, na Situação de Aprendizagem 11, com o uso de uma pequena bobina, um ímã e uma bússola, observaremos o fenômeno inverso, ou seja, os efeitos elétricos do magnetismo, o que abre espaço para a introdução da lei de indução de Faraday.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 7

PERCEPÇÃO DOS CAMPOS E SUA NATUREZA

Nesta Situação de Aprendizagem, os alunos reconhecerão as propriedades elétricas e magnéticas da matéria, bem como seus campos de interação. A ideia é pedir aos alunos que investiguem os pêndulos feitos de materiais de baixo custo.

Cada esfera do pêndulo conterà um material diferente – metal e ímã – de modo que os alunos possam observar diferentes reações dos pêndulos na presença de materiais distintos, como um canudinho eletrizado, um ímã e um objeto neutro.

Conteúdos e temas: carga elétrica; polos magnéticos; eletrização; campo elétrico; campo magnético e força elétrica.

Competências e habilidades: identificar as propriedades elétricas e magnéticas, compreendendo a interação através de campos; reconhecer os processos de eletrização; diferenciar um condutor de um isolante elétrico.

Sugestão de estratégias: por meio do uso de pêndulos, construídos com material de baixo custo, serão exploradas as propriedades elétricas e magnéticas, relacionando-as com seus respectivos campos de força.

Sugestão de recursos: roteiro 7 de atividade experimental com materiais de baixo custo.

Sugestão de avaliação: avaliar as respostas dadas às questões propostas, a resolução de exercícios e o envolvimento com o desenvolvimento da atividade.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Para iniciar a discussão sobre os campos eletromagnéticos, faça a seguinte demonstração, usando um ímã e um clipe: coloque o clipe cercado por uma folha de papel e aproxime dele um ímã. Repita a operação, porém faça que o ímã venha pelo lado oposto. Em seguida, questione: *Como o clipe sabe que há um ímã por perto? Como é informado de que lado o ímã está chegando até o clipe?* Se quiser, troque o clipe por uma bússola.

Os alunos refletirão sobre a maneira como os corpos percebem a presença de outros corpos. Essa ideia pode ser estendida para o caso da atração entre a Terra e a Lua e a atração entre o Sol e os planetas do sistema solar.

Depois, execute na sala o experimento de percepção dos campos e sua natureza (roteiro 7) e solicite aos alunos que respondam às questões. As respostas poderão ser dadas em grupo, para que haja maior discussão sobre as observações realizadas.

Roteiro 7 – Percepção dos campos e sua natureza



Antes de iniciar a atividade, “brinque” com os seguintes objetos: um ímã, um canudo de re-

fresco e três pêndulos construídos com esferas de isopor (em um pêndulo, a esfera de isopor não será alterada; em outro, a esfera vai esconder um pedaço de clipe; e, no terceiro, a esfera esconderá um ímã).

Importante: antes de começar a atividade, embaralhe os pêndulos para que você não saiba qual é a composição de cada um e os numere de 1 a 3.

Aproxime o canudo de refresco dos três pêndulos e observe o que acontece. Em seguida, atrite o canudo de refresco uma única vez, mas de forma vigorosa, com um pedaço de papel higiênico; aproxime-o dos pêndulos e observe o que acontece. Aproxime também o ímã dos três pêndulos e observe.

Veja que em algumas situações os objetos vão se atrair – chamaremos isso de atração. Em outras situações, os objetos vão se repelir – a isso chamaremos de repulsão.

Complete a tabela a seguir anotando suas observações. Veja se ocorre atração, repulsão ou se nada acontece ao aproximar de cada uma das esferas dos pêndulos os seguintes corpos: um canudinho; um canudinho eletrizado (eletriza-se um canudinho atritando-o com uma toalha de papel) e um ímã.

Corpos	Pêndulo 1	Pêndulo 2	Pêndulo 3
Canudinho			
Canudinho eletrizado			
Ímã			

Tabela 11.

Com base nas suas observações, responda:

1. Em qual pêndulo o pedaço de clipe está escondido? Explique.
2. Em qual pêndulo o ímã está escondido? Explique.

3. Qual pêndulo é inteiramente de isopor? Explique.

Nas questões 1, 2 e 3, espera-se que os alunos observem as reações de atração e repulsão entre os corpos, atribuindo os movimentos às características dos corpos.

4. Haveria diferença se fosse utilizado um ímã “mais forte”? Como chega a informação sobre a intensidade do ímã ao pêndulo?

Ao utilizar um ímã “mais forte”, espera-se que ele exerça uma força maior sobre os pêndulos com o clipe ou com o ímã escondidos. Os resultados visíveis seriam: no caso do pêndulo com clipe, ele estaria sujeito a uma maior aceleração com a aproximação do ímã e se moveria mais rapidamente do que com o ímã “mais fraco”; no caso do pêndulo com ímã, ele poderia ser repelido com maior intensidade, ficando mais distante do “ímã forte”, ou seria atraído com maior força, movendo-se mais rapidamente. É importante que os alunos notem que não é necessário que haja contato entre os corpos para que eles sofram a ação de forças.

5. Como o pêndulo “percebe” a aproximação e a orientação dos corpos?

Como na questão anterior, é importante que os alunos percebam que não é necessário que haja contato entre os corpos para que eles sofram a ação de forças. Uma vez notado isso, a questão pode ser recolocada: *Algo emana dos corpos? O que é transmitido e como é transmitido de um corpo para o outro? Verifique se nas respostas dos alunos há elementos para que essa problematização possa ser feita.*

6. Como o pêndulo identifica quando é aproximado um ímã ou um canudinho eletrizado, ou seja, o que detecta a aproximação do ímã e do canudinho eletrizado?

Verifique se os alunos conseguiram perceber que a aproximação de ímãs e corpos eletrizados gera fenômenos diferentes nos diversos pêndulos. Procure problematizar que diferentes fenômenos podem ser explicados por interações de naturezas distintas.

Roteiro adaptado de: BROCKINGTON et al. Curso de dualidade onda-partícula. Nupic-FEUSP. Disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/material-curso-de-linhas-espectrais>>. Acesso em: 3 set. 2013.

Encaminhando a ação

Depois de respondidas as questões, inicie a discussão com a classe fazendo o levantamento das respostas de cada grupo. A conversa deve ser encaminhada visando à introdução da ideia de que as ações elétrica e magnética são “mediadas” e não instantâneas. Ou seja, que a percepção da presença de um objeto pelo outro se dá por meio de um intermediário: o campo (elétrico e magnético).

Uma questão que pode auxiliar nessa tarefa é perguntar aos alunos: *O que aconteceria ao pêndulo com clipe se o ímã desaparecesse?* Os alunos provavelmente responderão que o pêndulo deixaria de ser atraído. Repita a pergunta, mas diga agora que o ímã foi levado para mais longe. Repita mais algumas vezes a pergunta alterando a localização do ímã, que ficará cada vez mais longe, por exemplo, na órbita da Lua, depois na posição do Sol e, finalmente, no infinito. A ideia é levar os alunos a perceberem que, na perspectiva moderna, a interação elétrica e magnética se encontra entre fonte (ímã) e alvo (pêndulo). Chamamos isso de **campo**.

Em seguida, sistematize a discussão para que os conceitos possam ser compreendidos de maneira clara pelos alunos. É possível lançar mão, nesse momento, de definições formais e de exercícios numéricos, presentes na maioria dos livros didáticos.

Depois da discussão sobre a atividade, é necessário que você formalize algumas definições nessa aula ou na próxima. Os alunos precisam compreender a relação da força com o inverso do quadrado da distância – Lei de Coulomb. Uma estratégia interessante para abordar matematicamente essa lei é trabalhar com gráficos.

Há outros temas para discussão, tais como: a força como manifestação do campo; a relação entre campo e carga elétrica e vice-versa,

ou seja, que não existe campo sem carga, nem carga sem campo; a existência de dois polos magnéticos e que eles são inseparáveis.

Para que possa ficar mais bem fixado, aplique exercícios numéricos que reforcem esses aspectos. Contudo, procure não estender por mais de uma aula o trabalho com exercícios.

Se for possível, proponha uma investigação para os alunos. Para isso, forneça aos grupos, além dos três pêndulos, os materiais descritos, como ímãs, bússolas, cliques, pedaços de papel, giz, canudos de refresco, papel higiênico ou papel-toalha e outros.



Figura 25. Visualização de campo magnético de dois ímãs com polos diferentes utilizando limalha de ferro.



1. A partir do que foi estudado, destaque as diferenças entre eletrização por atrito, contato e indução.

Na primeira, a eletrização ocorre mediante atrito entre dois corpos, que adquirem sinais opostos. Na segunda, quando os corpos são colocados em contato ocorre distribuição da carga elétrica entre eles, que adquirem o mesmo sinal. Na última, não existe contato; o corpo neutro é induzido pelo campo elétrico do corpo que está carregado e adquire (mediante aterramento) sinal oposto ao deste.

2. Quando podemos dizer que há repulsão entre dois corpos eletrizados? E entre ímãs?

A repulsão entre dois corpos eletrizados ocorre quando ambos têm cargas de mesmo sinal. No caso dos ímãs, a repulsão se dá quando aproximamos polos de mesmo nome (polo sul com polo sul e polo norte com polo norte).

3. Enuncie a Lei de Coulomb e escreva a sua expressão matemática.

A força entre duas cargas elétricas é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas, conforme demonstrado na fórmula:

$$F = \frac{k \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2} \quad (\text{dada em N})$$

4. Pode-se dizer que um corpo neutro não tem campo elétrico? Por quê?

A igualdade numérica de cargas positivas e negativas faz que a ação externa do campo seja nula. Isso se dá em razão da superposição dos campos elétricos das cargas negativas e das cargas positivas, que resulta em um campo elétrico nulo, ainda que haja campos não nulos no interior do corpo.



1. Pegue um papel e picote em pequenos pedaços. Em seguida, esfregue uma caneta ou um pente de plástico no cabelo e depois aproxime dos pedacinhos de papel. Eles serão atraídos pela caneta ou pelo pente de plástico. Por que isso acontece? Faça um esboço dos objetos e a distribuição de suas cargas elétricas.

Observe se as respostas dos alunos relacionam a atração dos pedaços de papel a um fenômeno de origem elétrica. A atração pode ser explicada da seguinte forma: a caneta fica carregada eletricamente em razão do atrito com o cabelo. Uma vez carregada, ao se aproximar dos pedaços de papel picado, a caneta faz que as cargas do papel se reorganizem. Essa reorganização faz que as cargas de sinal contrário ao da caneta sejam atraídas e as de mesmo sinal, repelidas. O resultado é o surgimento de uma força de atração.

2. Pode-se dizer que o ato de esfregar a caneta ou o pente “gerou” um campo elétrico?

Não, o campo elétrico está sempre presente. O que houve foi um desequilíbrio entre as cargas elétricas. Isso permitiu que o campo de um dos tipos de carga tenha intensidade maior que o do outro tipo.

3. Quando podemos dizer que um corpo está carregado positivamente? E negativamente?

O corpo é considerado positivo quando tem falta de elétrons e é considerado negativo quando tem excesso de elétrons.

Aproveite para discutir com os alunos o tema da blindagem eletrostática.

Blindagem eletrostática

Será que podemos blindar a ação do campo elétrico sobre os corpos? A resposta para essa questão foi elaborada por Michael Faraday ao construir uma gaiola metálica que recebeu seu nome: gaiola de Faraday. Com ela, foi possível demonstrar que condutores só possuem carga em excesso em sua superfície externa, tendo o campo elétrico nulo em seu interior. Atualmente, a ideia de Faraday é utilizada para proteger equipamentos eletrônicos que são sensíveis a interferências elétricas externas ou a aparelhos que promoveriam interferências, como liquidificadores, por exemplo. O princípio desta ideia ficou conhecido como blindagem eletrostática e explica por que as pessoas ficam protegidas dentro de um veículo quando este é atingido por uma descarga elétrica. Nesse caso, as cargas elétricas escoam sobre a superfície externa do veículo até a terra.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 8 ESTIMANDO GRANDEZAS

Esta Situação de Aprendizagem tem como objetivo discutir a maneira de se estimar a intensidade das grandezas envolvidas em determinados fenômenos vinculados à eletricidade. Para isso, será realizada uma discussão teórica focando as grandezas estudadas.

A ideia é discutir, a partir de um relâmpago, como se pode estimar a corrente, o campo e a quantidade de carga que se apresenta nesse fenômeno e, em seguida, comparar com observações mais próximas, como a corrente e a quantidade de cargas que passam em um chuveiro.

Nesse caso, serão explorados os ímãs, o campo magnético da Terra e campos dessa

natureza criados em alguns equipamentos, como o tomógrafo.

Conteúdos e temas: ordem de grandeza e estimativa de grandezas elétricas, como resistência, tensão elétrica e corrente.

Competências e habilidades: estimar ordem de grandeza.

Sugestão de estratégias: utilizando objetos do cotidiano dos alunos, estimar a ordem das grandezas envolvidas em alguns fenômenos.

Sugestão de recursos: roteiro 8 de atividade e discussão entre os alunos e alunos e professor.

Sugestão de avaliação: avaliar as respostas dadas às questões propostas, a resolução de exercícios e o envolvimento no desenvolvimento da atividade.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Esta será uma atividade teórica desenvolvida a partir de discussões pautadas em questões propostas por você. Por isso, cuide para que as discussões não sejam focadas em suas colocações. Instigue os alunos a responder às questões.

Para iniciar a conversa sobre as estimativas, é importante que fique bem claro o que é realizar estimativa das grandezas, ou seja,

mostrar como é feito um cálculo aproximado das grandezas envolvidas no fenômeno, por meio apenas de relações conhecidas.

Para que fique mais nítido o que será realizado, dê um exemplo simples sobre a estimativa da massa de todas as pessoas que se encontram na sala, fazendo o cálculo para a média de massa de 70 kg.

Em seguida, explique o fenômeno que servirá para estimar as grandezas: o relâmpago (uma descarga elétrica atmosférica).

Roteiro 8 – Estimando grandezas



Utilizando um relâmpago para estimar grandezas físicas

A análise de uma descarga elétrica, que chamamos de relâmpago ou raio, na natureza, permite-nos estimar algumas grandezas físicas. Uma delas é a carga elétrica acumulada em nuvens. Para essa análise, devemos entender primeiro o que é um capacitor.

O capacitor é um dispositivo utilizado para armazenar energia elétrica pelo acúmulo de cargas elétricas. Na natureza, o conjunto “terra-ar-nuvem” ou “nuvem-ar-nuvem” forma capacitores. A carga armazenada nos capacitores pode ser determinada pela expressão $Q = C \cdot U$, em que Q é a carga acumulada no capacitor, C é a grandeza denominada capacitância e U é a tensão à qual estão submetidas as placas do capacitor.

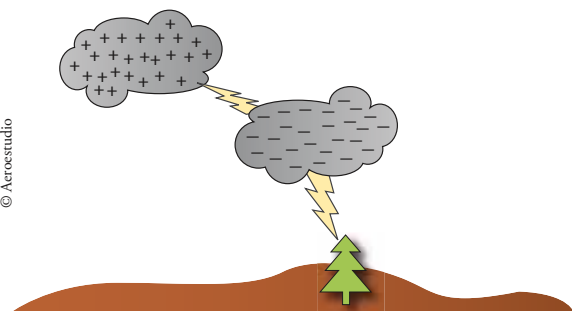


Figura 26.

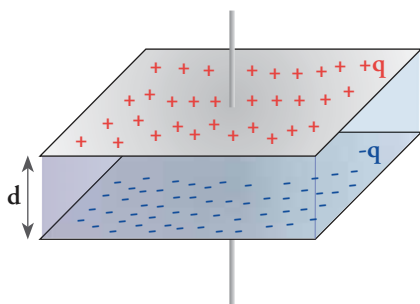


Figura 27. Capacitor.

A capacitância de um capacitor também pode ser determinada pela sua forma geométrica. No caso de um capacitor de placas paralelas a expressão é dada por: $C = \epsilon_0 (A/d)$, onde ϵ_0 depende do meio entre as placas do capacitor, que no caso do ar vale $8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m, A é a área do capacitor e d é a distância entre as placas, que, no caso da nuvem, é a distância entre as nuvens ou a distância entre a nuvem e a terra.

Pode-se estimar também a corrente elétrica de um raio. Para isso, basta lembrar que a intensidade da corrente elétrica é a razão entre a carga elétrica e o tempo que ela demora para passar por uma seção, ou seja, $I = Q/\Delta t$.

Elaborado por Maxwell Siqueira especialmente para o São Paulo faz escola.

1. Observe um dia em que um temporal está se armando e em que ocorrem muitos relâmpagos. A partir dessa observação, tente estimar:

- o campo elétrico;
- a tensão da descarga elétrica (relâmpago);
- a quantidade de cargas escoadas a cada segundo;
- a corrente elétrica.

2. Em seguida, compare esses dados com uma estimativa dessas grandezas relacionadas com sua casa. Por exemplo, estime a tensão em casa, a corrente que é percorrida em um liquidificador e a quantidade de cargas que atravessam o fio que liga o liquidificador à tomada.

Nas questões 1 a 2, para fazer a estimativa das grandezas físicas solicitadas, é preciso que se tenha algum ponto de partida. Por exemplo, se, por meio de uma pesquisa, sabe-se a capacidade de condução de corrente de um para-raios, pode-se supor a magnitude da corrente elétrica que um raio estabelece. De posse desse dado, utilizando uma estimativa do tempo de duração do raio, é possível calcular a quantidade de cargas escoadas. Conhecendo a quantidade de cargas que eletrizam as nuvens e a distância entre a nuvem e a terra, é possível estimar a magnitude do campo elétrico. É possível também partir das dimensões físicas das nuvens e das distâncias relativas entre nuvens e/ou entre a nuvem e a terra, e, utilizando a fórmula da capacitância, pode-se determinar a ddp. De posse do valor da ddp, pode-se estimar as outras grandezas. Utilize nessa atividade as relações matemáticas presentes no texto “Utilizando um relâmpago para estimar grandezas físicas”.

3. Agora, pegue um pequeno ímã e prenda nele o maior número de moedas de 10 centavos (que não sejam de latão). Anote esse valor para ser discutido em classe.

Resposta de acordo com o número de moedas presas no ímã. Na discussão pode ser feita uma comparação entre a força gravitacional e a força magnética, estimando valores para o peso das moedas.

Encaminhando a ação

A discussão também pode ser iniciada pela estimativa do campo elétrico. Para isso, será necessário indicar que todo material isolante (dielétrico) tem uma propriedade denominada rigidez dielétrica, que é a grandeza que mede a intensidade máxima do campo elétrico que se pode suportar sem sofrer ruptura.

No caso do ar, ele começa a conduzir a eletricidade quando o campo elétrico se torna muito intenso, isto é, quando ultrapassa o valor de $3 \cdot 10^6$ V/m. Nesse momento, há uma ruptura da rigidez dielétrica do ar e ele começa a conduzir. Dessa forma, quando ocorre um relâmpago, o campo elétrico tem uma intensidade um pouco maior do que $3 \cdot 10^6$ V/m.

Estimado o campo elétrico, agora é o momento de estimar a tensão elétrica. Para isso, considere o campo elétrico constante. Assim, estará simplificando o problema, mas aumentando o erro da estimativa. Para chegar ao valor da tensão no raio, é necessário estimar a altura entre as nuvens ou a altura entre a nuvem e o solo. Em seguida, é só multiplicar o campo elétrico pela distância e se obtém o valor da tensão. A base das nuvens se encontra entre 2 e 3 km.

Encontrado o valor da tensão, estime a quantidade de carga que escoou em um raio.

A estimativa da capacitância é a mais complicada de ser feita (ver texto “Utilizando um relâmpago para estimar grandezas físicas”), por isso deverá ser desenvolvida calmamente para que não se perca o foco do que se está querendo realizar.

Na seção Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno, há sugestão de um artigo que poderá auxiliar na discussão sobre raios e as grandezas envolvidas.

Encontrada a carga, fica faltando apenas a corrente elétrica. Para isso, é necessário estimar o tempo que demora o raio e lembrar que corrente é a razão entre a quantidade de carga pelo tempo.

Todas essas estimativas podem ser comparadas com os valores típicos que encontramos nas instalações comuns, como em casa, por exemplo. É importante que os alunos percebam a diferença existente entre as ordens de grandeza do fenômeno analisado e as intensidades relacionadas ao seu cotidiano.



Figura 28. Raio.

Depois dessa discussão sobre as grandezas, inicie outra, sobre o campo magnético.

Informe aos alunos que as barras de ímãs têm, em média, um campo em torno de 10^{-2} T (tesla) e que o campo magnético da Terra é de aproximadamente 10^{-4} T, ou seja, 100 vezes menor do que o da barra imantada. Para que eles possam perceber essa diferença, leve uma bússola e mostre que qualquer ímã consegue mover sua agulha, indicando que o campo do ímã é maior do que o da Terra.

Em seguida, compare com o campo magnético criado por um aparelho como o tomógrafo, perguntando quantas moedas esse aparelho conseguiria prender da mesma maneira como foi feito com o ímã. O campo desse equipamento pode chegar até 6 T. Assim, seria uma pilha de aproximadamente 600 vezes mais do que a do pequeno ímã.

Para que a atividade não perca seu sentido, é necessário que você indique uma pequena tarefa aos alunos. Uma questão interessante é pedir para eles estimarem a quantidade de carga que passa, por segundo, por um eletrodoméstico qualquer.



1. Um ferro de passar roupas, de 1400 W – 127 V, permanece ligado durante 40 min. Estime a quantidade de carga que percorre o fio do ferro por segundo.

$i = 1400/127 = 11,02$ A. Isso equivale dizer que a cada 1 segundo são percorridos 11,02 C pelo fio. Recorde aos alunos que $1\text{ A} = 1\text{ C}/1\text{ s}$.

2. Qual é o processo de eletrização das nuvens?

Basicamente é o atrito.

3. Qual é a capacitância de uma nuvem de 5 km de extensão e 1 km de altura?

Considerando uma nuvem de formato circular, podemos calcular da seguinte forma:

$$C = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 3,14 \cdot (2\,500)^2/1\,000$$

$$C = 0,17\ \mu\text{F}.$$

4. A partir do que foi estudado, como você pode definir capacitância?

Espera-se que os alunos percebam que capacitância é a grandeza elétrica de um capacitor (dispositivo utilizado para armazenar cargas elétricas no qual a descarga ocorre bem mais rapidamente que em uma bateria).

5. Defina o que é o raio (relâmpago).

As respostas dos alunos devem estar relacionadas à descarga elétrica das nuvens em razão do acúmulo de cargas.

6. Analise a seguinte frase: “Uma nuvem carregada pode ser considerada um capacitor carregado”. Relacione-a com os conceitos discutidos na atividade.

A resposta dessa questão relaciona as duas respostas anteriores. Por esse motivo, é importante que as duas questões anteriores sejam rediscutidas, caso necessário.



1. O que é estimativa?

É um cálculo aproximado daquilo que se procura investigar. Muitas vezes, utiliza-se somente a ordem de grandeza para se realizar a estimativa.

2. Qual é a origem da energia elétrica armazenada entre as placas do capacitor?

A energia armazenada em um capacitor vem do campo elétrico que as cargas elétricas das placas geram no interior do capacitor.

3. Algumas vezes, principalmente em dias muito secos, costuma-se tomar choque quando se toca em maçanetas de portas ou em carros. Reflita sobre esse fenômeno, relacionando-o com o que foi discutido na atividade.

Espera-se que os alunos possam relacionar a descarga a um efeito da capacitância entre o corpo e a maçaneta ou entre o corpo e a porta do carro.

4. Pesquise em enciclopédias, livros de Física ou na internet como funciona um para-raios e o que é rigidez dielétrica. Anote o resultado de sua pesquisa e não deixe de colocar a referência da fonte da qual você retirou as informações.

Resposta pessoal.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 9

CONHECENDO AS LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO DE UM ÍMÃ

Esta Situação de Aprendizagem tem como objetivo reconhecer as linhas de campo de um ímã e, a partir delas, estabelecer uma relação entre a distância da fonte e a intensidade de seu campo. A proposta é investigar, a partir

da configuração de limalhas de ferro sobre um papel em que se encontra um ímã, a formação das linhas de campo, a orientação do campo magnético por meio da bússola em diversas posições e a determinação dos polos magnéticos.

Conteúdos e temas: campo magnético, linhas de campo e polos magnéticos.

Competências e habilidades: reconhecer e utilizar adequadamente símbolos, códigos e representações geométricas da linguagem científica no estudo de campos magnéticos e suas fontes; utilizar linguagem escrita para relatar experimentos e questões relativos à identificação das características de campos magnéticos; identificar fenômenos naturais, estabelecer relações e reconhecer regularidades em fenômenos que envolvem magnetismo; utilizar procedimentos e instrumentos de observação, representar resultados experimentais, elaborar hipóteses e interpretar resultados em experimentos que envolvem campo magnético.

Sugestão de estratégias: elaboração de hipóteses; realização de atividades experimentais em grupo; discussão de resultados experimentais; verificação de hipóteses; aplicação dos resultados em outras situações.

Sugestão de recursos: roteiro 9 de atividade para discussão em grupo; material experimental: ímãs, bússola, limalha de ferro e papel em branco.

Sugestão de avaliação: avaliar o relatório de síntese da atividade e as respostas dadas pelos alunos ao questionário; o envolvimento no desenvolvimento da atividade, por meio de sua participação; e suas contribuições para o enriquecimento das discussões em grupo.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Comece a Situação de Aprendizagem por uma discussão coletiva na qual seja problematizada a ação a distância do ímã (força atrativa do ímã sobre os metais). Assim, os alunos perceberão que existe uma interação entre o ímã e o objeto atraído. Em seguida, proponha a questão: *Conseguiríamos visualizar o campo criado pelo ímã? Ou: Como poderíamos “materializar” o campo criado pelo*

ímã? A partir dessa questão, inicie a discussão sobre as linhas de campo magnético, a determinação dos polos magnéticos e a força magnética que altera a direção da agulha da bússola.

Em seguida, organize os alunos em grupos de até cinco componentes e oriente-os na execução do experimento. Peça que respondam às questões relativas à primeira parte. Discuta os resultados com eles antes de continuar a atividade.

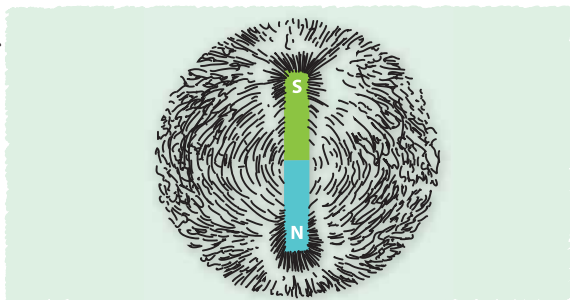


Figura 29.

Roteiro 9 – Conhecendo as linhas de campo de um ímã



O ímã é um objeto interessante por suas propriedades de atração e repulsão. Quem nunca brincou com ímãs tentando atrair alguns metais? Ou tentou atrair/repe-lir outro ímã? Já vimos que a atração e a repulsão ocorrem por causa do campo magnético do ímã. Mas seria possível visualizar esse campo magnético? Para responder a essa questão e a outras que surgirão, realize a atividade seguinte.

Materiais

- ▶ um ímã em forma de barra e ímãs de outros formatos; se possível, um circular;
- ▶ uma bússola;
- ▶ um pouco de limalha de ferro;
- ▶ uma folha de papel em branco.

1ª parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Fixe o papel na carteira/mesa e coloque o ímã sobre ele.

Com os alunos ainda em grupos, realize a segunda parte do experimento utilizando o ímã e as limalhas de ferro (que podem ser obtidas com palha de aço). Uma alternativa é utilizar pequenos alfinetes, que devem ser espalhados aos poucos. Em seguida, peça que respondam às questões relativas à segunda parte.

2. Marque o contorno do ímã no papel. Evite aproximar materiais metálicos para não prejudicar suas observações.
3. Em seguida, aproxime a bússola do ímã até que ela sofra a ação do campo (aproximadamente a 10 cm do ímã).
4. Marque a direção da agulha da bússola, conforme mostra a figura.
5. Repita esse procedimento em aproximadamente dez pontos diferentes, procurando atingir toda a área ao redor do ímã.

Dica: para observar melhor, deixe a bússola a uma distância de, no mínimo, 2 a 3 cm do ímã.

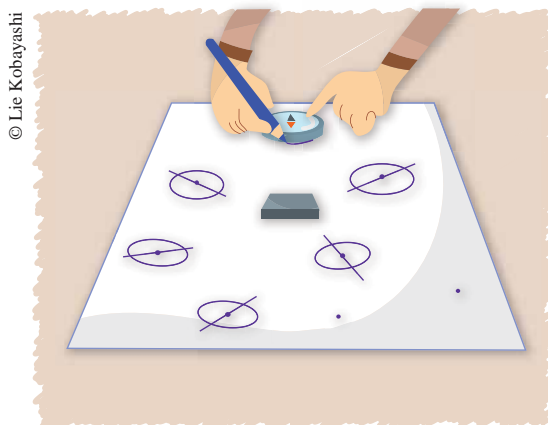


Figura 30.

Interpretação e análise dos resultados

1. É possível, para cada ponto que você tomou, traçar mais de uma direção da agulha da bússola?

Não, pois a agulha se orienta segundo os polos do ímã.

2. Com base nas observações feitas, você consegue prever a direção da agulha em outros pontos sem fazer novas medidas? Coloque a bússola sobre um desses pontos e veja se sua previsão está correta.

Resposta pessoal. Espera-se que os alunos respondam que sim, a partir de suas observações e que sua previsão esteja bem próxima daquilo que será verificado.

2ª parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Agora coloque sobre a mesa um ímã em forma de barra.
2. Cubra-o com uma folha de papel sulfite e espalhe sobre ela um pouco de limalha de ferro. A limalha deve ser espalhada uniformemente sobre o papel.
3. Faça em seu caderno um desenho simplificado que reproduza a figura que apareceu sobre a folha de papel.
4. Repita os procedimentos anteriores com um ímã circular e desene em seu caderno a figura que aparece com as limalhas de ferro.

Interpretação e análise dos resultados

1. Que relação existe entre as direções que foram traçadas com a bússola e as figuras formadas com a limalha de ferro?

A direção da agulha da bússola está sempre tangente às curvas formadas pelas linhas visualizadas com a limalha de ferro.

2. Conhecidas as linhas de campo com o alinhamento da limalha, é possível determinar a direção que assumiria a agulha da bússola? Explique como.

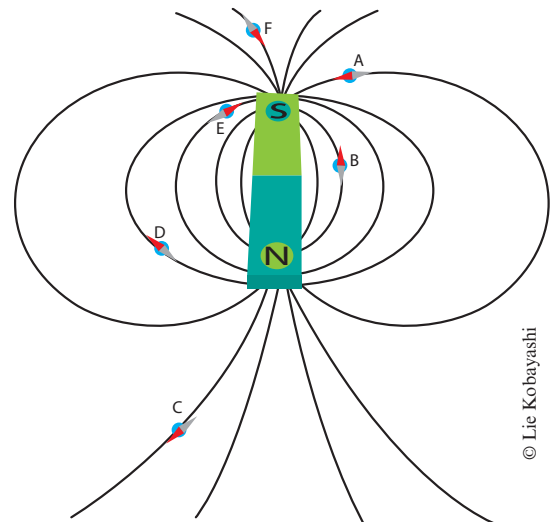
Sim, pois a agulha sempre terá a direção tangente às linhas de campo.

3. É possível determinar o polo norte e o polo sul do ímã? Como?

Sim, por meio da orientação da bússola. Ela aponta sempre para o polo sul magnético (norte geográfico).

4. Marque na figura a direção da agulha da bússola em cada um dos pontos identificados pelas letras de A a F.

Espera-se que os alunos façam representações como as indicadas nos pontos A a F da figura.



© Lie Kobayashi

Figura 31.

Agora que você visualizou o campo magnético do ímã e trabalhou com as questões de análise do experimento, responda à pergunta feita na introdução da Situação de Aprendizagem:

5. É possível visualizar o campo magnético de um ímã?

Espera-se que os alunos respondam que sim, por meio das linhas de campo utilizando limalhas de ferro ou outro material ferromagnético.

Encaminhando a ação

Encaminhe a discussão da primeira parte proposta no roteiro de forma que os alunos possam perceber que, em cada ponto do espaço, a agulha da bússola aponta em determinada direção (para cada ponto existe somente uma direção) e ainda que a determinação dessa direção é importante para compreender a interação magnética.

Na segunda parte, encaminhe a discussão de forma a caracterizar a natureza vetorial do campo eletromagnético. Os alunos devem compreender que as linhas do campo são uma forma de representação que permite analisar qualitativamente a sua intensidade e localizar os polos magnéticos do ímã. Mostre que a representação do campo pode ser feita de diversas maneiras: na Figura 29, por exemplo, recorreu-se a uma ilustração de limalha de ferro lançada nas proximidades de um ímã. Pode-se utilizar também pontilhamento e sombreamento. As funções matemáticas também são muito úteis. Nesse último caso, as expressões que representam o campo magnético de um ímã de barra são muito complexas e não precisam ser abordadas neste momento.

Esta é uma boa oportunidade para discutir o modelo microscópico e explicar a origem do campo magnético do ímã. Em Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno, há sugestões de material para essa discussão.

Faça uma relação com o campo magnético da Terra, mostrando que ela é equivalente a um grande ímã, sendo possível, com o auxílio da bússola, determinar seus polos magnéticos. Enfatize que os polos magnéticos da Terra não coincidem com os polos geográficos.

Ao discutir o campo magnético da Terra, é interessante salientar sua intensidade, mostrando o que aconteceria se o campo terrestre fosse tão intenso quanto o de um pequeno ímã.

Problematize o fato de que não se pode encostar cartões de banco, disquetes, *pen drives*, fitas cassetes e outros objetos que armazenam informações em ímãs, pois há risco de perder as informações. Pode-se concluir que, em razão da baixa intensidade do campo magnético terrestre, é possível armazenar informações sem correr o risco de perdê-las (no Caderno do Aluno, uma seção Desafio! estimula os alunos a refletirem sobre essa questão).

É importante também que os alunos compreendam que o campo magnético, tanto do ímã quanto da Terra, é tridimensional. Para demonstrar isso, você poderá usar uma garrafa PET cheia de água com um pouco de limalha de ferro. Balance a garrafa para espalhar a limalha e, em seguida, coloque um ímã nas proximidades da garrafa. Nesse caso, um ímã circular fornecerá melhores resultados. Os alunos poderão ver as linhas de campo tridimensionais se formarem no interior da garrafa. O efeito fica mais acentuado se for usado detergente em vez de água.

Caso haja tempo, seria interessante propor aos alunos novas figuras de campos magnéticos para que eles possam fazer estimativas de suas intensidades e determinar seus polos magnéticos. Para o enriquecimento da discussão, busque ímãs em lojas de informática e equipamentos eletrônicos para serem “mapeados”, como foi feito nesta Situação de Aprendizagem. Alguns ímãs podem também auxiliar a realizar uma atividade sobre a inexistência de monopolos magnéticos.



1. As linhas de campo são as únicas formas de representar o campo magnético de um ímã? Em caso negativo, cite outras.

Não. Podemos representar um campo magnético por meio do vetor campo magnético, pontilhamento e sombreamento, relacionando com a intensidade do campo magnético. Pode-se mostrar aos alunos, por meio de figuras, as alternativas de representação do campo magnético.

2. Pode-se falar que a Terra é um grande ímã? Explique sua resposta.

Sim. A Terra tem o comportamento análogo ao do ímã, o que faz a bússola apontar para o norte geográfico. Aproveite para mostrar as linhas de campo magnético da Terra.

3. Explique o que representa a orientação da agulha da bússola, a partir das evidências discutidas no experimento.

Indica o sentido do campo magnético no ponto em questão ou o sentido das linhas de campo magnético, mostrando os polos sul e norte magnéticos.



1. Carga elétrica é uma propriedade da matéria que se apresenta de duas formas distintas: positiva e negativa. Na natureza, podemos encontrar objetos carregados negativamente e objetos carregados positivamente; portanto, é possível que cargas negativas sejam encontradas separadas ou na ausência de cargas positivas. Ocorre o mesmo com os polos magnéticos dos ímãs? Um polo sul pode existir sem haver um polo norte? Explique.

Não. Os polos magnéticos ainda não foram encontrados separadamente, ou seja, a busca do “monopolo” magnético tem sido frustrada até o momento. Enfatize que, mesmo em escala microscópica, um polo magnético não existe isoladamente.

2. Se você quebrar um ímã ao meio, o que acontecerá ao tentar uni-lo novamente?

As novas extremidades (provenientes da quebra) se tornarão polos opostos, que se atraem. Para que os alunos possam visualizar da melhor forma possível, procure fazer a representação dessas situações (Figura 32).



Figura 32.

3. Pegue uma garrafa PET, encha-a com água e acrescente um pouco de limalha de ferro. Agite-a e, em seguida, aproxime um ímã. Observe o que ocorre e responda: as linhas de campo são iguais àquelas que apareceram no experimento realizado em sala de aula? O que acontece?

Espera-se que a resposta seja não, pois nesse caso as linhas de campo são espaciais (tridimensionais) e, no caso do experimento realizado na sala, as linhas foram visualizadas no plano da folha, ou seja, são bidimensionais.

4. Explique por que a agulha da bússola aponta sempre para o norte geográfico.

Os alunos precisam relacionar a indicação da agulha da bússola com o campo magnético da Terra e os polos geográficos.

5. Um ímã sempre possui um polo norte e um polo sul. Essa afirmação é correta? Explique.

Sim, pois os polos magnéticos nunca (até o presente momento) foram detectados separadamente. Enfatize mais uma vez (como foi feito nas questões 1 e 2) a não existência de monopolos magnéticos até mesmo na escala microscópica.

6. Suponha que um de seus colegas afirmou que uma bússola é um detector de objetos magnéticos. Você concorda com ele? Explique.

Sim, pois a bússola é sensível a campos magnéticos. Seria interessante que essa questão fosse discutida conjuntamente com a construção da bússola na atividade seguinte.

Os alunos podem agora construir uma bússola de acordo com o roteiro experimental a seguir.



Construa sua própria bússola

Materiais

- ▶ um copo ou uma xícara;
- ▶ uma agulha de costura;
- ▶ um pedaço de rolha ou isopor;
- ▶ água;
- ▶ um ímã.

Mãos à obra!

1. Encha um pouco mais da metade do copo (xícara) com a água.

2. Fixe a agulha no pedaço de rolha ou no isopor.
3. Esfregue o ímã na agulha sempre na mesma direção para imantá-la.

Cuidado: se você encostar na agulha, poderá desmagnetizá-la.

4. Coloque a rolha dentro do copo de forma a manter a agulha fora da água. Assim, ela poderá se movimentar em direção ao norte ou ser orientada por um ímã próximo.



Faça uma pesquisa sobre quais são os seres vivos que se utilizam do magnetismo para se localizar, um fenômeno co-

nhecido como biomagnetismo. Informe-se também sobre a origem do magnetismo nos materiais e registre suas conclusões em seu caderno.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 10 CAMPO MAGNÉTICO DE UMA CORRENTE ELÉTRICA

Esta Situação de Aprendizagem tem como objetivo o reconhecimento dos efeitos magnéticos da corrente elétrica, com a posterior introdução do modelo microscópico da matéria para explicar a origem do magnetismo. A ideia é mostrar a deflexão da agulha de uma

bússola quando um fio metálico é percorrido por corrente elétrica (a experiência de Oersted). Depois que os alunos tiverem reconhecido essa influência, introduziremos a ideia da unificação dos fenômenos elétricos e magnéticos em uma teoria única, a do eletromagnetismo.

Conteúdos e temas: campo magnético de uma corrente elétrica e suas características.

Competências e habilidades: reconhecer e utilizar adequadamente símbolos, códigos e representações geométricas da linguagem científica em situações que envolvem corrente elétrica e campo magnético; utilizar linguagem escrita para relatar experimentos e questões que evidenciam a relação entre carga em movimento e campo magnético; identificar, estabelecer relações e regularidades em fenômenos eletromagnéticos; utilizar procedimentos e instrumentos de observação, representar resultados experimentais, elaborar hipóteses e interpretar resultados em situações que envolvam interações entre corrente elétrica e campo magnético.

Sugestão de estratégias: realização de atividades experimentais em grupo; leitura do guia de execução dos experimentos; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe.

Sugestão de recursos: roteiro 10 de atividade para discussão em grupo; material experimental.

Sugestão de avaliação: avaliar as respostas dadas pelos alunos às questões, a resolução de exercícios, o relatório de síntese final e o envolvimento dos alunos no desenvolvimento da atividade por meio de sua participação e das contribuições para o enriquecimento das discussões em grupo.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

É provável que os alunos não tenham parado para pensar se há alguma relação entre eletricidade e magnetismo. Será que esses fenômenos estão relacionados? Para ajudá-los

a encontrar uma resposta para essa questão, oriente-os na realização de um experimento. Porém, antes de fazê-lo, solicite que eles completem (no Caderno do Aluno) a tabela a seguir, com sim ou não, utilizando os conhecimentos adquiridos sobre os fenômenos elétricos e magnéticos.

	Eletricidade	Magnetismo
Atrai objetos a certa distância	Sim	Sim
Apresenta situações de atração e de repulsão	Sim	Sim
Pode ocorrer quando atritado	Sim	Não ¹
Pode causar choques	Sim	Não
Atrai apenas um reduzido número de metais	Não	Sim
Pode ser usado para orientação geográfica	Não	Sim

Tabela 12.

¹ Não existe o análogo magnético da "eletrização por atrito", mas, como vimos na construção da bússola, essa agulha de aço pode ser magnetizada pela fricção orientada de um pedaço de ímã permanente.

A tabela pode ser copiada na lousa e, então, preenchida com o auxílio dos alunos. A partir dela, discuta com eles as semelhanças entre a eletricidade e o magnetismo em termos de propriedades da matéria. Pode ser que apareçam poucas sugestões. Por isso, incentive os alunos com questões como: *Seria o calor o responsável por originar a eletrização ou o magnetismo dos materiais?* (O que não é correto, embora possa ser plausível, visto que muitos corpos podem ser eletrizados pelo atrito, que também aquece.) A ideia é que essa pergunta

acompanhe os alunos ao longo da execução da atividade.

Em seguida, organize grupos de, no máximo, cinco alunos. Auxilie-os na montagem do experimento, observando se os grupos estão realizando o que se pede no roteiro. Uma diferença importante é a inexistência de monopolos magnéticos, ou seja, diferente das cargas + e –, os polos N e S não podem existir separadamente. A atividade sobre o campo produzido por corrente elétrica mostrará como o N e o S “surtem juntos” e nunca separadamente.

Roteiro 10 – Campo magnético de uma corrente elétrica



Você já notou que há semelhanças entre os fenômenos elétricos e os magnéticos? Cor-

pos eletrizados e magnetizados podem gerar atração e repulsão. Nos dois casos, essa interação ocorre a distância. Será que existem outras semelhanças entre ambos? Faça o experimento e anote em seu caderno suas observações.

Materiais

- ▶ uma bússola;
- ▶ duas pilhas pequenas de 1,5 V;
- ▶ um pouco de limalha de ferro;
- ▶ uma cartolina ou um pedaço de papelão rígido para apoio;
- ▶ uma folha de papel;
- ▶ um compasso;
- ▶ um pedaço de fio metálico rígido;
- ▶ fios para conexão (opcional).

1ª parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Prenda ou apoie uma cartolina (ou papelão) em um suporte de tal maneira que ela fique na horizontal e apoie nela uma folha de papel.
2. Faça um furo na cartolina e no papel e passe o fio metálico por ele, de modo que fique perpendicular à superfície, ou seja, na vertical.
3. Marque vários pontos próximos ao fio, formando um círculo um pouco maior do que a bússola, de tal forma que ela não encoste no fio. Veja a sugestão de montagem na figura.



Figura 33.

4. Em seguida, com as pilhas desconectadas, coloque a bússola sobre todos os pontos marcados, anotando em cada ponto a direção da agulha.

5. Copie a orientação da agulha em cada ponto, indicando os polos norte e sul.

Espera-se que os alunos percebam que, com a pilha desconectada, a agulha da bússola sempre indicará a direção norte-sul (geográfico), pois estará alinhada com o campo magnético da Terra.

2ª parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Conecte os terminais do fio a uma das pilhas¹.



Figura 34.

2. Refaça o procedimento da 1ª parte, anotando a direção da agulha da bússola em cada ponto.
3. Copie a orientação da agulha da bússola em cada ponto. Não deixe de indicar os polos norte e sul da bússola.

Espera-se que os alunos percebam que, com a pilha conectada, a agulha da bússola apontará para direções distintas do norte-sul (geográfico). Eles devem notar que, de alguma forma, a corrente que passa pelo fio causa efeito similar ao de um ímã, pois a corrente modifica a direção da agulha da bússola. Você pode utilizar o experimento para discutir que uma corrente elétrica num condutor está associada a um campo magnético que interage com a agulha (que também é um ímã). Outro aspecto importante que você pode explorar é que o campo magnético da Terra continua existindo, porém, sua ação na bússola é superada pela ação do campo magnético associado à corrente que percorre o condutor.

¹ No lugar da pilha, pode-se utilizar um carregador de bateria de celular que não esteja mais sendo utilizado. Mas é preciso retirar o *plug* de saída para que dois fios possam ser ligados ao terminal do fio da experiência.

Interpretação e análise dos resultados

Depois de conectar os terminais do fio à pilha, a orientação da agulha em cada ponto permaneceu a mesma?

Não, pois a passagem da corrente elétrica no fio cria um campo magnético que influencia a bússola.

3ª parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Retire o papel e, com o auxílio de um compasso, trace circunferências com o centro no furo, passando pelos pontos em que foi colocada a bússola.
2. Recoloque o papel no suporte e espalhe um pouco de limalha de ferro sobre ele.
3. Em seguida, ligue os terminais do fio a uma das pilhas.
4. Dê leves batidas no papel, de modo a movimentar um pouco a limalha.
5. Observe o que ocorre com a limalha de ferro.
6. Faça o desenho da figura que aparece.

Interpretação e análise dos resultados

1. Compare a figura desse experimento com a da Situação de Aprendizagem 9, relacionada às limalhas de ferro. A partir dessa comparação, o que você consegue concluir sobre a passagem da corrente elétrica pelo fio?
Nesta questão, os alunos devem perceber que há uma relação entre a passagem da corrente elétrica e o campo magnético, ou seja, a passagem da corrente elétrica por um fio gera um campo magnético que é detectado pela agulha da bússola.
2. O que você imagina que ocorrerá se a corrente elétrica que percorre o fio se intensificar?
O aumento na corrente elétrica leva ao aumento na intensidade do campo magnético; logo, exercerá maior

efeito sobre a bússola. Procure fazer uma representação por meio de figuras mostrando as linhas de campo magnético para os casos discutidos.

3. Se a bússola for colocada a distâncias cada vez maiores em relação ao fio, o que ocorrerá com a orientação da agulha?

Quanto mais distante do fio, menor será a interação entre a agulha da bússola e o campo magnético gerado pela corrente; a bússola tenderá a indicar a orientação do campo magnético da Terra.

4. Podemos dizer que a intensidade do campo magnético é a mesma em todos os pontos? Justifique.

Não, pois a intensidade do campo magnético também depende da distância do ponto ao fio em que há passagem da corrente elétrica.

5. Quais são as grandezas físicas que influenciam na intensidade do campo magnético nesse caso?

Intensidade da corrente elétrica, distância do fio ao ponto e meio no qual o campo magnético está imerso.

Ao final da atividade, escreva em seu caderno um relatório sintetizando suas observações e as conclusões obtidas.

Agora que verificamos que existe uma relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos, podemos retomar as questões colocadas na introdução desta Situação de Aprendizagem.

1. Quais são as semelhanças e as relações entre a eletricidade e o magnetismo?

Ação a distância e interação, que podem resultar em atração e repulsão. Procure retomar a tabela no início da Situação de Aprendizagem, discutindo cada item.

2. Corpos eletrizados e magnetizados podem gerar atração e repulsão. Nos dois casos, essa interação ocorre a distância. Será que existem outras semelhanças entre ambos? Descreva-as se for o caso.

Não, isso ficará mais claro com a discussão da tabela (conforme indicado na questão anterior).

Encaminhando a ação

Oriente os alunos na execução de todo o roteiro e solicite que façam as observações necessárias e respondam às questões. A partir das respostas e observações, dê continuidade à discussão, buscando formalizar o conteúdo.

Explore o resultado da atividade, de modo que eles entendam que as linhas de campo geradas pelo fio são circulares e o campo magnético em cada ponto é tangente à curva (os desenhos da orientação da agulha da bússola devem ter mostrado isso).

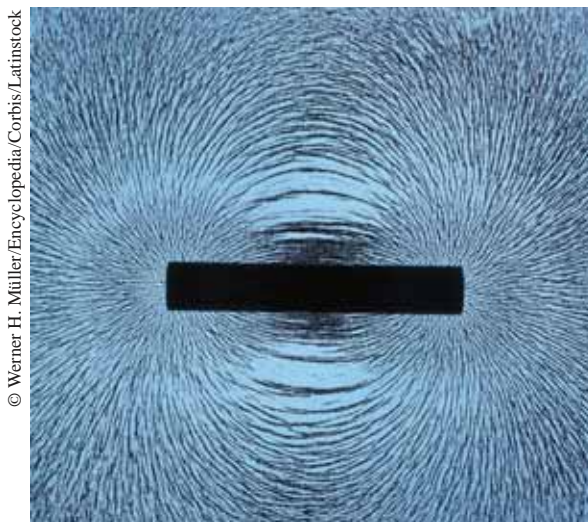
Enfatize que a bússola em posições opostas ao fio apresenta orientações contrárias, o que reforça que as linhas de campo são circulares ao fio. É importante que eles tenham percebido que, quanto mais próximo do fio, mais as orientações da agulha da bússola aproximam-se de tangentes às circunferências.

Depois do desenvolvimento da atividade, formalize a discussão que a segue, apresentando a expressão matemática do campo magnético em torno do fio e discutindo a Lei de Ampère e a “regra da mão direita”. Qualitativamente, a Lei de Ampère diz que um fio percorrido por corrente cria em torno de si um campo magnético, cujo sentido depende do sentido da corrente, utilizando a regra da mão direita, ilustrada na Figura 36. Quantitativamente, essa lei mostra que a intensidade do campo magnético em dado ponto do espaço é proporcional à intensidade da corrente que o cria, da distância do ponto ao fio e do meio material. No caso de um fio condutor retilíneo,

o módulo é dado por $B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi \cdot d}$, em que i é a intensidade da corrente, d é a distância do ponto ao fio, μ_0 é a permeabilidade do vácuo

e vale $4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$, em que T é unidade de

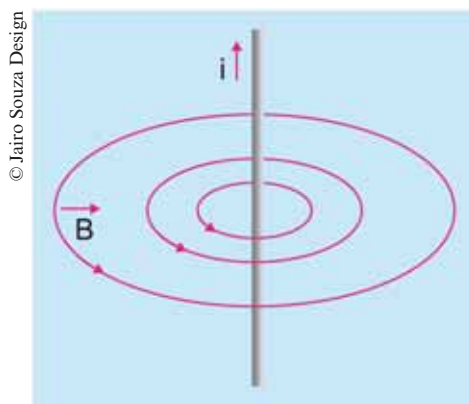
campo magnético, m é metro e A é ampere, unidade de corrente.



© Werner H. Müller/Encyclopedica/Corbis/Latinstock

Figura 35. Linhas de campo magnético de um ímã em barra, evidenciadas pela existência de limalha de ferro.

A partir da expressão geral da Lei de Ampère, apresente e discuta a expressão para o cálculo do campo magnético em três situações: o campo de um fio condutor retilíneo, no centro de uma espira circular e no interior de um solenoide.



© Jairo Souza Design

Figura 36.

Introduza as duas unidades de medida do campo magnético e a relação entre elas: Gauss (G); Tesla (T); $1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$.

Finalizada a Situação de Aprendizagem, discuta o modelo microscópico da matéria para explicar a origem do campo magnético do ímã e da corrente elétrica. Se for possível, faça demonstrações do campo magnético de bobinas e

espiras percorridas por corrente elétrica. Mostre que o campo da bobina é similar àquele de um ímã em forma de barra. Com isso, os alunos poderão perceber que tanto o ímã como a corrente têm efeitos magnéticos. A ideia seguinte é tentar unificar essas duas fontes de campo magnético, com a introdução do modelo microscópico da matéria e a noção de dipolo magnético.

Feita a discussão e a formalização da Lei de Ampère, proponha alguns problemas e questões (que podem ser encontrados em livros didáticos de Física) para os alunos resolverem e discutirem seus resultados, inclusive as unidades de medidas.



Utilizando seu livro didático, procure responder às questões:

1. Represente na figura as linhas do campo magnético da Terra, assim como seus polos magnéticos.

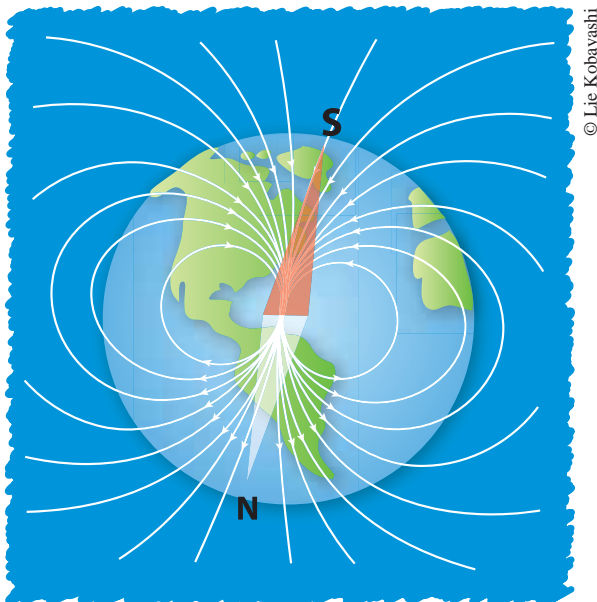


Figura 37.

Espera-se que os alunos marquem os polos e as linhas brancas indicadas na figura. As linhas de campo que representam o campo magnético da Terra são semelhantes às linhas de campo magnético do ímã em forma de barra. Lembre-se de comentar a relação entre os polos.

2. Qual é a relação que existe entre a corrente percorrida em um fio e o campo magnético? Escreva a expressão matemática dessa relação.

A intensidade do campo magnético é diretamente proporcional à intensidade da corrente elétrica e pode ser calculada, nesse caso, por:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

Explore os termos da equação destacando a dependência de B com o meio (μ), a corrente (i) e a distância (d).



1. Na figura, temos representadas as linhas de campo magnético de dois fios que são percorridos por correntes elétricas em sentidos contrários. Represente o vetor campo magnético nos pontos de 1 a 5.

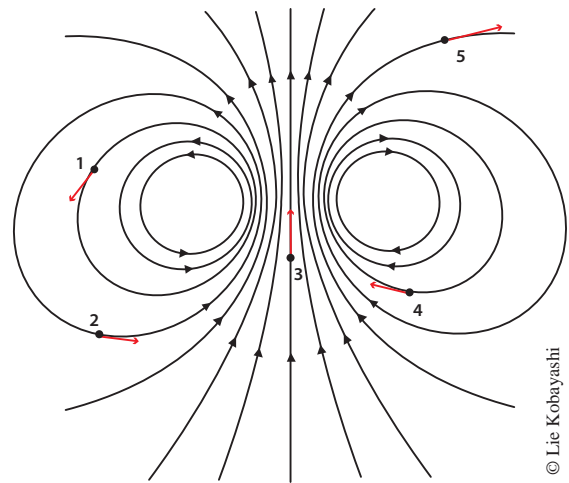


Figura 38.

Espera-se que os alunos representem os vetores vermelhos apresentados na figura. O vetor campo magnético tem direção tangente às linhas de campo representadas. Seu sentido aponta na mesma direção indicada nas linhas de campo.

2. Uma corrente de intensidade i percorre um fio condutor retilíneo, criando um campo magnético B em torno dele. Se essa corrente for dobrada, o que ocorrerá com a intensidade do campo magnético B ? Elabore sua resposta baseando-se na análise da expressão matemática pesquisada por você na seção Você aprendeu?.

Como a intensidade do campo B é diretamente proporcional à intensidade da corrente, o campo B terá o dobro da intensidade quando dobrar a corrente elétrica.

3. A maioria das grandezas físicas possui uma unidade de medida. Algumas podem ter mais de uma. Esse é o caso do campo magnético. Quais são as unidades de medida do campo magnético e qual é a relação entre elas?

Gauss (G) e tesla (T).

$1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T}$.

4. Enuncie, com suas palavras, a Lei de Ampère.

Uma corrente elétrica percorrendo um fio "cria" em torno dele um campo magnético, cujo sentido depende do sentido em que flui. Relembre a regra da mão direita para mostrar a relação entre o sentido da corrente e o sentido do campo magnético.

5. Todo condutor que é percorrido por uma corrente elétrica tem em torno de si um campo magnético. Você concorda com essa afirmação? Explique.

Espera-se que nessa questão os alunos concordem com a afirmativa, recordando a Lei de Ampère.

6. Faça, com a ajuda do professor, um gráfico que represente a relação entre a corrente i e o campo magnético B para um fio retilíneo. Faça o mesmo para a distância r e a intensidade do campo magnético B .

Os gráficos elaborados pelos alunos devem ser semelhantes a estes:

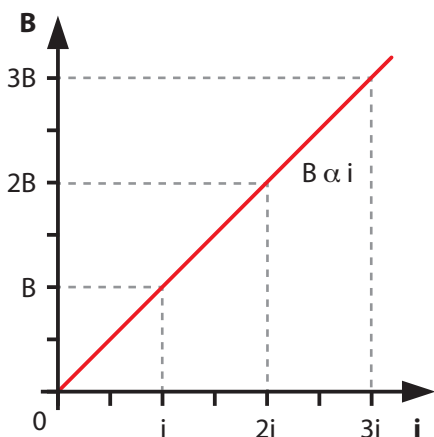


Figura 39.

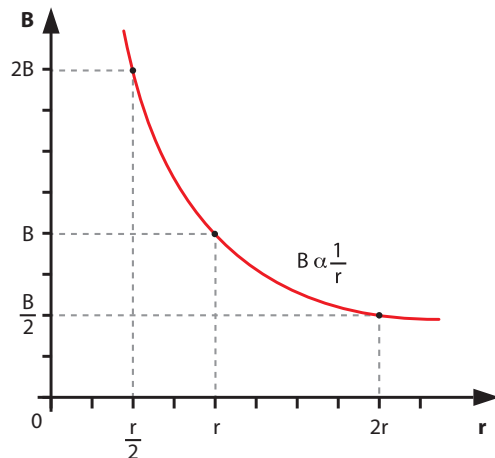


Figura 40.



1. O ferro (Fe) é um elemento que possui magnetismo natural em razão da configuração de seus elétrons. Por isso, a maior parte dos objetos que têm ferro em sua constituição possui algum grau de magnetismo; por exemplo, uma lata de alimento em conserva (lata de azeite ou de molho de tomate).

Aproxime uma bússola desses objetos e perceba o que acontece. Inverta a posição do objeto para que possa perceber melhor seu magnetismo. Escolha uma lata e deixe-a guardada durante um tempo, verificando todos os dias seus polos magnéticos. Assim, você perceberá que, depois de alguns dias, os polos da lata se invertem. Tente explicar isso.

2. Pesquise em seu livro didático a respeito da Lei de Ampère e a regra da mão direita. Faça um breve resumo sobre o assunto e procure compreender como se faz o cálculo do módulo do campo magnético para diferentes situações. Após o estudo, responda em seu caderno: Qual é a relação entre a regra da mão direita e as linhas de campo magnético gerado pela corrente elétrica?

Procure avaliar a relação existente entre a direção do campo magnético, da corrente elétrica e da força que atua sobre um condutor percorrido por uma corrente elétrica ou sobre

uma partícula em movimento em um campo magnético, assim como a relação entre o sentido da corrente percorrida em um condutor e o sentido do campo magnético “criado” por essa corrente. As expressões que permitem calcular a in-

tensidade do campo magnético e da força podem ser encontradas em livros didáticos da 3ª série do Ensino Médio. Ao discuti-las, dê especial atenção a seu caráter vetorial.

$$\vec{F} = q \cdot (\vec{v} \cdot \vec{B}) \quad \text{ou} \quad B = \frac{(\mu_0 \cdot i)}{(2 \cdot \pi \cdot r)}$$

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 11 GERANDO ELETRICIDADE COM UM ÍMÃ

Esta Situação de Aprendizagem tem como objetivo completar as relações entre eletricidade e magnetismo, mostrando que, de maneira complementar à observada nas Situações de Aprendizagem anteriores, é possível gerar corrente elétrica a partir de um campo magnético. Essa é também uma boa

oportunidade para iniciar a discussão sobre a produção de energia elétrica, que será aprofundada no próximo tema. A proposta é pedir aos alunos que construam um circuito, de tal maneira que seja possível acender um *led* a partir da movimentação de um ímã nas vizinhanças de seu circuito.

Conteúdos e temas: fluxo do campo magnético; corrente elétrica estabelecida pela variação do fluxo do campo magnético; corrente elétrica estabelecendo campo magnético.

Competências e habilidades: reconhecer e utilizar adequadamente símbolos, códigos e representações geométricas da linguagem científica em situações que envolvem fenômenos eletromagnéticos; relatar por meio de linguagem escrita experimentos e questões relativos à identificação da relação entre campo magnético e campo elétrico; identificar fenômenos eletromagnéticos, estabelecer relações e identificar regularidades; utilizar procedimentos e instrumentos de observação, representar resultados experimentais, elaborar hipóteses e interpretar resultados em situações que envolvem fenômenos eletromagnéticos.

Sugestão de estratégias: realização de atividades experimentais em grupo; leitura do guia de execução dos experimentos; elaboração de hipóteses de trabalho; análise dos resultados e discussão com a classe.

Sugestão de recursos: roteiro 11 de atividade para discussão em grupo; material experimental.

Sugestão de avaliação: avaliar as respostas entregues pelos alunos, a resolução de exercícios, o texto de relato final e a participação e o envolvimento no desenvolvimento da atividade.

Roteiro 11 – Gerando energia elétrica com um ímã



Vamos montar um pequeno circuito como o da figura a seguir

para verificar se é possível acender uma pequena lâmpada utilizando um ímã.

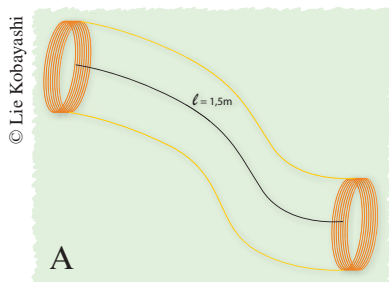
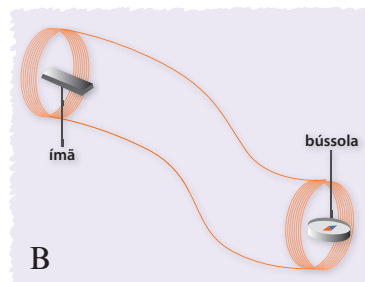


Figura 41.



Materiais

- ▶ aproximadamente 8 m de fio de cobre esmaltado rígido (número 25);
- ▶ um ímã em forma de barra;
- ▶ uma bússola.

O que fazer?

Mãos à obra!

1. Enrole aproximadamente 2,5 m do fio de cobre em forma circular, de modo que a bússola possa ficar em seu interior.
2. Repita a operação, formando uma segunda bobina¹ circular.
3. Com o restante do fio, ligue as duas bobinas, deixando aproximadamente 1,5 m de fio separando-as. Veja a Figura A como modelo. **Importante:** lembre-se de “descascar” o esmalte do fio no ponto em que fizer as conexões.
4. Coloque, no meio de uma das bobinas, a bússola, deixando sua agulha alinhada com as espiras da bobina, como mostra a Figura B. No centro da outra bobina, coloque o ímã.

Agora, faça um movimento periódico de vaivém com o ímã no centro da outra bobina e responda:

1. O que você observa na agulha da bússola quando o ímã é movimentado na outra bobina?
2. Ao aproximar o ímã da bobina, a agulha é desviada do mesmo modo que no afastamento? Para responder a essa questão, faça primeiro o movimento de aproximação do ímã e observe a agulha, depois faça o afastamento.

Nas questões 1 e 2, espera-se que os alunos percebam que a direção da agulha da bússola oscila em torno do ponto de equilíbrio.

Agora, deixe o ímã parado e aproxime a bobina dele. Observe o que ocorre com a agulha da bússola. Faça o mesmo procedimento, só que afastando a bobina do ímã. Cuidado para não mexer na parte que está com a bússola, fazendo um movimento de pequena amplitude, e responda:

3. A agulha desviou com o movimento da bobina?
4. O efeito causado pela movimentação da bobina é o mesmo que o causado pelo movimento do ímã?

Nas questões 3 e 4, espera-se que os alunos percebam que a direção da agulha da bússola oscila em torno do ponto de equilíbrio, ou seja, observações análogas às anteriores, quando o ímã se movimentava.

5. Como você poderia explicar o desvio da agulha da bússola?

¹ Bobina é um conjunto de espiras. Espira é uma volta completa do fio.

O movimento relativo entre o ímã e a bobina “gera” uma corrente induzida que, na outra bobina, gera um campo B , que desvia a agulha da bússola.

6. Se você aumentasse a frequência do movimento, o que ocorreria com a deflexão da agulha da bússola?

A deflexão da agulha seria maior, pois a corrente induzida depende da velocidade do movimento.

Agora, você já pode retomar as questões propostas no início desta Situação de Aprendizagem e respondê-las.

7. Um campo magnético pode gerar uma corrente elétrica?

Sim. A variação do fluxo do campo magnético que passa por uma bobina fechada cria uma corrente induzida na bobina. Dependendo da intensidade da corrente, ela poderá acender uma pequena lâmpada. Explore aqui a Lei de Faraday e a Lei de Lenz para que fique clara a relação entre o campo magnético e a corrente elétrica.

8. Podemos utilizar essa corrente para acender uma pequena lâmpada?

Sim, pois é possível gerar uma corrente suficiente para acender uma pequena lâmpada.

Encaminhando a ação

Oriente os alunos para se reunirem em grupos de no máximo cinco componentes e realizarem o experimento (roteiro 11). Você deve auxiliá-los, encaminhando-os, em seguida, para a resposta das questões.

Depois, retome a discussão com base nas respostas de cada grupo, pautada na relação entre a movimentação do ímã ou da bobina e a geração da corrente elétrica, que nesse caso recebe o nome de corrente induzida. É importante destacar a movimentação do ímã para a geração da corrente induzida, mostrando que o ímã parado não induz corrente.

Retome as respostas dos alunos para iniciar uma discussão sobre a possível comprovação da passagem da corrente elétrica no fio. É importante que eles possam variar a movimentação do ímã para perceber que esse movimento influencia na intensidade da corrente elétrica. Caso seja possível, leve outros ímãs com intensidades diferentes (o ímã de disco rígido de computador tem intensidade muito grande e o ímã de geladeira tem intensidade muito pequena), para que possam perceber que a intensidade do ímã também influencia na corrente.

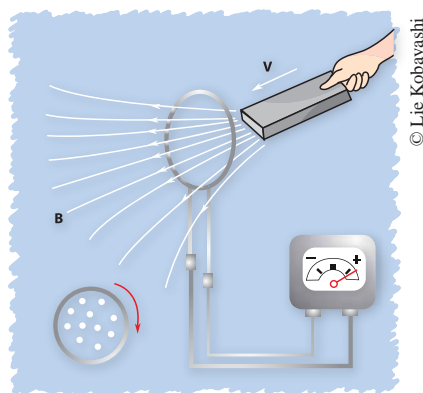


Figura 42. Corrente induzida na bobina fechada em razão da variação do fluxo do campo magnético.

A partir da realização da atividade, a ideia de que um campo magnético variado gera uma corrente elétrica está latente, sendo possível, neste momento, formalizar as observações e discussões feitas até o momento.

Em seguida, apresente a formalização das relações observadas, sistematizadas pelas Leis de Faraday e de Lenz, que relacionam a corrente elétrica com a variação do fluxo do campo magnético. Isso pode ser feito apenas qualitativamente, ou seja, mostrando que o funcionamento de um dínamo (ou motor elétrico, daqueles pequenos que equipam os carrinhos movidos a pilhas) ilustra um caso

particular da Lei de Faraday, segundo a qual uma corrente elétrica é induzida num circuito fechado sempre que houver variação de um campo magnético na região. Já a Lei de Lenz permite conhecer o sentido dessa corrente induzida, que é tal que o campo magnético criado por ela se opõe à causa que lhe deu origem. Procure apresentar e discutir exemplos diversificados para que os alunos façam previsões e obtenham o sentido da corrente em diferentes situações.

Complemente a Situação de Aprendizagem, utilizando um *led*^a ou um medidor de eletricidade (um multímetro) para se verificar a presença (*led*) ou medir a intensidade da tensão (multímetro). Para isso, insira no circuito o *led* ou o multímetro, que devem ser ligados nas extremidades do fio que antes estava preso em uma das bobinas.

Ao final da discussão sobre a geração de corrente elétrica pela variação do fluxo do campo magnético, sugira problemas, questões e novos experimentos para os alunos realizarem tanto na classe quanto em casa.



1. Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho há uma bobina metálica, como mostra a figura. Descreva o sentido da corrente elétrica induzida quando o ímã se aproxima e se afasta da bobina.

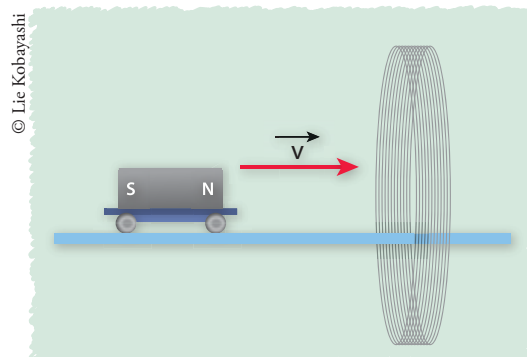


Figura 43.

O carrinho, ao se aproximar, faz que o fluxo do campo magnético que passa pela bobina aumente, induzindo uma corrente no sentido anti-horário (regra da mão direita) para quem olha a bobina na perspectiva do carrinho. Essa corrente gerará um campo contrário àquela variação. Ao se afastar (depois de ter passado pela bobina), o fluxo do campo magnético do ímã que passa pela bobina diminui, o que induz uma corrente no sentido anti-horário. Essa corrente produzirá um campo magnético novamente contrário àquela variação, ou seja, o efeito sempre minimiza a causa (Lei de Lenz).

2. Um ímã permanente^b foi fixado na extremidade de uma mola. Quando a mola é distendida e começa a oscilar, o ímã atravessa uma espira circular. Na distensão e na contração da mola, o ímã atravessa o centro da espira, indo e voltando, como mostra a figura. Toda vez que o ímã se aproxima da espira, uma corrente elétrica é induzida nela. Usando a Lei de Faraday, construa em seu caderno dois diagramas que mostrem o sentido da cor-

^a Neste caso, deve-se utilizar o *led* de luz branca, encontrado em lojas de componentes eletrônicos. A voltagem do *led* varia de acordo com a voltagem da bateria utilizada. Se ela for de 9V, por exemplo, o *led* deve ter 9V.

^b Ímã permanente é usualmente um pedaço de ferro imantado que não perde seu campo facilmente. Oposto a isso, temos os ímãs temporários, que funcionam como ímã quando há a passagem de uma corrente elétrica em seu dispositivo (é o caso dos eletroímãs).

rente induzida e do campo magnético na espira apenas nos dois momentos ilustrados na figura.

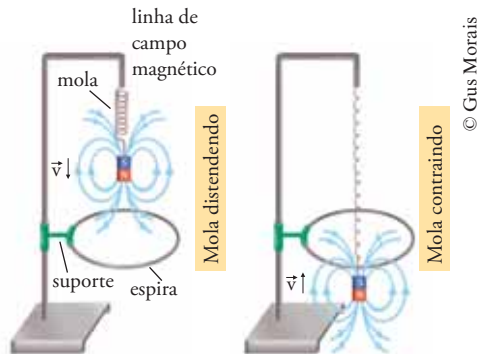


Figura 44.

Quando o ímã está descendo (e a mola alongando-se), haverá oposição à aproximação, ou seja, uma repulsão, o que leva à polaridade induzida no centro da espira com o norte para cima (linhas de campo magnético induzido “saem” da espira quando se olha de cima), indicado pelo polegar da mão direita. Com isso, o sentido da corrente induzida é o anti-horário para quem olha de cima. Quando o ímã está subindo (mola comprimindo), haverá oposição à aproximação, ou seja, uma repulsão, o que leva a uma polaridade induzida no centro da espira com o sul para baixo (linhas de campo magnético induzido “chegam” na espira quando olhado de baixo), indicado pelo polegar da mão direita. Com isso, o sentido da corrente induzida é o anti-horário para quem olha de cima.

GRADE DE AVALIAÇÃO

	Competências e habilidades	Indicadores de aprendizagem
Situação de Aprendizagem 7	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificar as propriedades elétricas e magnéticas, compreendendo a interação através de campos. ▶ Reconhecer os processos de eletrização. ▶ Diferenciar um condutor de um isolante elétrico. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Executar experimentos com procedimentos adequados na análise dos campos elétrico e magnético. ▶ Interpretar resultados não esperados e elaborar hipóteses em situações que envolvam os campos elétrico e magnético. ▶ Reconhecer, a partir da estrutura elétrica, a diferença entre um condutor e um isolante e as diferenças entre os tipos de eletrização e suas principais características.
Situação de Aprendizagem 8	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Estimar ordem de grandeza. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Estimar ordens de grandeza de fenômenos ligados às grandezas elétricas, como corrente, tensão e carga acumulada.

Situat�o de Aprendizagem 9	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reconhecer e utilizar adequadamente símbolos, códigos e representa�es geométricas da linguagem científica no estudo de campos magnéticos e suas fontes. ▶ Elaborar relatos de experimentos e questões relativos � identifica�o das características dos campos magnéticos. ▶ Identificar fenômenos naturais, estabelecer rela�es e identificar regularidades em fenômenos que envolvem magnetismo. ▶ Utilizar procedimentos e instrumentos de observa�o, representar resultados experimentais, elaborar hipóteses e interpretar resultados em situa�es que envolvem corrente elétrica e campo magnético. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Formular hipóteses sobre a dire�o do campo magnético em um ponto ou uma região do espaço, utilizando informa�es de outros pontos ou regiões. ▶ Sistematizar informa�es obtidas experimentalmente sobre o campo magnético de um �m �. ▶ Identificar as linhas do campo magnético gerado por um �m � por meio das figuras desenhadas por limalhas de ferro. ▶ Reconhecer os polos magnéticos de um �m � por meio das figuras desenhadas por limalhas de ferro ou por linhas, traços ou pontos. ▶ Representar o campo magnético de um �m � utilizando linguagem ic�nica de pontos, traços ou linhas.
Situat�o de Aprendizagem 10	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reconhecer e utilizar adequadamente símbolos, códigos e representa�es geométricas da linguagem científica em situa�es que envolvem corrente elétrica e campo magnético. ▶ Elaborar escritas para relatar experimentos e questões que evidenciam a rela�o entre carga em movimento e campo magnético. ▶ Identificar fenômenos eletromagnéticos, estabelecer rela�es e identificar regularidades. ▶ Utilizar procedimentos e instrumentos de observa�o, representar resultados experimentais, elaborar hipóteses e interpretar resultados em situa�es que envolvem corrente elétrica e campo magnético. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Executar experimentos com procedimentos adequados na verifica�o da rela�o entre corrente elétrica e campo magnético. ▶ Reconhecer que cargas em movimento geram campo magnético. ▶ Identificar a rela�o entre a corrente elétrica e o campo magnético correspondente em termos de intensidade, dire�o e sentido. ▶ Reconhecer e representar o campo magnético por meio de pontos, traços ou linhas.
Situat�o de Aprendizagem 11	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reconhecer e utilizar adequadamente símbolos, códigos e representa�es geométricas da linguagem científica em situa�es que envolvem fenômenos eletromagnéticos. ▶ Elaborar relatos de experimentos e questões relativos � identifica�o da rela�o entre campo magnético e campo elétrico. ▶ Identificar fenômenos eletromagnéticos, estabelecer rela�es e identificar regularidades. ▶ Utilizar procedimentos e instrumentos de observa�o, representar resultados experimentais, elaborar hipóteses e interpretar resultados em situa�es que envolvem fenômenos eletromagnéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Executar experimentos com procedimentos adequados na verifica�o da rela�o entre corrente elétrica e campo magnético. ▶ Reconhecer que cargas em movimento geram campo magnético. ▶ Identificar a rela�o entre a corrente elétrica e o campo magnético correspondente em termos de intensidade, dire�o e sentido. ▶ Reconhecer e representar o campo magnético por meio de pontos, traços ou linhas.

PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

1. (Fuvest – 1996 – adaptada) A Figura I representa um ímã permanente em forma de barra, onde N e S indicam, respectivamente, polos norte e sul. Suponha que a barra esteja dividida em três pedaços, como mostra a Figura II. Colocando lado a lado os dois pedaços extremos, como indicado na Figura III, é correto afirmar que eles:

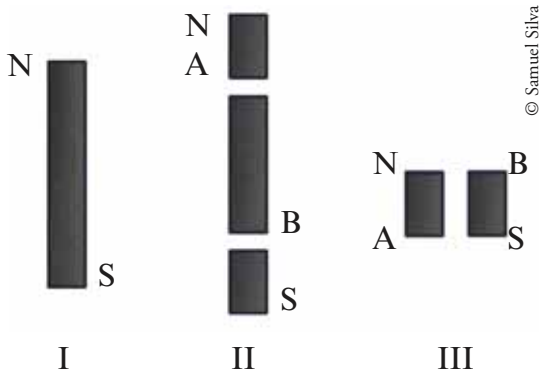


Figura 45.

- a) se atrairão, pois A é polo norte e B é polo sul.
- b) se atrairão, pois A é polo sul e B é polo norte.
- c) não serão atraídos nem repelidos.
- d) se repelirão, pois A é polo norte e B é polo sul.
- e) se repelirão, pois A é polo sul e B é polo norte.

Ao quebrar o ímã, conforme a Figura II, as partes extremas permanecerão com os dois polos, norte e sul. Como uma barra tem o polo norte, a outra extremidade A só poderá ser polo sul. Já a outra barra que tem o polo sul em uma das extremidades, só poderá ter na outra, B, o polo norte. Assim, quando se aproximarem as barras, só poderá ocorrer uma repulsão, pois são polos iguais.

2. (Fuvest – 1999) Um ímã, em forma de barra, de polaridade N (norte) e S (sul), é fixado em uma mesa horizontal. Um outro ímã

semelhante, de polaridade desconhecida, indicada por A e T, quando colocado na posição mostrada na figura, é repellido para a direita. Quebra-se esse ímã ao meio e, utilizando as duas metades, fazem-se quatro experiências, representadas na figura, em que as metades são colocadas, uma de cada vez, nas proximidades do ímã fixo. Indicando por “nada” a ausência de atração ou repulsão da parte testada, os resultados das quatro experiências são, respectivamente:



Figura 46.

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

Tabela 13.

Ao aproximar o ímã de extremidades A e T do ímã fixo, nota-se uma repulsão que permite concluir que o polo A tem o mesmo polo do ímã fixo, logo, é o polo sul, e T é o polo norte. Conhecendo os polos do ímã AT, é possível saber quando haverá repulsão ou atração nas experiências. Na experiência I, haverá repulsão, pois o polo A, que é polo sul, não se modifica quando o ímã é partido ao meio, continuando a ser repellido pelo ímã fixo. Na experiência II, a outra extremidade do ímã que tem o polo A (sul), ao ser repartido o ímã, se torna polo norte, logo será atraído. Na experiência III, a outra extremidade do ímã que tem o lado T, que é originado da quebra, tem o polo sul, logo será repellido pelo ímã fixo. Já na experiência IV, o lado T do ímã é o polo norte, então será atraído. Assim, ocorrerão repulsão/atração/repulsão/atração.

3. Três esferas de isopor M, N e P estão suspensas por fios isolantes. Quando se aproxima N de P, nota-se uma repulsão entre essas esferas; quando se aproxima N de M, nota-se uma atração.

a) Quais são as possíveis cargas (sinais) de cada uma das esferas de isopor?

Como há uma repulsão entre N e P, elas só poderão estar carregadas com sinais iguais (N positivo e P positivo ou N negativo e P negativo). Ao se aproximar N de M elas se atraem, logo, só poderão estar carregadas com sinais contrários (N positivo e M negativo ou vice-versa).

b) O que ocorrerá se aproximarmos P de M? Explique.

Quando se aproxima P de M, irá ocorrer uma atração, pois P tem o mesmo sinal de N, e N e M se atraíram.

4. Duas partículas com carga q_1 e q_2 , separadas a uma distância d , se atraem com força de intensidade $F = 0,18$ N. Qual será a intensidade da força de atração entre essas partículas se:

a) a distância entre elas for triplicada?

Ao triplicar a distância, a força diminui nove vezes, uma vez que a força é inversamente proporcional ao quadrado da distância.

b) o valor da carga de cada partícula e a distância inicial entre elas forem reduzidos à metade?

Ao diminuir a distância pela metade, a força ficará multiplicada por quatro, porém as cargas também diminuem pela metade, ou seja, o produto das duas cargas será quatro vezes menor. Assim, a intensidade da força permanecerá a mesma, mostrando que a força é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância.

5. Uma carga $q_1 = 4 \cdot 10^{-6}$ C está separada em 2 m de uma outra carga $q_2 = 1 \cdot 10^{-6}$ C. Determine:

a) a distância de q_1 onde o campo elétrico é nulo.

Como o campo elétrico deve ser nulo a uma distância x de q_1 , teremos: $Kq_2/x^2 = Kq_1/(2-x)^2$, sendo $x = 4/3$ m. É im-

portante relacionar esse resultado com a Lei de Coulomb, mostrando que quanto maior a distância, menor a intensidade do campo. Por isso, para que o campo seja nulo, o ponto x terá de estar mais próximo de q_2 .

b) a força elétrica que atua em uma carga $q_3 = -2 \cdot 10^{-6}$ C colocada no ponto médio entre q_1 e q_2 .

Para encontrar a força resultante sobre q_3 , determinar primeiro a força entre q_1 e q_3 ($F_{13} = 72 \cdot 10^{-3}$ N) e depois a força entre q_2 e q_3 ($F_{23} = 18 \cdot 10^{-3}$ N). A força resultante é uma menos a outra (a maior menos a menor) e tem direção sobre a reta que liga q_1 e q_3 no sentido (apontado) de q_1 .

6. Cada uma das Figuras 47 e 48 representa a configuração das linhas de um campo magnético.

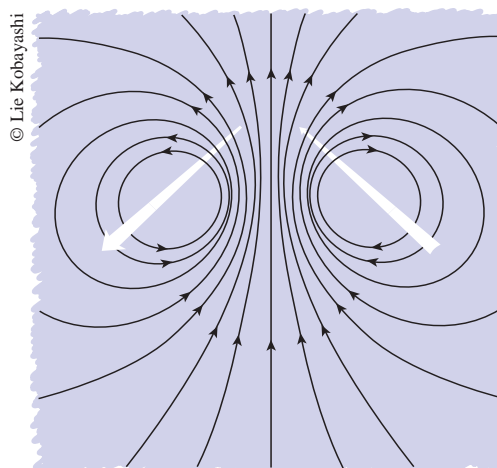


Figura 47.

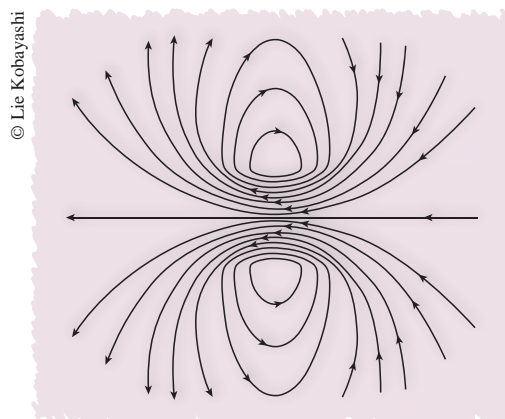


Figura 48.

a) Em cada uma das figuras, analise as linhas do campo magnético e complete a representação desenhando a(s) fonte(s) responsável(is) pela configuração.

b) Justifique a resposta anterior, indicando as particularidades das linhas de campo que as levaram à identificação das fontes.

A Figura 47 corresponde às linhas do campo magnético estabelecido por dois fios com corrente elétrica, localizados no ponto central de cada circunferência e atravessando perpendicularmente a folha de papel. As correntes têm sentidos opostos, e o fio situado à direita tem sentido da corrente entrando na folha do papel.

A Figura 48 corresponde às linhas do campo magnético de um ímã. Também é correto se os alunos inserirem um solenoide, pois o campo de ímã é semelhante ao de um solenoide. Dentro do ímã, as linhas de campo vão do polo sul para o polo norte.

7. (Fuvest – 2006) Sobre uma mesa plana e horizontal, é colocado um ímã em forma de barra, representado na figura, visto de cima, juntamente com algumas linhas de seu campo magnético. Uma pequena bússola é deslocada, lentamente, sobre a mesa, a partir do ponto P, realizando uma volta circular completa em torno do ímã. Ao final desse movimento, a agulha da bússola terá completado, em torno de seu próprio eixo, um número de voltas igual a

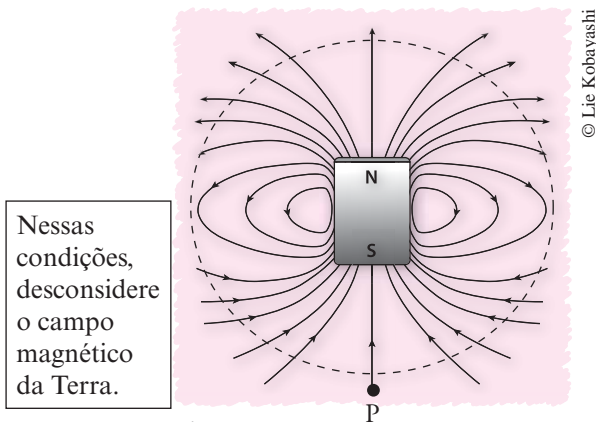


Figura 49.

- a) $\frac{1}{4}$ de volta.
- b) $\frac{1}{2}$ de volta.

c) 1 volta completa.

d) 2 voltas completas.

e) 4 voltas completas.

Lembre-se de que a direção da agulha deve ser sempre tangente à linha do campo magnético, alinhando com o sentido da linha força local.

8. (Fuvest – 2001 – adaptada) Três fios verticais e muito longos atravessam uma superfície plana e horizontal, nos vértices de um triângulo isósceles, como na Figura 50 desenhada no plano. Por dois deles (●), passa uma mesma corrente que sai do plano do papel, e, pelo terceiro (X), uma corrente que entra nesse plano. Desprezando-se os efeitos do campo magnético terrestre, a direção da agulha de uma bússola, colocada equidistante deles, seria melhor representada pela reta:

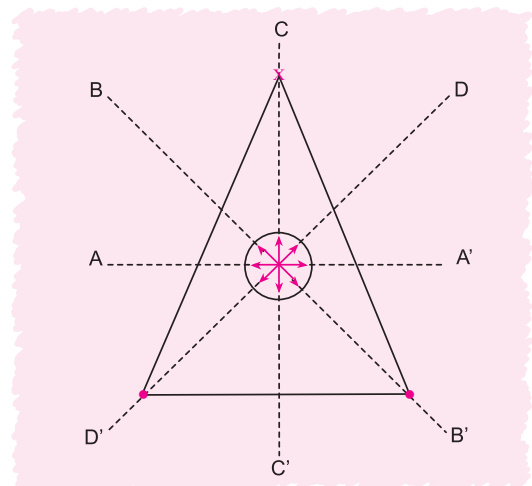


Figura 50.

a) AA'.

b) BB'.

c) CC'.

d) DD'.

e) perpendicular ao plano do papel.

O campo relacionado ao ponto próximo a B' tem direção BB' e sentido para B. O campo relacionado ao ponto próximo a D' tem direção DD' e sentido para D'. A resultante desses dois campos será na direção AA' e com sentido para A. O campo relacionado ao ponto próximo a C tem direção AA' e sentido para A. Portanto, a resultante total, que representa o campo magnético no ponto onde a bússola foi colocada, terá direção AA' e sentido para A.

9. (Fuvest – 2000) Apoiado sobre uma mesa observa-se o trecho de um fio longo, ligado a uma bateria. Cinco bússolas são colocadas próximas ao fio, na horizontal, nas seguintes posições: 1 e 5 sobre a mesa; 2, 3 e 4 a alguns centímetros acima da mesa. As agulhas das bússolas só podem mover-se no plano horizontal. Quando não há corrente no fio, todas as agulhas das bússolas permanecem paralelas ao fio. Se passar corrente no fio, será observada deflexão, no plano horizontal, das agulhas das bússolas colocadas somente:

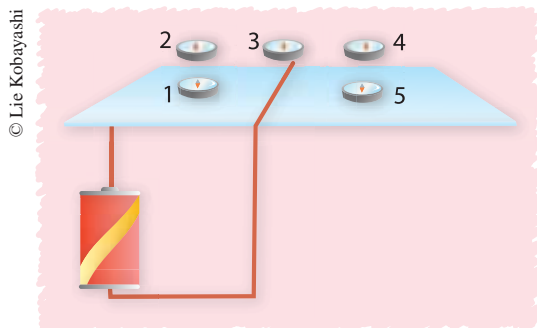


Figura 51.

- a) na posição 3.
- b) nas posições 1 e 5.
- c) nas posições 2 e 4.
- d) nas posições 1, 3 e 5.
- e) nas posições 2, 3 e 4.**

Como o campo magnético é gerado pela passagem da corrente, ele é circular ao fio. Nos pontos 1 e 5, ele tem a direção perpendicular ao plano da mesa, por isso não consegue fazer a agulha da bússola localizada nesses pontos defletir. Já nos

pontos 2, 3 e 4, isso não ocorre, por estarem a uma pequena altura em relação ao fio.

10. Um ímã, preso a um carrinho, desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho, há uma espira metálica, como mostra a figura:

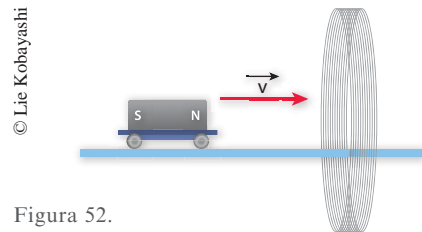


Figura 52.

Pode-se afirmar que, na espira, a corrente elétrica:

- a) é sempre nula.
- b) existe somente quando o ímã se aproxima da espira.
- c) existe somente quando o ímã está dentro da espira.
- d) existe somente quando o ímã se afasta da espira.
- e) existe quando o ímã se aproxima ou se afasta da espira.**

Quando o ímã se aproxima, há uma variação do fluxo do campo magnético (aumento do fluxo), o que gera uma corrente induzida na espira. Ao passar pela espira, afastando-se dela, o fluxo do campo magnético continua a variar, só que agora diminuindo, gerando uma corrente no sentido contrário de quando o carrinho se aproximava da espira. Por esse motivo, haverá corrente tanto na aproximação quanto no afastamento do ímã.

Grade de correção das questões

A questão 1 tem como objetivo habilitar os alunos a reconhecerem alguns aspectos inerentes aos ímãs, como a não existência de

monopolos magnéticos e a atração e repulsão entre os polos, compreendendo quando ocorrem a atração e a repulsão.

A questão 2 permite aos alunos avaliar e reconhecer os polos magnéticos de um ímã por meio da atração e repulsão entre os polos. Também é intenção que os alunos compreendam que não é possível obter um ímã com um único polo magnético, ou seja, não existe o monopolo magnético.

A questão 3 possibilita a avaliação das influências nos sinais das cargas elétricas dos corpos na ocorrência de atração e repulsão entre eles, reconhecendo, assim, quando terá atração e quando terá repulsão. Os alunos também podem avaliar o sinal que cada corpo carrega.

A questão 4 permite aos alunos reconhecer as relações existentes entre a intensidade da força, a distância e o valor das cargas elétricas envolvidas, compreendendo qualitativamente a Lei de Coulomb. Dessa forma, os alunos poderão avaliar o que ocorre com a intensidade da força quando se alteram a distância e o valor das cargas.

A questão 5 permite aos alunos explorar a Lei de Coulomb em relação ao campo elétrico, compreendendo qual é a relação existente entre a distância e o valor da carga para a intensidade do campo elétrico. Permite também relacionar o campo com a força elétrica sobre uma carga qualquer.

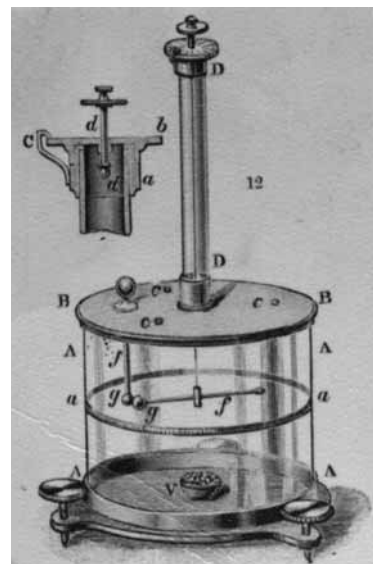
A questão 6 permite aos alunos relacionar as linhas de campo magnético a sua fonte geradora.

A questão 7 permite aos alunos reconhecer a orientação da agulha da bússola a partir das linhas de campo, avaliando a movimentação da agulha ao ser movimentada ao redor de um ímã.

A questão 8 habilita os alunos a aplicar a regra da mão direita para a Lei de Ampère, avaliando o campo magnético resultante (princípio da superposição).

A questão 9 permite aos alunos avaliar a aplicação da Lei de Ampère, compreendendo as características do campo magnético gerado por uma corrente elétrica.

A questão 10 permite aos alunos reconhecer o sentido da corrente induzida em uma espira, dependendo do movimento relativo entre o ímã e a espira, por meio da variação do fluxo do campo magnético.



© Hulton Archive/Stringer/Getty Images

Figura 53.

PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

O principal objetivo das Situações de Aprendizagem de 1 a 11 é tratar a eletricidade no cotidiano e entendê-la como resultante da maneira pela qual as cargas elétricas se estruturam e interagem na matéria. Embora haja várias habilidades e competências listadas ao longo das atividades propostas, pelo menos cinco devem ser garantidas para a continuidade dos estudos. Nesta etapa, os alunos devem ser capazes de:

- ▶ entender o consumo de energia elétrica como o resultado da corrente elétrica que percorre os equipamentos em uma dada tensão;
- ▶ calcular a energia consumida em função da potência dos equipamentos;
- ▶ reconhecer a corrente elétrica como o resultado da ação de campo elétrico em um corpo gerando um movimento ordenado de cargas;
- ▶ relacionar a variação do fluxo do campo magnético com a geração de corrente elétrica;
- ▶ compreender a evolução histórica do conceito de campo e sua importância na unificação do eletromagnetismo.

Caso essas habilidades não tenham sido desenvolvidas pelos alunos, sugerimos três estratégias para recuperação:

- ▶ Aplique, novamente, o roteiro 6, mas com outra conta de energia elétrica. Procure

discutir com os alunos de que maneira essa conta de luz poderia ser diminuída, em particular com a substituição de equipamento e redução de uso. Discuta com eles o que significa economia de energia. Apresente os equipamentos econômicos como os que consomem menos energia para realizar a mesma função. Busque nas provas do Enem ou em outras provas de avaliação (Fuvest, Unicamp etc.) novas questões sobre o tema.

- ▶ Forneça os materiais e permita aos alunos com dificuldade que executem novamente a atividade do roteiro 7. Encoraje-os a realizar outras investigações com o canudo eletrizado e o ímã. Solicite a eles que tragam outros materiais para serem testados com o ímã e o canudo eletrizado. Faça que a investigação se transforme em um “jogo” entre eles, testando a capacidade de descobrir o material escondido dentro do isopor. Em seguida, aplique as questões para avaliação.
- ▶ Reelabore a Situação de Aprendizagem 11 ou use um roteiro modificado para ser demonstrado em sala de aula. O roteiro encontra-se em: Nupic. *Curso dualidade onda-partícula, bloco V, recurso de ensino 3*. (Disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br>>. Acesso em: 23 maio 2013.)

TEMA 3 – MOTORES E GERADORES: PRODUÇÃO DE MOVIMENTO

Fazemos, ostensivamente, uso diário de inúmeros motores elétricos, em elevadores, liquidificadores, ventiladores, máquinas de lavar etc. Além disso, ao consumir um alimento, ou fazer uso de tecidos, papéis e praticamente qualquer outro produto, estamos nos beneficiando indiretamente de incontáveis outros motores elétricos essenciais em sua produção. Isso só é possível porque muitos geradores estão produzindo a eletricidade necessária em dezenas de hidrelétricas e termoeletricas que energizam nossa rede nacional de distribuição. A compreensão disso também nos alerta para o consumo mais racional de energia.

Os motores e geradores, portanto, desempenham um papel importante na sociedade moderna. Reconhecê-los como aplicação

dos conceitos do eletromagnetismo ajudará a relacionar os avanços tecnológicos e científicos. Assim, discutiremos neste tema o funcionamento dos motores e geradores elétricos e seus principais componentes, destacando as transformações de energia envolvidas, como aplicação direta das leis do eletromagnetismo. Para isso, serão desenvolvidas duas Situações de Aprendizagem.

A Situação de Aprendizagem 12 buscará discutir o princípio de funcionamento do motor elétrico, a partir de uma montagem didática. Em seguida, a Situação de Aprendizagem 13 possibilitará a discussão dos princípios dos geradores de eletricidade a partir de um equipamento simples: o dínamo, como o que se utiliza em bicicletas.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 12 CONSTRUINDO UM MOTOR ELÉTRICO

Nesta Situação de Aprendizagem, abordaremos o funcionamento do motor elétrico como aplicação dos conceitos de campo e força magnética, evidenciando seus principais

elementos e aplicações. Para isso, os alunos montarão um pequeno motor elétrico, discutirão seus elementos e os princípios de seu funcionamento.

Conteúdos e temas: motor elétrico – elementos constituintes e funcionamento; transformação de energia elétrica em movimento; campo magnético, força magnética, corrente elétrica e fluxo magnético.

Competências e habilidades: ler e interpretar procedimentos experimentais apresentados em guias de construção de um motor elétrico simples; utilizar procedimentos e instrumentos adequados para realizar experimentos, elaborar hipóteses e interpretar resultados na construção de um motor elétrico simples; identificar em dada situação-problema as informações relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la em situação que envolve construção de motor elétrico simples; relatar por meio de linguagem escrita e oral experimentos e questões relativos à construção de um motor elétrico.

Sugestão de estratégias: montagem e discussão do princípio de funcionamento de um motor elétrico.

Sugestão de recursos: roteiro 12 de atividade de montagem de um motor elétrico; material experimental.

Sugestão de avaliação: avaliar as respostas das questões da atividade, a resolução de exercícios e problemas, o relatório de síntese da atividade, além da participação na montagem da atividade, o envolvimento e a participação nas discussões em grupo e com a sala.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Para iniciar o estudo sobre motores e geradores, é interessante estabelecer uma relação com os conceitos discutidos até aqui sobre o eletromagnetismo. Portanto, inicie a discussão propondo as seguintes questões: *Como a eletricidade e o magnetismo são utilizados com finalidades práticas? Você conhece algum equipamento baseado no uso da eletricidade e do magnetismo simultaneamente? Você identifica algumas grandezas físicas estudadas até este momento com alguma tecnologia presente no cotidiano?* Essas questões poderão incentivar os estudantes a falar sobre alguns conhecimentos práticos que possuem associados

ao eletromagnetismo. Se achar conveniente, faça uma lista com as respostas dos alunos, classifique-as e agrupe-as segundo critérios discutidos conjuntamente.

Em seguida, oriente-os para a montagem do motor elétrico. É importante que todos eles possam participar da montagem. Para isso, separe-os em grupos de, no máximo, cinco componentes. Dê-lhes um tempo para a execução do experimento, certificando-se de que todos os motores estejam funcionando. Em seguida, acompanhe as respostas às questões propostas. Aborde os conceitos envolvidos no funcionamento do motor elétrico: passagem de corrente elétrica, campo magnético associado ao ímã e movimento relativo entre a espira e o campo magnético.

Roteiro 12 – Construindo um motor elétrico



Construiremos um motorzinho elétrico para discutir seu princípio de funcionamento e os conceitos do eletromagnetismo envolvidos.

Materiais

- ▶ 90 cm de fio de cobre esmaltado (número 26);
- ▶ duas presilhas metálicas de pasta de arquivo;
- ▶ uma pilha grande;
- ▶ um ímã em barra;
- ▶ um pedaço de madeira.

O que fazer?

Mãos à obra!

1. Faça uma bobina com o fio esmaltado. Ela pode ser quadrada ou redonda, como

mostra a figura. Para a construção da bobina, você pode utilizar seus três dedos centrais, dando aproximadamente dez voltas em torno deles. Deixe sem enrolar aproximadamente 5 cm de fio em cada extremidade. Eles servirão de eixo de rotação do motor.

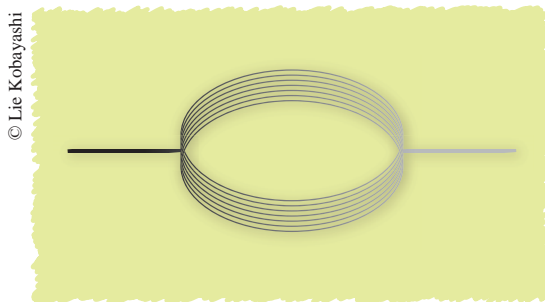


Figura 54.

2. Para apoiar a bobina, faça duas hastes com presilhas de pasta de arquivo, dando o formato indicado na próxima figura.
3. Encaixe as hastes no pedaço de madeira.

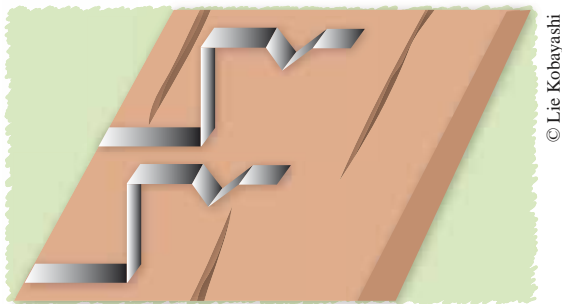


Figura 55.

4. A pilha servirá de fonte de energia elétrica, ficando conectada às presilhas (hastes), produzindo corrente na bobina do motor. No lugar da pilha é possível utilizar um carregador de bateria de celular que não esteja mais sendo utilizado. Mas é preciso retirar o *plug* de saída para que dois fios possam ser ligados ao terminal do fio da experiência.
5. A parte fixa do motor será constituída de um ímã permanente, que será colocado sobre a tábua, conforme indica a figura a seguir.
6. Dependendo do ímã utilizado, será necessário usar um pequeno suporte para aproximá-lo da bobina.

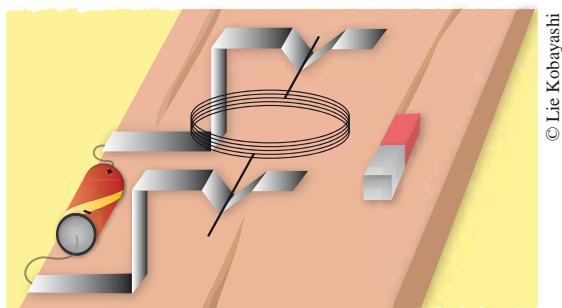


Figura 56.

7. Para colocar o motor em funcionamento, não se esqueça de que o verniz do fio da bobina é isolante elétrico. Por isso, você deve raspá-lo para que o contato elétrico

seja possível. Além disso, você deve raspar só um lado, deixando o restante intacto ao longo do comprimento (observe na figura a maneira correta de raspá-lo).

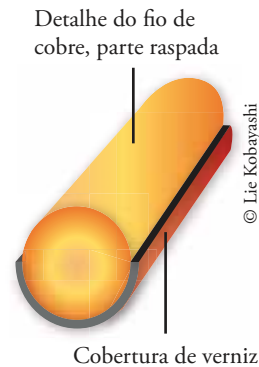


Figura 57.

8. Dê um pequeno impulso inicial para dar a partida no motor e observe seu funcionamento.

Interpretação e análise dos resultados

1. Retire o ímã da montagem e observe que o motor para. Por que isso acontece?
Porque há necessidade do campo magnético para que se tenha o movimento do motor, pois o campo magnético do ímã interage com o campo gerado na espira.
2. Inverta a posição do ímã. O que acontece com o sentido de giro do motor?
Espera-se que os alunos observem que haverá a inversão do movimento da bobina (motor).
3. Inverta a pilha e refaça as ligações. O que acontece com o sentido de giro do motor?
A espira terá seu movimento invertido.
4. Faça uma segunda bobina, porém, desta vez, raspe integralmente o esmalte das duas pontas livres. Monte-a sobre o suporte. O que acontece? Explique.
A bobina não gira. Ela permanece oscilando em relação a seu ponto de equilíbrio, em razão da inversão da força magnética.

5. Quais são os principais componentes do motor? Quais leis explicam seu funcionamento?

Bobina, fonte e ímã (campo magnético). Lei de Faraday e Lei de Lenz.

Roteiro adaptado de: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Eletromagnetismo* 3. Motores elétricos. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 56. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro3.pdf>> e <<http://cenp.edunet.sp.gov.br/fisica/gref/ELETROMAGNETISMO/eletro14.pdf>>. Acessos em: 24 maio 2013.

Encaminhando a ação

Discuta o que ocorre quando uma corrente percorre um fio, estando ele imerso em campo magnético (nesse caso, suposto constante): o aparecimento de uma força sobre o fio, proporcional à intensidade da corrente elétrica, do campo magnético e do comprimento do fio; seu módulo é expresso pela equação $F = B \cdot i \cdot l \cdot \text{sen}\theta$, onde B é a intensidade do campo magnético, i a intensidade da corrente elétrica, l o comprimento do fio, e θ o ângulo formado entre as direções da corrente e do campo magnético. Se quiser, faça uma demonstração usando no suporte apenas um fio dobrado na forma de U. Veja que, neste caso, aparece uma força de origem magnética no fio que o deixa inclinado.

Na discussão sobre a força que passa a atuar sobre o fio, ressalte três pontos principais: as posições da bobina quando ela está na horizontal, na vertical e em uma posição intermediária entre as duas anteriores. Assim, é possível abordar, além da força, o fluxo do campo magnético, associado à Lei de Lenz.

Depois da discussão, se possível, leve para a sala de aula um pequeno motor elétrico comercial que possa ser desmontado. Compare esse motor com o que foi construído pelos alunos, destacando a maior eficiência ligada ao maior número de bobinas e à posição delas. Destaque o fato de que os motores comerciais não possuem ímãs, mas eletroímãs, ou seja, o campo magnético é produzido pela própria corrente elétrica.

Para completar o estudo sobre a força magnética, discuta também a expressão $F = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}\theta$, que indica que uma carga elétrica q , ao penetrar numa região com campo magnético B , com uma velocidade v , sofre a ação de uma força F que tem sua direção e sentido dado pela regra da mão esquerda (θ é o ângulo formado entre direções da velocidade e do campo magnético).

A ideia de descascar somente parte do fio esmaltado é para que a corrente que percorre o fio e também a bobina (que forma o motor) seja interrompida depois que a bobina passar pela posição vertical, cortando a corrente em um momento em que as forças aplicadas na bobina pudessem levá-la a uma situação de equilíbrio, obtendo, dessa maneira, um movimento contínuo de rotação. Essa peça no motor real é chamada de **comutador**. Caso o fio seja descascado totalmente, o motor não funcionará, pois, em dado momento, as forças atuantes na bobina criam uma situação de estabilidade de forma que ela não realizaria rotação.

Depois da realização da atividade, verifique se os alunos compreenderam quantitativamente o mecanismo de funcionamento dos motores. Para isso, proponha problemas e questões sobre a força magnética e sobre as leis de indução/Lei de Lenz aplicadas aos motores elétricos (use o livro didático de sua preferência). Procure selecionar e apresentar problemas que sejam contextualizados e que permitam a interpretação dos fenômenos e aspectos conceituais envolvidos nas atividades sobre motores.



1. Qual é a importância do campo magnético no funcionamento do motor?

O campo magnético é importante para que ocorra interação magnética ($F = B \cdot i \cdot l \cdot \sin\theta$). Explore as duas equações da força magnética ($F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\theta$). É preciso ressaltar que o movimento de cargas elétricas em uma região com campo magnético “cria” uma força que produz o movimento.

2. Quais grandezas físicas estão relacionadas com a velocidade de giro do motor?

Campo magnético, corrente elétrica, tensão e resistência da bobina. Essa questão poderá ser explorada quando estiver sendo feita a investigação sobre o funcionamento do motor, para que os alunos percebam melhor a relação das grandezas.

3. Se fosse alterado o número de espiras da bobina, o que aconteceria com a velocidade de giro do motor? Justifique sua resposta.

O número de espiras da bobina está relacionado diretamente à força magnética. Quanto maior o número de espiras, maior será a velocidade. Contudo, o aumento do número de espiras aumenta a inércia da bobina, ou seja, sua massa dificulta ainda mais seu movimento.



1. Um fio metálico está imerso em um campo magnético como mostra a figura. Em determinado instante, os terminais do fio são ligados a uma fonte (pilha, por exemplo). Na figura, represente o sentido do campo magnético, da corrente elétrica e da força que vai atuar sobre o fio.

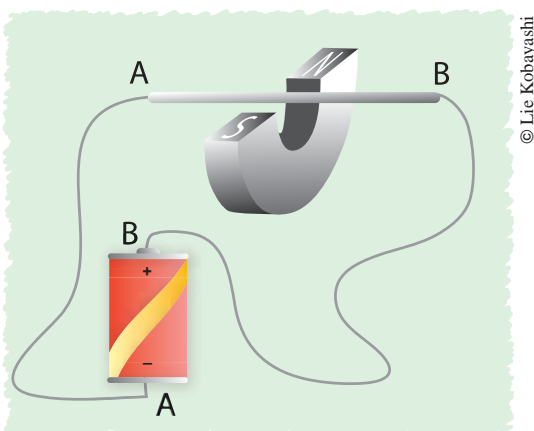


Figura 58.

A representação deve ser semelhante à Figura 59: o campo magnético tem o sentido de norte para sul, usando o ímã permanente como referência espacial; a corrente convencional vai do polo positivo para o negativo; a força magnética aponta para cima (aplicar a regra da mão direita).

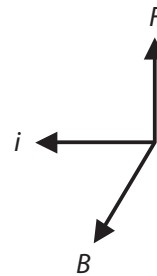


Figura 59.

2. Procure um motor elétrico e identifique seus elementos. Compare-os com os do motor construído por você. Ele apresenta bobina? Ele tem ímã?

Resposta pessoal. É provável que os alunos encontrem uma bobina e um ímã, como no motor construído na classe.

3. Podemos dizer que a bobina do motor, constituída de várias espiras, quando percorrida por uma corrente também “cria” um campo magnético? Explique.

Sim. Nesse caso, aplica-se a Lei de Ampère. Lembre-se de que os condutores percorridos por uma corrente elétrica “criam” um campo magnético em sua volta. Você pode destacar que as asas utilizadas decorrem do fato de que não temos primeiro uma corrente elétrica num condutor e depois o surgimento de um campo magnético. A presença da corrente elétrica no condutor é diretamente associada à presença do campo magnético. Eles existem simultaneamente.

Na realização da próxima Situação de Aprendizagem, é necessária a utilização de um pequeno gerador (dínamo). Solicite aos alunos que tragam em uma próxima aula. Pode ser um dínamo usado em faroletes de bicicletas ou em lanternas manuais com gatilho. Como nem sempre isso é fácil, sugere-se que você consiga um para demonstração.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 13

ENTENDENDO OS GERADORES ELÉTRICOS

Os principais objetivos desta Situação de Aprendizagem são abordar o princípio de funcionamento dos geradores de eletricidade e ampliar os conceitos do eletromagnetismo a partir do estudo de um dínamo. A intenção é

fazer que os alunos percebam que o movimento de rotação de uma fonte de campo magnético leva à geração de energia elétrica e, assim, levá-los a explicar o funcionamento básico de usinas geradoras de eletricidade.

Conteúdos e temas: geradores elétricos, transformação de energia de movimento em eletricidade; força magnética.

Competências e habilidades: ler e interpretar procedimentos experimentais apresentados em guia de estudo de um dínamo; utilizar procedimentos adequados para realizar experimentos, elaborar hipóteses e interpretar resultados em situações de análise de um gerador de eletricidade; identificar em dada situação-problema as informações relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la em situação que envolve análise de um dínamo; relatar por meio de linguagem escrita e oral experimentos e situações relativas ao estudo e ao uso de dinamos.

Sugestão de estratégias: utilização de um dínamo para discutir os principais elementos e fundamentos dos geradores elétricos.

Sugestão de recursos: roteiro 13 de atividade; material experimental.

Sugestão de avaliação: avaliar as respostas às questões propostas; a resolução de problemas e questões quantitativas; a participação na realização da atividade e na discussão em grupo, contribuindo para o enriquecimento da discussão coletiva.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Inicie a atividade perguntando aos alunos

se eles já ouviram falar de geradores de eletricidade e como imaginam esse equipamento. Em seguida, proponha o experimento, orientando-os a responder às questões.

Roteiro 13 – Entendendo os geradores de eletricidade



Esta atividade analisa os principais elementos e fenômenos eletromagnéticos envolvidos na geração de energia elétrica.

Materiais

- ▶ um dínamo;
- ▶ uma bússola;
- ▶ pedaços de fio;
- ▶ um *led*.

Dica: pode-se obter o dínamo extraindo-o de uma lanterna manual com gatilho, que, em vez de pilhas, usa o movimento da mão como fonte de energia primária. Há também dinamos usados em bicicletas, movidos pela própria energia mecânica da pedalada transferida às rodas.

1ª parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Aproxime a bússola do dínamo pelos diversos lados.

2. Observe o que ocorre com a agulha.



Figura 60.

3. Ainda com a bússola próxima do dínamo, comece a girar lentamente seu eixo.
4. Observe novamente o que ocorre com a agulha da bússola.



Figura 61.

Interpretação e análise dos resultados

1. O que ocorre com a agulha da bússola antes de o eixo do dínamo ser girado?
Espera-se que os alunos observem a deflexão da agulha.
2. O que ocorre com a agulha da bússola quando você começa a girar o eixo?
Espera-se que os alunos continuem observando a deflexão da agulha da bússola.
3. A partir das suas observações, você consegue dizer o que há dentro do dínamo?
Espera-se que os alunos percebam que há um ímã. Caso

não o notem, aproxime a bússola de um ímã qualquer e depois repita o procedimento com o dínamo, mostrando que o comportamento é semelhante.

2ª parte – O que fazer?

Mãos à obra!

1. Agora pegue o *led* e conecte-o aos terminais do dínamo.



Figura 62.

2. Comece a girar lentamente o eixo do dínamo.
3. Vá aumentando a velocidade do giro.
4. Observe o que ocorre com o *led*.
5. Retire o eixo do dínamo, soltando a porca na ponta do eixo.
6. Aproxime o eixo da bússola.
7. Observe o que ocorre com a agulha da bússola.

Interpretação e análise dos resultados

1. O que aconteceu com o *led*? Por quê?
O *led* vai acender. Por causa do movimento relativo entre o ímã e a bobina, uma corrente induzida será criada, fazendo o *led* acender.

2. Ao aproximar o eixo do dínamo da bússola, o que ocorre com a agulha? Poderíamos dizer que o eixo tem o comportamento idêntico a quê?

Levará à deflexão da agulha. O eixo tem o mesmo comportamento de um ímã.

3. Analisando a parte interna do dínamo, do que ela é constituída?

Bobinas, ímãs e eixo. Não deixe de considerar as observações dos alunos.

4. Compare as duas partes do dínamo (eixo e parte interna) com as do motor elétrico. O que há de similar entre eles? Os dois se comportam da mesma maneira?

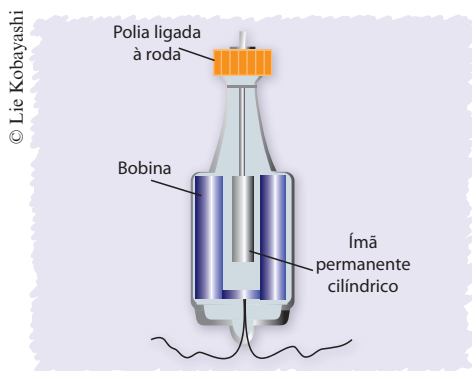


Figura 63. Dínamo de bicicleta.

Resposta pessoal. No entanto, espera-se que os alunos indiquem as partes similares, como bobina e ímã, e que esses aparatos, apesar de parecidos, comportam-se de forma diferente.

5. Qual é a diferença entre o dínamo e o motor?

Os dois equipamentos são bem similares. O que diferencia um do outro é que o dínamo transforma energia cinética (movimento) em energia elétrica, e o motor transforma energia elétrica em cinética (movimento).

6. Você sabe como a energia elétrica é gerada? Ou melhor, você sabe como funciona um gerador?

Para entender como a energia elétrica é gerada, analisaremos o dínamo. Nele encontramos um ímã permanente, uma bobina e um dispositivo (eixo) que transfere energia cinética (movimento) ao ímã. O ímã, ao se movimentar, faz variar o fluxo do campo magnético que passa pela bobina (pode haver mais de uma bobina). Essa variação induz uma corrente elétrica na bobina. Dessa forma, temos a energia elétrica. No caso dos geradores maiores, o princípio é o mesmo. Mas, em vez de ímãs permanentes, há eletroímãs.

Encaminhando a ação

Mostre aos alunos o funcionamento do dínamo, enfatizando seus componentes, comparando-os com os do motor elétrico. É importante que os alunos percebam as semelhanças e as diferenças entre os dois equipamentos.

É importante que você possa fazer a discussão pautada nas leis do eletromagnetismo, principalmente na Lei de Faraday, relacionando o número de espiras da bobina com a energia elétrica gerada. Para essa discussão, poderão ser utilizados textos que se encon-

tram em livros didáticos ou uma das referências destacadas na seção Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno.

A partir dessa abordagem, você pode ampliar a explicação para outros tipos de geradores, como aqueles presentes em usinas de geração de eletricidade (hidrelétricas, termoeleétricas e outras), mostrando que o princípio de funcionamento é similar ao do dínamo.

Não deixe de formalizar as questões respondidas pelos alunos. Isso fará que eles compreendam melhor o princípio de funcio-

namento dos geradores e as semelhanças e diferenças em relação ao motor.

É importante que os alunos não fiquem apenas nas discussões qualitativas. Portanto, proponha problemas e questões quantitativas relacionadas aos princípios, conceitos e leis envolvidos no uso de dínamos, geradores e transformadores. Utilize os livros didáticos adotados em sua escola para localizar questões que possam ser trabalhadas com a turma. Contudo, procure trabalhar questões que privilegiem o raciocínio e sejam contextualizadas, para que, dessa forma, se tornem mais instigantes e com maior significado para os estudantes.



1. Identifique em sua casa os equipamentos que podem ser considerados geradores.

Os alunos poderão citar dínamo, pilhas, baterias etc.

2. Pode-se dizer que todos os geradores possuem ímã permanente em seu interior? Explique.

Não, alguns geradores possuem eletroímã, que são criados a partir da passagem da corrente elétrica por um condutor. Essa corrente é produzida a partir de uma fonte de energia externa.

3. É correto dizer que um gerador produz energia elétrica? Explique.

Não, o gerador transforma energia cinética em elétrica, ele não "produz", não gera energia elétrica do nada.

4. Descreva os elementos constituintes de um gerador.

Bobina, eixo e ímã.

GRADE DE AVALIAÇÃO

	Competências e habilidades	Indicadores de aprendizagem
Situação de Aprendizagem 12	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ler e interpretar procedimentos experimentais apresentados em guias de construção de um motor elétrico simples. ▶ Utilizar procedimentos e instrumentos adequados para realizar experimentos, elaborar hipóteses e interpretar resultados em situações que envolvem a construção de um motor elétrico simples. ▶ Identificar em dada situação-problema as informações relevantes e as possíveis estratégias para resolvê-la em situação que envolve construção de um motor elétrico simples. ▶ Elaborar relatos de experimentos e questões relativas à construção de motor elétrico. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Executar experimentos com procedimentos adequados na construção de um motor elétrico simples. ▶ Identificar os elementos constituintes de um motor elétrico simples e os correspondentes fenômenos e interações eletromagnéticos. ▶ Interpretar resultados não esperados e elaborar hipóteses em situações que envolvem funcionamento de um motor elétrico simples.

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▶ Ler e interpretar procedimentos experimentais apresentados em guia de estudo de um dínamo. ▶ Utilizar procedimentos adequados para realizar experimentos, elaborar hipóteses e interpretar resultados em situações de análise de um gerador de eletricidade. ▶ Identificar em dada situação-problema as informações relevantes e as possíveis estratégias para resolvê-la em situação que envolve análise de um dínamo. ▶ Elaborar relatos de experimentos e questões relativas ao estudo de um dínamo. | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Executar experimentos com procedimentos adequados na análise do funcionamento de um dínamo. ▶ Identificar os elementos constituintes de um gerador simples e os correspondentes fenômenos e interações eletromagnéticos. ▶ Interpretar resultados não esperados e elaborar hipóteses em situações que envolvem funcionamento de um gerador simples. ▶ Compreender a relação entre os números de espiras da bobina e a energia gerada, bem como a relação entre a velocidade de rotação e a intensidade da corrente elétrica. |
|--|---|

PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

1. Entre os aparelhos ou dispositivos elétricos a seguir, é uma aplicação prática do eletromagnetismo^a:

- a) a lâmpada.
- b) o chuveiro.
- c) a campainha.**
- d) a torradeira.
- e) o ferro de passar.

A campainha funciona a partir da Lei de Ampère: quando uma corrente alternada percorre um solenoide faz oscilar um objeto ferromagnético que se choca com o "sino", causando o barulho da campainha.

2. Um fio metálico é colocado entre os polos de um ímã em forma de ferradura, como mostra a Figura 64. Ao fechar o circuito, uma força F dirigida para o centro do ímã estabelece-se sobre o fio.

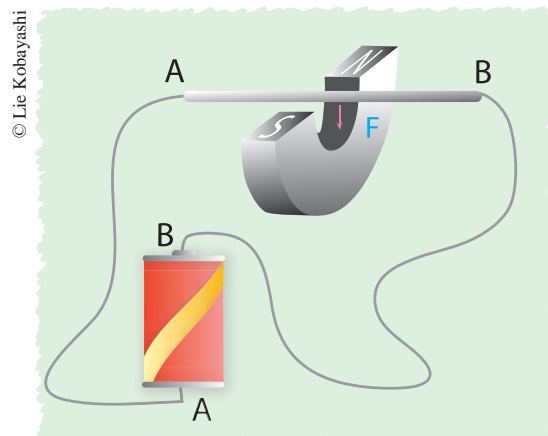


Figura 64.

a) Qual é a polaridade da pilha?

O sentido da força é dado pelo seno do ângulo entre a corrente elétrica i e o campo magnético B . Como o sentido do campo B é do polo norte para o polo sul do ímã, o sentido da corrente deve ser de A para B, para que a força seja para baixo. Polaridade da pilha: A = polo positivo e B = polo negativo.

b) Se for mantida a mesma ligação e a posição do ímã sofrer um giro de 180° ,

^a Fonte: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Eletromagnetismo 3. Força e campo magnéticos*. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 72. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro3.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2013.

qual é o sentido da força sobre o fio? Explique.

Se a polaridade do ímã for invertida, o sentido da força também inverte. Na nova situação a força é para fora do ímã.

3. Ao penetrar em uma região, em razão da presença de um campo magnético B , uma partícula de massa m e carga elétrica q descreve uma trajetória circular de raio R com velocidade constante v , em razão da ação de uma força magnética sobre ela. Nesse caso, a intensidade da força magnética que age sobre a partícula depende de quais grandezas?

$F = q \cdot v \cdot B$; logo as grandezas relevantes para a intensidade da força magnética são o módulo da carga elétrica (q), o módulo da velocidade da partícula (v) e a intensidade do campo magnético (B).

4. (Enem – 2007)

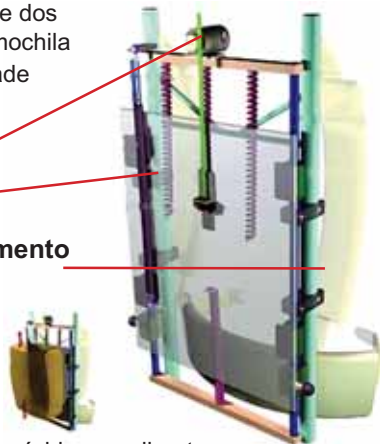
MOCHILA GERADORA DE ENERGIA

O sobe e desce dos quadris faz a mochila gerar eletricidade

Gerador

Molas

Compartimento de carga



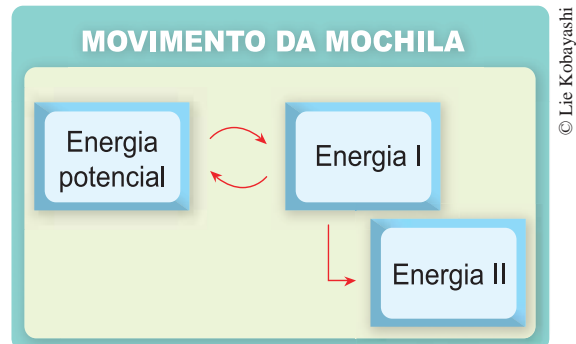
- A mochila tem estrutura rígida semelhante à usada por alpinistas.
- O compartimento de carga é suspenso por molas colocadas na vertical.
- Durante a caminhada, os quadris sobem e descem em média cinco centímetros. A energia produzida pelo vai e vem do compartimento de peso faz girar um motor conectado ao gerador de eletricidade.

© Agência Isto É/Enem 2007

Figura 65. Mochila geradora de energia.

Fonte: *Isto É*. n. 1 864, set/2005, p. 69 (com adaptações).

Com o projeto de mochila ilustrado, pretende-se aproveitar, na geração de energia elétrica para acionar dispositivos eletrônicos portáteis, parte da energia desperdiçada no ato de caminhar. As transformações de energia envolvidas na produção de eletricidade enquanto uma pessoa caminha com essa mochila podem ser assim esquematizadas:



© Lie Kobayashi

Figura 66.

As energias I e II, representadas no esquema acima, podem ser identificadas, respectivamente, como

- a) cinética e elétrica.
 b) térmica e cinética.
 c) térmica e elétrica.
 d) sonora e térmica.
 e) radiante e elétrica.

O sobe e desce faz a energia potencial ser transformada em movimento, ou seja, em energia cinética. Esse movimento faz girar o gerador (lembre os alunos da atividade do dínamo), que transforma o movimento em energia elétrica. Assim a primeira energia é cinética e a segunda é elétrica.

5. Destaque as principais semelhanças e diferenças entre os motores e os geradores de eletricidade, destacando seus elementos e suas funções.

O motor transforma energia elétrica em movimento (energia mecânica). O gerador transforma movimento (energia mecânica) em energia elétrica. Ambos funcionam com base em interações eletromagnéticas.

Grade de correção das questões

A questão 1 habilita os alunos a reconhecerem as aplicações dos conceitos referentes ao eletromagnetismo estudados até aqui. Apenas na campainha existe a transformação de eletricidade em movimento. Todos os outros eletrodomésticos transformam a energia elétrica em térmica.

A questão 2 retoma um princípio fundamental dos motores, a força magnética sobre um fio com corrente elétrica.

A questão 3 permite aos alunos avaliarem e conhecerem as grandezas importantes

quando uma carga elétrica está em movimento dentro de um campo magnético, fazendo aparecer uma força de natureza magnética.

A questão 4 possibilita aos alunos reconhecerem os processos de transformação de energia, bem como os tipos de energia envolvidos na geração da energia elétrica pela mochila.

A questão 5 permite aos alunos reconhecerem as principais semelhanças e diferenças entre os motores e geradores elétricos.

TEMA 4 – PRODUÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Vivemos um momento de incertezas sobre fontes e consumo de energia, nos deparamos com questões ambientais, sociais e econômicas. Estudar diferentes aspectos envolvidos nessa temática, para poder compreendê-los, posicionar-se e atuar na sociedade, quer em ambiente doméstico ou social, é de grande importância na formação de qualquer pessoa. Isso envolve ser capaz de avaliar criticamente os modos de produção, transmissão e consumo de energia. O uso racional da energia deve ser meta de todos, visando a contribuir para a melhoria do meio ambiente e o desenvolvimento econômico sustentável.

A produção de energia em grande escala no Brasil é baseada principalmente em hidrelétricas, cujo princípio de funcionamento pode ser entendido em termos físicos. Portanto, neste tema trataremos de aspectos envolvidos na geração, transmissão e no consumo de energia elétrica em grande escala, relacionando produção e consumo de energia com os índices de desenvolvimento econômico e social.

Um dos grandes desafios da sociedade moderna é a produção de energia. O século XX foi o período de maior crescimento na produção energética no Brasil e no mundo.

Mas a que preço isso foi feito? Esse aumento significativo não veio sem consequências e impactos negativos, quer ambientais quer sociais e econômicos, que podem comprometer o futuro da humanidade. Torna-se, assim, importante discutir a produção de energia em grande escala, destacando as diversas fontes de energia, sua transmissão e os impactos que cada uma pode ter, especialmente no meio ambiente. Com esse objetivo, a Situação de Aprendizagem 14 discutirá o princípio de funcionamento de usinas hidrelétricas, térmicas, eólicas, nucleares e outras, e seus impactos ambientais, de modo a possibilitar, ainda que em termos básicos, algumas relações de custo-benefício dessas formas de geração de energia. A Situação de Aprendizagem 15 terá como foco as linhas de transmissão de energia elétrica, buscando destacar as perdas no “deslocamento”, o papel dos transformadores e as características da eletricidade transmitida. Já a Situação de Aprendizagem 16 buscará identificar a evolução da produção energética e do seu consumo, relacionando-as com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), ou seja, questionará quanto a evolução da produção de energia melhorou a qualidade de vida do ser humano.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 14 COMPREENDENDO O FUNCIONAMENTO DAS USINAS ELÉTRICAS

Esta Situação de Aprendizagem tem como objetivo apresentar os processos de transformação da energia potencial gravitacional em energia elétrica em uma usina hidrelétrica. Baseados na mesma abordagem, outros tipos de usinas geradoras de energia elétrica

são tratados. A ideia é abordar, inicialmente, os processos de transformação de energia envolvidos nas usinas, para, em seguida, propor uma discussão a fim de avaliar as vantagens e as desvantagens associadas a cada forma de produção de energia em grande escala.

Conteúdos e temas: transformação de energia; indução magnética.

Competências e habilidades: reconhecer os diversos processos de produção de energia elétrica, identificando neles a conservação da energia; consultar, analisar e interpretar textos e comunicações sobre fontes e uso de energia elétrica; elaborar textos orais e escritos para relatar as pesquisas sobre processos de produção de eletricidade e seus impactos ambientais e sociais; analisar, argumentar e se posicionar criticamente quanto à produção e ao uso social da energia elétrica.

Sugestão de estratégias: a partir da discussão do processo de produção de energia elétrica da usina hidrelétrica, inicia-se uma discussão sobre as outras formas de produção e os respectivos impactos no meio ambiente, avaliando o custo-benefício de cada processo.

Sugestão de recursos: roteiro 14 de atividade; pesquisa sobre usinas; simulações virtuais; problemas.

Sugestão de avaliação: avaliar os relatórios de pesquisa, as respostas às questões propostas, a resolução de exercícios, o envolvimento e a participação no desenvolvimento da atividade.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Se possível, proponha a atividade de pesquisa (roteiro 14) no final de uma aula para que seja feita em casa. Retome as pesquisas realizadas pelos alunos de forma a destacar

as usinas que abastecem as cidades da região. Essa informação pode ser obtida na companhia elétrica da cidade. Se puder, obtenha algumas fotos ou esquemas para poder utilizar na explicação de seu funcionamento. A maioria das cidades paulistas é alimentada por usinas hidrelétricas^a.

Roteiro 14 – Compreendendo o funcionamento de uma usina hidrelétrica



Você já se perguntou de onde vem a energia que ilumina as ruas, faz funcionar os semáforos, aquece a água do nosso banho e permite que assistamos à TV? Cada uma das instalações que produz energia elétrica é chamada

de **usina geradora**. Faça uma pesquisa e descubra qual(is) é(são) a(s) usina(s) elétrica(s) que fornece(m) energia à sua cidade/região. Obtenha o máximo de informações sobre ela(s), tais como características de funcionamento, capacidade de produção em kW (potência), tempo de construção e de operação, custos etc. Consiga fotos, desenhos, esquemas, matérias de jornal, vídeos etc.

^a Caso sua cidade seja abastecida por uma usina termoeletrica, adapte a atividade de forma a focalizar a transformação da energia contida no combustível fóssil (óleo diesel, gás natural, biomassa etc.). A maioria das referências citadas também aborda esse tipo de usina.

Troque informações com seus colegas para enriquecer sua pesquisa e comparar os dados obtidos.

Depois da discussão e do compartilhamento dos dados da pesquisa realizada, responda:

1. Por que há a necessidade de fazer barragens nas usinas hidrelétricas?

Para armazenar energia potencial gravitacional, que será transformada em energia cinética.

2. Assim como nos dínamos, há ímãs nos geradores das usinas? Explique.

Na maioria das usinas utilizam-se eletroímãs. Normalmente, não se usam ímãs naturais, pois eles não produzem a intensidade requerida de campo magnético.

3. Que vantagens há na produção de energia elétrica pelas usinas hidrelétricas em

relação às outras usinas?

Os alunos podem apontar que uma usina, depois de construída, não polui e não produz resíduos. No entanto, é preciso considerar o transtorno ambiental por conta do alagamento de grandes áreas.

4. Quais as outras formas que você conhece de produção de energia elétrica em grande escala?

Resposta pessoal. Contudo, devem ser apresentadas formas como usina nuclear, eólica, termoelétrica, solar, usinas que aproveitam a energia das marés e das ondas.

5. Quais transformações de energia estão envolvidas em uma usina hidrelétrica?

Energia potencial gravitacional, que é armazenada na massa de água com a barragem. Na queda, essa energia se transforma em energia cinética (movimento), que é convertida em energia elétrica no gerador.

Encaminhando a ação

Introduza o tema discutindo o processo de transformação da energia potencial gravitacional, associada à água represada nas usinas hidrelétricas, em energia elétrica. Faça a conexão desse processo com o estudo realizado sobre dínamos e geradores na Situação de Aprendizagem 13. Discuta com os alunos que o papel da água represada é movimentar as espiras que acionam o gerador. Nos demais tipos de usina elétrica, o movimento é produzido por outro agente, como o vento, no caso das eólicas, ou o vapor de água, no caso das termoelétricas e termonucleares (ou simplesmente nucleares). Recomendamos o uso de algum texto de apoio, que pode ser encontrado na seção Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno. Consulte também os livros de sua biblioteca ou faça uma consulta em *sites* confiáveis.

Alguns cálculos podem ser feitos neste momento. Por exemplo, conhecendo a altura e a quantidade de água da barragem,

é possível estimar a quantidade máxima de energia elétrica a ser produzida. Acrescentando informações sobre vazão, é possível obter sua potência ideal (veja a questão 4 em Propostas de questões para aplicação em avaliação). Alguns livros didáticos abordam esse tipo de problema. Também há inúmeras matérias em revistas de divulgação e jornais que podem subsidiar discussões e debates em sala de aula.

Outro assunto que pode ser desdobrado nesta Situação de Aprendizagem é a avaliação sobre vantagens e desvantagens em cada tipo de usina elétrica. Por exemplo, as hidrelétricas são extremamente “limpas” em termos de resíduos sólidos e gasosos (a decomposição de vegetais submersos nas águas represadas gera a liberação de gases como o metano, porém isso ocorre nos primeiros anos de formação da barragem), mas geram enorme impacto sobre os habitantes, a fauna e a flora da região por causa dos alagamentos necessários para sua instalação e o desalojamento de pessoas que viviam nessas áreas. As nucleares, ao

contrário, não geram impactos que afetam o clima, mas produzem enorme quantidade de resíduos radioativos (o chamado “lixo atômico”), para o qual a humanidade ainda não tem soluções satisfatórias. Se puder, aborde esse assunto na forma de pesquisas acompanhadas de seminários ou como um projeto interdisciplinar^b.



1. Destaque vantagens e desvantagens da utilização de usinas nucleares.

Resposta pessoal. Os alunos poderão indicar como

desvantagens:

- produção de rejeitos radioativos;
- risco de vazamento de radiação;
- risco do transporte do material radioativo;
- alto custo de construção da planta industrial;
- possibilidade de ocorrência de acidente com sérios danos ambientais.

Como vantagens:

- geração de energia por longo tempo;
- não dependem das condições climáticas, como sol, chuva, ventos;
- não ocupam grandes áreas;
- a poluição direta (emissão de gases na atmosfera) é quase nula;
- apesar de a energia gerada ser mais cara do que a das hidrelétricas, ela é mais barata que as outras fontes, como a eólica e a de termoeletricas.

2. A energia solar primária, resultante da incidência dos raios solares, transfere à Terra, em média, 1 000 W/m², durante 8 horas. Qual deve ser a área do coletor para gerar energia para uma casa que consome aproximadamente 150 kWh em um mês? Admita que o coletor solar utilizado absorve e transforma 10% da energia recebida.

Primeiro, encontra-se a potência do coletor:

$$\Delta E = P \cdot \Delta t$$

$$150 \text{ (kWh)} = P \cdot 240 \text{ (h)}$$

$$P = 150/240$$

$$P = 0,625 \text{ kW} = 625 \text{ W}$$

Para calcular a área, lembremos que: intensidade (I) é potência (P) dividida pela área (A).

$$I = P/A$$

$$1\,000 \text{ (W/m}^2\text{)} = 625 \text{ (W)/A}$$

$$A = 625/1\,000$$

$$A = 0,625 \text{ m}^2$$

Destaque as unidades de medida para que não ocorram erros nos cálculos.

3. (PEC – Programa Construindo Sempre – Aperfeiçoamento de Professores. Física. Módulo 1. São Paulo: SEE/Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo, 2003. p. 46.) A expressão para a potência dos ventos de um gerador eólico é: $P = 0,6 \cdot A \cdot v^3$ [W] (v é a velocidade e A é uma constante que está relacionada com densidade linear de ar que passa pelo gerador – kg/m). Qual deve ser a velocidade do vento para gerar uma potência de 8,1 kW? Considere $A = 4 \text{ kg/m}$; $P = 0,6 \cdot A \cdot v^3$ [W].

$$P = 0,6 \cdot A \cdot v^3$$

$$8\,100 = 0,6 \cdot 4 \cdot v^3$$

$$v^3 = 8\,100/2,4 = 3\,375$$

$$v^3 = 15 \text{ m/s}$$



Pesquise o funcionamento e apresente argumentos favoráveis e desfavoráveis ao uso das diferentes usinas:

Para avaliar as respostas dos alunos, considere a breve explicação das fontes de energia das diferentes usinas apresentadas a seguir. A relação custo-benefício e o caráter renovável da energia são fatores que também devem ser considerados na comparação dessas fontes de eletricidade.

^b Uma metodologia bem adaptada para o desenvolvimento desse tipo de projeto é aquela conhecida como “Ilhas interdisciplinares de racionalidade”. Para mais informações, consulte: PIETROCOLA, M.; SILVA, C. C.; NEHRING, C. M.; TRINDADE, J. A. de O.; PINHEIRO, T. de F.; LEITE, R. C. M. As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n. 1, p. 1-19, mar. 2002. Recomendamos também o capítulo sobre projetos em *Água hoje e sempre – consumo sustentável*, da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (2003).

a) eólica:

Esse tipo de usina utiliza a energia dos ventos para girar uma hélice; esta, por sua vez, é acoplada a um gerador que produz energia elétrica. Como desvantagem há a dependência do regime de ventos.

b) hidrelétrica:

Esse tipo de usina utiliza a energia de movimento das quedas de água para girar as pás de uma turbina, que por sua vez está ligada a geradores de energia elétrica. Como desvantagem, há a inundação de áreas.

c) termoelétrica:

Esse tipo de usina utiliza a energia química acumulada em combustíveis (gás natural, derivados de petróleo, carvão, lenha etc.) para, durante a queima, produzir vapor de água em alta pressão. Esse vapor move as turbinas, que, por sua vez, estão acopladas a geradores de energia elétrica. Como desvantagem há o custo do combustível e a poluição.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 15 COMPREENDENDO UMA REDE DE TRANSMISSÃO

O objetivo desta Situação de Aprendizagem é analisar o processo de transmissão de

energia elétrica em alta-tensão e discutir a função dos transformadores e as perdas de energia.

Conteúdos e temas: transmissão de energia elétrica.

Competências e habilidades: elaborar hipóteses sobre os processos e os componentes envolvidos na transmissão da energia elétrica desde uma usina até um centro de consumo; identificar em dada situação-problema as informações relevantes para elaboração de possíveis estratégias para resolvê-la; analisar e interpretar pesquisas realizadas sobre formas de transmissão de energia elétrica; elaborar comunicações escritas ou orais para relatar processos e produtos de pesquisas; pesquisar, utilizar e analisar pesquisas realizadas sobre formas de produção de energia elétrica para a confrontação de hipóteses, argumentações e para a elaboração de propostas; reconhecer a tecnologia como parte integrante da cultura contemporânea.

Sugestão de estratégias: utilizando resultados de pesquisas e consultas, analisa-se o processo de transmissão de energia elétrica de uma usina hidrelétrica para as cidades, com uso de redes de alta-tensão.

Sugestão de recursos: roteiro 15 de atividade; pesquisas e consultas; discussões.

Sugestão de avaliação: avaliar as respostas dadas às questões propostas durante a aula, os esquemas produzidos, a resolução de exercícios, os resultados de pesquisas e a participação e envolvimento no desenvolvimento da atividade, contribuindo para o enriquecimento das discussões em grupo.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Proponha inicialmente aos alunos que façam desenhos ou esquemas com legendas de modo a representar o “trajeto” da energia elétrica e os principais componentes presentes nesse trajeto, desde uma usina geradora até chegar à escola (roteiro 15). Peça a eles que apresentem suas propostas, discuta-as de forma geral, ainda sem apontar “erros” e “acertos”, mas de maneira que possam ser comentadas por todos. Se considerar conveniente, a partir dos seus esquemas, produza com eles um esquema coletivo comum.

Em seguida, organize uma pesquisa sobre esse “caminho” até a escola, conforme indi-

cado no roteiro 15. As atividades devem ser solicitadas aos alunos no final da aula anterior, de modo que você possa explorar os resultados nesta aula. Organize-os em grupos, mas deixe claro que o objetivo da atividade é “descobrir como a energia elétrica sai da usina e chega à escola”. Essa questão conduzirá a discussão sobre as redes elétricas e as linhas de transmissão. O objetivo final da atividade é produzir um esquema sobre a rede elétrica da região, incluindo as linhas de alta-tensão que transportam energia por longas distâncias. Insista no fato de que a tensão varia muito desde sua produção na usina (~10 000 V), passando pelas linhas de alta-tensão (~7 000 000 V), pela fiação das ruas (~600 V), até chegar à tomada da escola (110 V ou 220 V).

Roteiro 15 – Compreendendo uma rede de transmissão



Faça um desenho do percurso da energia elétrica desde a saída da usina até sua casa. Se possível, destaque os principais componentes presentes nesse caminho. Se preferir, represente um esquema com legendas mostrando todo o trajeto.

Reúna-se com seu grupo e discuta as diversas propostas, tentando apontar as semelhanças e as diferenças entre cada uma delas.

Em seguida, responda às questões.

1. Quais são os principais componentes destacados por você na rede de transmissão?

Resposta pessoal. Os alunos podem destacar cabos de transmissão, postes, transformadores, usinas, subestações.

2. Você sabe a função de cada um deles? Tente descrevê-las.

Resposta pessoal. Eles poderão mencionar que os cabos servem para a transmissão da energia; os transformadores, para elevar (ou baixar) a tensão da rede; e as usinas, para produzir (transformar) energia.

3. A tensão que chega à sua casa é a mesma que é gerada na usina ou a mesma que é transmitida pela rede? Explique a eventual diferença.

Não, a tensão é alterada para minimizar perdas por conta do efeito Joule (aquecimento dos cabos) ao longo do transporte.

4. Você já deve ter notado que existem alguns transformadores presos aos postes de energia. Qual é a função deles?

Aumentar ou diminuir a tensão e a corrente transmitida na rede.

5. Faça uma pesquisa sobre o “caminho” da energia até a escola. Para isso, você pode procurar a agência da companhia de energia elétrica de sua cidade, um dos funcionários que trabalhe na manutenção da rede elétrica ou acessar o *site* da companhia para obter as seguintes informações:

- a) a tensão da fiação da rede elétrica da rua de sua escola;
- b) a localização da subestação elétrica da região de sua escola;
- c) a tensão elétrica que chega e sai dessa subestação;
- d) a usina que alimenta essa subestação.

As respostas dependem da pesquisa dos alunos.

6. Com essas informações, analise, re faça ou complemente seu desenho inicial,

incluindo as informações obtidas. Indique nesse desenho os valores da tensão elétrica em cada trecho da fiação (antes da subestação, na rua, dentro da escola etc.).

Verifique se os alunos constroem um esquema que mostra, organiza e encadeia corretamente os seguintes elementos:

- uma usina produtora de energia;
- estações e/ou subestações de transmissão;
- linhas de transmissão de alta voltagem;
- postes de energia;
- transformadores;
- a casa que recebe a energia.

Encaminhando a ação

Solicite aos alunos que elaborem hipóteses para explicar por que a transmissão é feita em alta-tensão. Depois de discutir as respostas, mostre que isso acontece para diminuir as perdas de energia por efeito Joule (a dissipação de energia na forma de calor no fio de transmissão). As equações envolvidas nesse processo formalizam as relações qualitativas estabelecidas previamente: o gerador fornece uma potência $P_T = U \cdot i$, mas em razão da resistência r do fio de transmissão, haverá uma potência dissipada por meio do efeito Joule, dada por $P_d = r \cdot i^2$. Logo, a potência que chega às residências é a diferença entre as duas ($P = P_T - P_d$). Para que a perda seja a menor possível, deve-se diminuir a potência dissipada. Para isso, seria possível diminuir a resistência da linha de transmissão, aumentando a espessura dos fios (segunda lei de Ohm), o que acarretaria dois problemas: primeiro, tornaria o custo mais elevado, segundo, tornaria a rede de transmissão muito pesada. A saída é diminuir a intensidade da corrente elétrica na rede de transmissão. Como a potência mede a taxa de energia transferida no tempo, cujo valor depende da capacidade da usina e das necessidades dos centros con-

sumidores, uma diminuição na corrente pode ser compensada por uma elevação na tensão (veja novamente o tema potência elétrica). O aparelho que aumenta e diminui a tensão numa rede é o transformador. Conclui-se, assim, que a transmissão é feita em alta-tensão (voltagem) para diminuir as perdas de energia da rede de transmissão das usinas até as cidades. Seria interessante que essa discussão fosse feita aos poucos, com questões sendo colocadas de modo a instigar os alunos a elaborar explicações até chegar à conclusão final. Essa discussão mostra uma aplicação prática de alguns conceitos de eletricidade estudados no início deste volume.

Ao final, discuta a ideia de que a transmissão de energia elétrica é feita por redes, onde uma cidade é alimentada por mais de uma usina. Na seção Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno há indicações de materiais que podem contribuir para a discussão.

Se houver tempo, inclua o conceito e significado da frequência da rede elétrica: no caso brasileiro, 60 Hz. Essa característica está associada à maneira como a energia elétrica é gerada (veja a Situação

de Aprendizagem 13, sobre geradores). A resposta para essa questão é interessante porque mostra que a corrente gerada nos pontos de consumo é alternada, e não contínua. Essa frequência está relacionada à rotação das turbinas das usinas geradoras de eletricidade. Todas devem girar a 60 Hz. No Paraguai, na Europa e em vários outros países, a frequência da rede é de 50 Hz.

© Marcos Peroni/Kino



Figura 67. Rede de transmissão.

No caso de ter mais tempo disponível, proponha outras discussões sobre a rede elétrica residencial, como tensão eficaz e de pico, o fio fase e o fio neutro. Você poderá encontrar material nos Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno.



1. Por que a transmissão de energia elétrica é feita em alta-tensão?

Para que a perda de energia em virtude do efeito Joule seja a menor possível.

2. Uma usina geradora de energia elétrica tem potência de 100 MW e transmite a energia gerada a uma cidade a 20 km de distância com uma tensão de 2 MV. Calcule a corrente elétrica

na transmissão e a perda de energia, sabendo que a rede tem resistência de 1 000 ohms.

$$P = U \cdot i$$

$$100 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^6 \cdot i$$

$$i = 50 \text{ A}$$

$$P = R \cdot i^2$$

$$P = 10^3 \cdot 50^2$$

$$P = 2,5 \cdot 10^6 \text{ W}$$

$$P = 2,5 \text{ MW}$$

Assim, encontramos a corrente elétrica na transmissão, que é 50 A, e verificamos perda de energia de 2,5 MW.

3. Levando em consideração a usina da questão anterior, se a transmissão fosse feita em 1 MV, qual seria a perda de energia?

$$P = U \cdot i$$

$$100 \cdot 10^6 = 10^6 \cdot i$$

$$i = 100 \text{ A}$$

$$P = R \cdot i^2$$

$$P = 10^3 \cdot 100^2$$

$$P = 10^7 \text{ W}$$

$$P = 10 \text{ MW}$$

A perda seria 4 vezes maior, ou seja, 10 MW. Os valores apresentados nas questões 2 e 3 são fictícios. No desenvolvimento dessas questões, destaque a relação entre potência geradora e potência dissipada em função da tensão de distribuição, mostrando que a potência dissipada não apresenta uma relação linear com a corrente, mas uma relação quadrática que é obtida em função da potência de distribuição e da tensão.



1. Um transformador de corrente alternada tem 100 espiras na bobina primária e 300 espiras na secundária. Se 120 V são aplicados na bobina primária, qual será a tensão de saída na bobina secundária?

$$N_1/U_1 = N_2/U_2$$

$$100/120 = 300/U_2$$

$$U_2 = 360 \text{ V}$$

É importante que aqui seja abordado o princípio de funcionamento do transformador, caso esse assunto ainda não tenha sido trabalhado.

2. Que relação existe entre as tensões de entrada e saída e o número de espiras dos enrolamentos primário e secundário de um transformador?

$N_1/U_1 = N_2/U_2$, ou seja, a tensão é diretamente proporcional ao número de espiras.

3. Quais as vantagens de fazer a transmissão da energia elétrica com corrente alternada?

A tensão e a corrente podem ser facilmente modificadas.

4. Defina em poucas palavras o que é um transformador.

Em resumo, é um equipamento que modifica a corrente e a tensão elétrica sem perda apreciável de energia.

5. Analise a seguinte afirmativa: “Um transformador pode ampliar a energia

elétrica”. Essa afirmativa está correta? Justifique.

Não, o transformador eleva ou diminui a tensão. A energia elétrica não muda. Destaque esse aspecto do transformador, discutindo a conservação de energia.

6. A partir do que foi estudado, destaque a importância do transformador nas redes de transmissão de energia elétrica.

Resposta pessoal. Espera-se que os alunos tenham percebido a importância dos transformadores para aumentar a tensão de transmissão, diminuindo a perda de energia.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 16 ENERGIA ELÉTRICA E USO SOCIAL

Nesta Situação de Aprendizagem, propomos identificar as fontes de produção de energia em nosso país, em particular da energia elétrica, e identificar as tendências atuais de suas opções, principalmente após os resultados que apontam não serem desprezíveis os impactos ambientais e sociais das hidrelétricas. O reconhecimento do uso de energia elétrica nos vários setores da sociedade, principalmente da produção, pode levar os alunos à compreensão do consumo indireto

de energia, quase que totalmente esquecida nas análises do consumo de energia individual, por restringirem-se apenas à demanda residencial. Embora o consumo individual de energia não seja democrático, pois ainda existem regiões no Brasil e no mundo em que a população não dispõe de energia elétrica, se tomado como uma média de consumo (consumo *per capita*: energia média por pessoa), pode fornecer indicadores que nos mostram relações entre uso de energia e qualidade de vida.

Conteúdos e temas: produção de energia elétrica e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Competências e habilidades: ler, interpretar, comparar e utilizar informações apresentadas em tabelas e gráficos; analisar criticamente, de forma qualitativa e quantitativa, as implicações sociais e econômicas dos processos de utilização dos recursos energéticos; analisar fatores socioeconômicos associados às condições de vida e saúde de populações humanas, por meio da interpretação de indicadores como o IDH.

Sugestão de estratégias: análise, interpretação e questões sobre dados e informações trazidos em gráficos e tabelas sobre a matriz energética brasileira, índices socioeconômicos associados à demanda e ao consumo de energia e história da eletricidade no Brasil.

Sugestão de recursos: roteiro 16 de atividade para discussão em grupo.

Sugestão de avaliação: avaliar as respostas às questões propostas, os relatórios de pesquisa, a resolução de exercícios e problemas e a participação e o envolvimento no desenvolvimento da atividade, contribuindo para o enriquecimento das discussões em grupo.

Desenvolvimento da Situação de Aprendizagem

Para iniciar, antes de propor as análises relacionadas ao consumo de energia (roteiro 16), utilize como atividade de sensibilização um diálogo com os alunos sobre a construção das primeiras usinas no Brasil. Proponha a eles as questões apresentadas a seguir, na seção Pesquisa individual.

Desenhe na lousa uma linha do tempo e localize as respostas dos alunos por décadas. Faça um mapa do Brasil ou uma tabela por regiões e indique os locais citados. Para cada resposta temporal, tente associar outros fatos conhecidos, como a Independência do Brasil, a Proclamação da República, a Primeira Guerra Mundial etc. Isso permitirá que se localize historicamente o início da produção em escala e o uso da eletricidade no Brasil e associar hábitos dessas épocas com a disponibilidade da eletricidade. Se possível, contate professores de História ou Geografia para trabalhar conjuntamente nessa pesquisa e discussão.



Faça um levantamento de dados importantes para a discussão do tema, por exemplo:

1. Em que cidade e em que ano foi instalado o primeiro sistema de iluminação pública no Brasil?
Rio de Janeiro, em 1879.
2. Onde e quando foi construída a primeira usina hidrelétrica no Brasil?
Diamantina, em 1883.

Roteiro 16 – Energia elétrica e uso social

A relação entre o crescimento de um país e a necessidade de energia não é difícil de ser compreendida: o aumento da produção demanda mais energia em seu processo e a escassez de energia pode estagnar o crescimento de um país. A questão energética é parte da problemática ambiental da atua-

3. Quando foram construídas as grandes centrais hidrelétricas, como Itaipu, Tucuruí e Ilha Solteira?

Ilha Solteira, 1978; Itaipu, maio de 1984 (sua construção se deu durante a década de 1970); Tucuruí, novembro de 1984.

4. Quais são as principais usinas brasileiras? Onde estão localizadas? Quais são suas “capacidades” (potência)?

- Usina Hidrelétrica de Itaipu – Rio Paraná (divisa do Paraná, Brasil, com o Paraguai) – 14 000 MW;
- Usina Hidrelétrica de Tucuruí – Rio Tocantins (PA) – 8 370 MW;
- Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira – Rio Paraná (SP/MS) – 3 444 MW;
- Usina Hidrelétrica de Jirau – Rio Madeira (RO) – 3 300 MW;
- Usina Hidrelétrica de Xingó – Rio São Francisco (AL/SE) – 3 162 MW;
- Usina Hidrelétrica de Santo Antônio – Rio Madeira (RO) – 3 150 MW;
- Usina Hidrelétrica de Paulo Afonso IV – Rio São Francisco (BA) – 2 462 MW;
- Usina Hidrelétrica de Itumbiara – Rio Paranaíba (GO/MG) – 2 082 MW;
- Usina Hidrelétrica de São Simão – Rio Paranaíba (GO/MG) – 1 710 MW;
- Usina Hidrelétrica de Foz do Areia – Rio Iguaçu (PR) – 1 676 MW.

5. Quais usinas estão localizadas no Estado de São Paulo?

Há diversas usinas no Estado de São Paulo. Alguns exemplos são: no Rio Paraná: Ilha Solteira, Posto Primavera, Japirá; no Rio Tietê: Três Irmãos; no Rio Paraíba do Sul: Paraibuna e Jaguari. É importante destacar a localização, mostrando que as principais usinas estão localizadas nas maiores bacias hidrográficas e rios.

lidade, principalmente se considerarmos o impacto de sua produção.

A tabela a seguir apresenta a matriz de energia elétrica no Brasil nos anos 2005 e 2006 em gigawatt-hora (GWh) e a porcentagem de crescimento de cada uma das fontes de produção.

Matriz de oferta de energia elétrica		GWh	
Fontes	Potência (GWh)		Porcentagem de crescimento ³
	2005 ¹	2006 ²	
Total	442 072	460 500	4,2
Hidro	337 457	348 805	3,4
Nuclear	9 855	13 754	39,6
Gás natural	18 811	18 258	-2,9
Carvão mineral	6 863	7 222	5,2
Derivados de petróleo	11 722	12 374	5,6
Biomassa	14 134	14 959	5,8
Gás industrial	4 188	3 964	-5,4
Importação	39 042	41 164	5,4

Tabela 14.

¹ Inclui 39,8 TWh de autoprodutores e 93 GWh de eólica.

² Inclui 41,7 TWh de autoprodutores e 236 GWh de eólica.

³ O cálculo para se obter a porcentagem é realizado da seguinte forma: $\left(\frac{\text{Pot}_{2006} - \text{Pot}_{2005}}{\text{Pot}_{2005}}\right) \cdot 100\%$ (valor da fonte de 2006 menos valor da fonte em 2005 dividido pelo valor da fonte de 2005).

Fonte: Resenha Energética Brasileira – Exercício de 2006. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/7_-_Edicoes_Anteriores_BEN_e_Resenhas/2_-_Resenhas/2006/Resenha_Energetica_Brasileira_2006-gilb-pat_Final_.pdf>. Acesso em: 27 maio 2013.

Analise os dados da matriz e responda:

- Qual é a natureza da fonte energética que tem maior participação na produção de energia elétrica no Brasil? Qual é sua porcentagem na matriz? Como você justificaria ser essa a fonte de maior participação na matriz energética brasileira?

A fonte energética de maior participação na matriz de oferta de energia é de origem hídrica. Com base nos cálculos dos dados da tabela, conclui-se que sua participação na matriz energética é de 76%. O Brasil é um país com muitos rios e com relevo de características que propiciam a exploração desse recurso. Por essa razão, temos em nosso país diversas usinas hidrelétricas.

- Ao longo do tempo, algumas fontes tiveram crescimento na matriz energética e outras diminuíram. Quais poderiam ser as causas dessas variações?

Os alunos podem responder indicando o aumento da tecnologia na produção de energia, como no caso das usinas eólicas e termoeletricas. Por outro lado, a diminuição no uso de algumas fontes pode ter acontecido por conta dos impactos ambientais.

- É correto afirmar que houve um aumento real (em valores absolutos) da oferta de energia elétrica de 2005 para 2006? Qual foi o valor em GWh?

Sim. Esse aumento foi de 18 428 GWh.



Vamos agora analisar o consumo de energia no Brasil por setor. Com base nos gráficos apresentados, responda às perguntas a seguir:

Distribuição do consumo total de energia no Brasil (por setor)

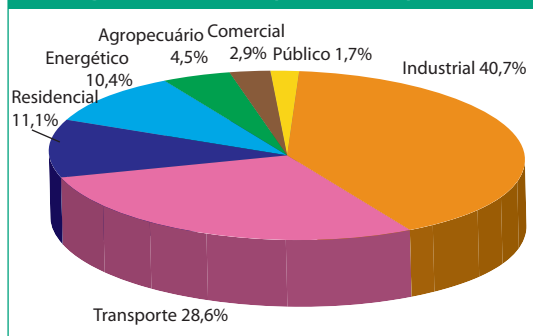


Figura 68.

Distribuição do consumo de energia elétrica no Brasil (por setor)

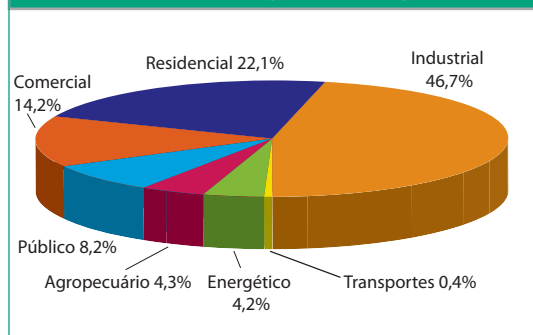


Figura 69.

Fonte das Figuras 68 e 69: *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*, <http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689>. Acesso em: 27 maio 2013.

1. Os gráficos mostram que o setor industrial é o que mais consome energia no Brasil, aproximadamente 40%. Você faz parte desse consumo? Explique.

Sim, pois nos gráficos todo o consumo de bens provenientes da indústria, como alimentação, está incluído nesse setor.

2. A partir dos dados apresentados nesses dois gráficos, é possível afirmar que toda energia residencial é elétrica?

Não, pois o primeiro gráfico, sobre a distribuição do consumo total de energia no Brasil, não mostra as origens da energia residencial. Esse gráfico não é conclusivo para esse setor.

3. Em que setor uma diminuição no consumo de energia teria maior impacto? De quanto seria o impacto no consumo de energia total, em termos percentuais, se o setor residencial economizasse 10% de seu consumo?

Na indústria haveria maior impacto. Caso houvesse economia de 10% do consumo residencial, isso equivaleria a 2,21% do consumo total de energia no Brasil.



A relação entre índices socioeconômicos de um país com o consumo de energia *per capita* pode mostrar a importância do setor energético no seu desenvolvimento. Os três gráficos a seguir relacionam o uso de energia em TEP (Toneladas Equivalentes de Petróleo) com indicadores de expectativa de vida, mortalidade infantil e analfabetismo.

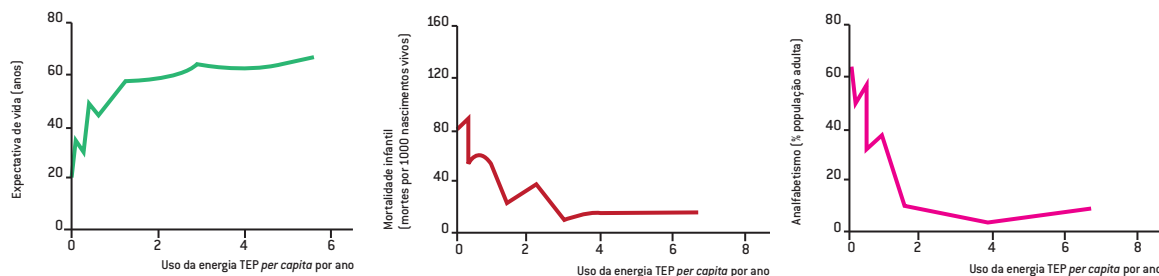


Figura 70.

GOLDEMBERG, José. LUCON, Oswaldo. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

1. Descreva a relação que cada um dos gráficos permite estabelecer entre o indicador da qualidade de vida e o consumo de energia *per capita*.

Os gráficos mostram que o consumo de energia (TEP) é maior quando são menores a mortalidade infantil e o analfabetismo e quando é maior a expectativa de vida.

2. Pesquise os valores dos três indicadores e o consumo de energia *per capita* no Brasil e represente esses valores em gráficos. A partir desses indicadores, o que é possível dizer sobre o Brasil?

A resposta depende da pesquisa dos alunos.

Encaminhando a ação

Alguns dados interessantes podem auxiliá-lo a encaminhar a problematização inicial.

Usinas pioneiras:

- ▶ Hidrelétrica de Ribeirão do Inferno, em 1883, destinada ao fornecimento de força motriz a serviços de mineração em Diamantina (MG).
- ▶ Hidrelétrica da Companhia Fiação e Tecidos São Silvestre, em 1885, no município de Viçosa (MG).
- ▶ Hidrelétrica de Ribeirão dos Macacos, em 1887, também em Minas Gerais, no município de Nova Lima.
- ▶ Hidrelétrica de Marmelos Zero, em 1889, Juiz de Fora (MG), a primeira usina de grande porte no país.
- ▶ Termoelétrica Velha Porto Alegre, em 1887, em Porto Alegre (RS).

Iluminação:

- ▶ 1879 – Estrada de Ferro D. Pedro II, Rio de Janeiro (RJ).
- ▶ 1881 – Praça XV e Praça da República, Rio de Janeiro (RJ).
- ▶ 1885 – Primeiro serviço de iluminação pública de São Paulo (SP).

Chame a atenção dos alunos para o fato de as primeiras usinas estarem localizadas em Minas Gerais e as iluminações estarem no Rio

de Janeiro. Nessa época, a expressão de São Paulo no cenário nacional era bem menor do que a atual.

Dê destaque ao fato de que a eletricidade em grande escala tem aproximadamente cem anos e, ainda hoje, há muitas regiões do país que não dispõem desse serviço.

Dando continuidade, faça um levantamento com os alunos das fontes de energia elétrica. Pergunte de onde se pode obter eletricidade. Escreva essas fontes na lousa e classifique-as segundo as fontes que estão na tabela “Matriz de oferta de energia elétrica”.

A atividade de sensibilização não deve tomar toda a aula. Utilize os minutos finais para apresentar as atividades do roteiro e a tabela que representa a matriz de energia elétrica do país. Se houver tempo, organize os alunos em grupos e peça que respondam às três primeiras questões. Caso contrário, peça que façam isso em casa.

Encaminhe a discussão, destacando que as variações das fontes de energia elétrica dependem, além da demanda, de outros fatores, como o econômico, o ambiental e o social, de ordem nacional e internacional. Não deixe de chamar a atenção para o fato de que essa matriz energética refere-se à eletricidade, e não à energia total. Seria interessante solicitar aos alunos que procurassem a matriz de oferta da energia total e comparassem com a da energia elétrica.

Em relação aos setores de consumo de energia, é importante fazer que os alunos tomem consciência de que em qualquer produto consumido ou de prestação de serviços está incluído o uso indireto de energia. Consumir energia não significa apenas a energia residencial. Um papel que embrulha uma *pizza* ou uma sacola de supermercado, um refrigerante, um caderno e quase tudo que usamos ou consumimos no dia a dia têm energia agregada que não deve ser desprezada.

Para discutir a relação entre a qualidade de vida de um país e o consumo de energia *per capita*, analise os gráficos com os alunos. Mostre que, nos países mais pobres, o consumo de energia *per capita* é menor que 1 TEP, o que é indicado por baixa expectativa de vida, alto índice de mortalidade e de analfabetismo. Nos países industrializados, é perto de 2 TEP (valor necessário para manter o equilíbrio populacional). Ultrapassar a barreira 1 TEP/*per capita* parece ser fundamental para o desenvolvimento. À medida que o consumo de energia *per capita* aumenta para valores maiores que 2 TEP, como é o caso dos países desenvolvidos, as condições sociais melhoram consideravelmente. O consumo *per capita* no Brasil é da ordem de 1,7 TEP.

É interessante consultar o artigo de José Goldemberg, no qual esses gráficos e outros estão analisados.

Para finalizar, traga informações sobre os impactos das usinas hidrelétricas ou peça aos alunos que pesquisem. Para isso, coloque as seguintes questões:

- ▶ *As usinas hidrelétricas poluem o ar? Contribuem para a intensificação do efeito estufa?*
- ▶ *Quais as vantagens e as desvantagens desse tipo de usina em relação a outras (como as termoeletricas e nucleares)?*

Depois de ter realizado este roteiro, apresente algumas questões tiradas de provas nacionais ou de vestibulares.



1. É correto dizer que as usinas hidrelétricas são “limpas” porque usam fonte renovável e não têm impactos sobre o ambiente ou o clima?

As hidrelétricas exercem grande impacto no meio ambiente, principalmente relacionado à área alagada pela barragem. É importante que você discuta também a questão da emissão de metano (CH₄) pela decomposição das plantas imersas nas barragens.

- 2. (Enem – 2000) As sociedades modernas necessitam cada vez mais de energia. Para entender melhor a relação entre desenvolvimento e consumo de energia, procurou-se relacionar o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de vários países com o consumo de energia nesses países. O IDH é um indicador social que considera a longevidade, o grau de escolaridade, o PIB (Produto Interno Bruto) *per capita* e o poder de compra da população. Sua variação é de 0 a 1. Valores do IDH próximos de 1 indicam melhores condições de vida. Tentando-se estabelecer uma relação entre o IDH e o consumo de energia *per capita* nos diversos países, no biênio 1991-1992 obteve-se o gráfico a seguir, em que cada ponto isolado representa um país, e a linha cheia, uma curva de aproximação.**

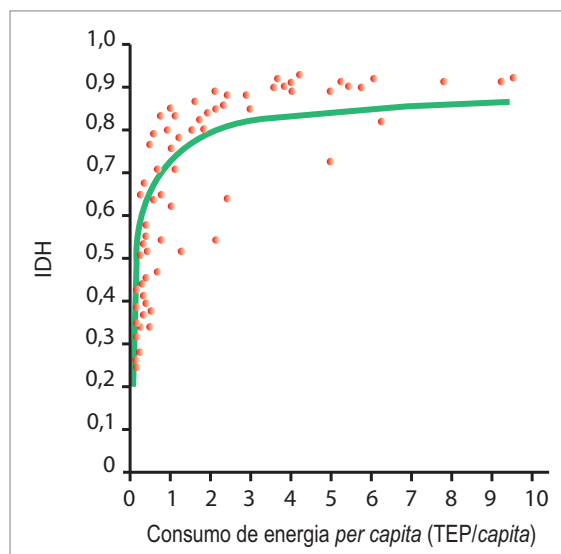


Figura 71.

Fonte: GOLDEMBERG, José; LUCON, Osvaldo. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. 3 ed. São Paulo: Edusp, 2008.

Com base no gráfico, é correto afirmar que:

- a) quanto maior o consumo de energia *per capita*, menor é o IDH.
- b) os países onde o consumo de energia *per capita* é menor que 1 TEP não apresentam bons índices de desenvolvimento humano.
- c) existem países com IDH entre 0,1 e 0,3 com consumo de energia *per capita* superior a 8 TEP.
- d) existem países com consumo de energia *per capita* de 1 TEP e de 5 TEP que

apresentam aproximadamente o mesmo IDH, cerca de 0,7.

- e) os países com altos valores de IDH apresentam um grande consumo de energia *per capita* (acima de 7 TEP).

3. A partir do que foi estudado, pode ser feita uma relação entre a expectativa de vida de uma população e o consumo de energia? Explique.

Resposta pessoal. É importante mostrar que há fortes evidências que indicam que o maior consumo de energia pode, em média, crescer com o IDH de um país ou de determinada região.

GRADE DE AVALIAÇÃO

	Competências e habilidades	Indicadores de aprendizagem
Situação de Aprendizagem 14	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reconhecer os diversos processos de produção de energia elétrica, identificando neles a conservação da energia. ▶ Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações sobre fontes e uso de energia elétrica. ▶ Elaborar comunicações orais e escritas para relatar as pesquisas sobre processos de produção de eletricidade e seus impactos ambientais e sociais. ▶ Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação à produção e ao uso social da energia elétrica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compreender a transformação de energia ocorrida nas usinas elétricas. ▶ Reconhecer os diversos processos de produção de energia elétrica. ▶ Relacionar a produção de energia com os impactos ambientais de cada meio de produção. ▶ Identificar os impactos ambientais que cada processo pode levar, avaliando o custo-benefício de cada produção.
Situação de Aprendizagem 15	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificar em dada situação-problema as informações relevantes para elaboração de possíveis estratégias para resolvê-la. ▶ Analisar e interpretar informações de consultas sobre formas de transmissão de energia elétrica. ▶ Elaborar textos escritos ou orais para relatar processos e produtos de pesquisas. ▶ Reconhecer a tecnologia como parte integrante da cultura contemporânea. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Compreender as formas de transmissão de energia. ▶ Desenhar esquemas que representem a transmissão de eletricidade das usinas até as residências. ▶ Estimar perdas de energia ao longo do sistema de transmissão. ▶ Reconhecer a necessidade de transmissão em alta-tensão.

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▶ Ler, interpretar, comparar e utilizar informações apresentadas em tabelas e gráficos. ▶ Analisar criticamente, de forma qualitativa e quantitativa, as implicações sociais e econômicas dos processos de utilização dos recursos energéticos. ▶ Analisar fatores socioeconômicos associados às condições de vida e saúde de populações humanas, por meio da interpretação de indicadores como IDH. | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Identificar, por meio de dados apresentados em tabelas, a evolução da produção da energia elétrica. ▶ Identificar quantitativamente as diferentes fontes de energia elétrica no Brasil. ▶ Relacionar a evolução da produção de energia com o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. |
|--|---|

PROPOSTAS DE QUESTÕES PARA APLICAÇÃO EM AVALIAÇÃO

1. Uma usina geradora de energia elétrica produz potência efetiva de 250 kW e transmite essa energia para uma cidade situada a 5 km de distância, a uma tensão de 20 000 V.

- a) Qual é a corrente percorrida no fio de transmissão?

A corrente percorrida no fio de transmissão é dada pela equação:

$$P_G = U \cdot i$$

$$250\,000 = 20\,000 \cdot i; \text{ logo: } i = 12,5 \text{ A.}$$

- b) Se o fio tem uma resistência de 100 ohms, qual é a perda de potência nessa transmissão se considerarmos apenas o efeito Joule?

A potência dissipada pelo efeito Joule é dada por:

$$P_d = r \cdot i^2$$

$$P_d = 100 \cdot (12,5)^2$$

$$P_d = 100 \cdot 156,25; \text{ logo: } P_d = 15\,625 \text{ W.}$$

- c) Se a transmissão for feita em 10 000 V, qual será a perda de potência por efeito Joule?

Para determinar a nova potência dissipada, primeiro é necessário determinar a nova corrente estabelecida no fio de transmissão e, em seguida, determinar a potência dissipada:

$$P_G = U \cdot i$$

$$250\,000 = 10\,000 \cdot i; \text{ logo: } i = 25 \text{ A.}$$

$$P_d = r \cdot i^2$$

$$P_d = 100 \cdot (25)^2$$

$$P_d = 100 \cdot 625; \text{ logo: } P_d = 62\,500 \text{ W.}$$

- d) Comparando os dados dos itens b e c, qual transmissão é mais eficiente? Explique.

Pelos cálculos realizados, notamos que a transmissão é mais eficiente quando é realizada a 20 000 V, pois a corrente percorrida na linha é baixa, 12,5 A, em relação à de 10 000 V. Pode-se notar também que, reduzindo a tensão pela metade, a corrente na linha dobra. Porém, a potência dissipada torna-se quatro vezes maior, pois ela depende do quadrado da corrente na linha de transmissão.

2. (Enem – 2002) Em usinas hidrelétricas, a queda-d'água move turbinas que acionam geradores. Em usinas eólicas, os geradores são acionados por hélices movidas pelo vento. Na conversão direta solar-elétrica são células fotovoltaicas que produzem tensão elétrica. Além de todos produzirem eletricidade, esses processos têm em comum o fato de:

- a) não provocarem impacto ambiental.
- b) independerem de condições climáticas.
- c) a energia gerada poder ser armazenada.
- d) utilizarem fontes de energia renováveis.
- e) dependerem das reservas de combustíveis fósseis.

As três usinas em questão utilizam fontes de energia renováveis.

3. (Enem – 2001) Segundo um especialista em petróleo (*O Estado de S. Paulo*, 5 de março de 2000), o consumo total de energia mundial foi estimado em 8,3 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEP) para 2001. A porcentagem das diversas fontes da energia consumida no globo é representada no gráfico.

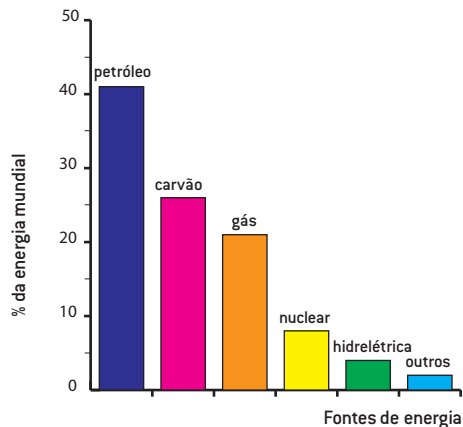


Figura 72.

Segundo as informações apresentadas, para substituir a energia nuclear utilizada é necessário, por exemplo, aumentar a energia proveniente do gás natural em cerca de

- a) 10%.
 b) 18%.
 c) 25%.
 d) 33%.
 e) 50%.

A energia nuclear corresponde a aproximadamente 10% de toda a energia produzida no mundo, segundo o gráfico. Já a energia produzida pelo gás natural corresponde a aproximadamente 20%. Assim, para substituir os 10% da energia nuclear, o gás natural deverá passar a produzir 30% da energia mundial, tendo um aumento de 50% de sua produção.

4. (Enem – 1999) Muitas usinas hidrelétricas estão situadas em barragens. As caracte-

rísticas de algumas das grandes represas e usinas brasileiras estão apresentadas na tabela abaixo.

Usina	Área alagada (km ²)	Potência (MW)	Sistema hidrográfico
Tucuruí	2 430	4 240	Rio Tocantins
Sobradinho	4 214	1 050	Rio São Francisco
Itaipu	1 350	12 600	Rio Paraná
Ilha Solteira	1 077	3 230	Rio Paraná
Furnas	1 450	1 312	Rio Grande

Tabela 15.

A razão entre a área da região alagada por uma represa e a potência produzida pela usina nela instalada é uma das formas de estimar a relação entre o dano e o benefício trazidos por um projeto hidrelétrico. A partir dos dados apresentados na tabela, o projeto que mais onerou o ambiente em termos de área alagada por potência foi:

- a) Tucuruí.
 b) Furnas.
 c) Itaipu.
 d) Ilha Solteira.
 e) Sobradinho.

Nota-se que a usina de Sobradinho tem uma área represada muito grande para a potência produzida. Para isso, faz-se a divisão entre a área e a potência.

$$\text{Tucuruí} \quad 2\,430/4\,240 = 0,57$$

$$\text{Sobradinho} \quad 4\,214/1\,050 = 4,01$$

$$\text{Itaipu} \quad 1\,350/12\,600 = 0,10$$

$$\text{Ilha Solteira} \quad 1\,077/3\,230 = 0,33$$

$$\text{Furnas} \quad 1\,450/1\,312 = 1,10$$

Grade de correção das questões

A questão 1 leva os alunos a identificar a relação da tensão elétrica, a corrente e a potência dissipada nas redes de transmissões de energia elétrica, compreendendo o porquê de elas serem feitas em altas-tensões.

A questão 2 habilita os alunos a reconhecer os tipos de fonte renovável e algumas características de tipos diferentes de usina de energia elétrica, como a hidrelétrica, a eólica e a solar.

A questão 3 permite aos alunos compreender as modificações que podem ocorrer na utilização de determinada fonte de energia para a substituição de outra, mostrando que, às vezes, isso não é fácil de ser feito. **Observação:** as respostas e e d seriam aceitáveis, dada a imprecisão na leitura do gráfico.

A questão 4 habilita os alunos a avaliar a relação entre impactos ambientais e o benefício trazido pela usina hidrelétrica, mostrando de maneira clara como se pode efetuar essa avaliação.

PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

O principal objetivo das Situações de Aprendizagem 12 a 16 é apresentar aos alunos o funcionamento de geradores e motores elétricos, visando principalmente às formas de produção e consumo de eletricidade em grande escala. Embora haja várias habilidades e competências trabalhadas nas atividades propostas, pelo menos as seguintes devem ser garantidas:

- ▶ reconhecer as leis do eletromagnetismo no funcionamento dos motores e dos geradores;
- ▶ compreender a transformação de energia para se obter a energia elétrica nas diversas usinas, reconhecendo as características que diferenciam cada processo de transformação;
- ▶ identificar os impactos ambientais e avaliar a relação custo-benefício dos processos produtivos.

Caso essas habilidades não tenham sido alcançadas pelos alunos, sugerimos algumas estratégias para recuperação:

- ▶ Selecione algumas questões propostas em cada uma das Situações de Aprendizagem

12 a 16 e refaça com os alunos ou selecione exercícios semelhantes de livros didáticos.

- ▶ Construa uma campanha (eletroímã). O roteiro para sua elaboração pode ser obtido em: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física: Eletromagnetismo 3. Campanhas e medidores elétricos*. São Paulo: GREF-USP/MEC-FNDE, 1998. p. 62. (Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro3.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2013.)
- ▶ Refaça o roteiro 16, explorando a matriz energética de outra maneira. Divida os alunos em três grupos e proponha o seguinte problema: Suponha que não haverá energia suficiente para manter a atual taxa de crescimento do país nos próximos anos. Dois grupos podem elaborar um plano de investimento para a produção de energia, optando entre as alternativas energéticas (hidrelétricas, termoeletricas, eólicas etc.). O terceiro grupo deverá avaliar as propostas dos outros dois. Incentive os alunos a buscar mais informações nas diversas fontes de consulta.

RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO PARA A COMPREENSÃO DO TEMA

Os temas tratados neste Caderno podem ser aprofundados e estendidos por meio do uso das referências a seguir. A lista é formada por referências citadas no decorrer deste volume.

Nestes livros e *sites*, existe material de apoio para complementar o planejamento das aulas e espaços particulares para consulta de materiais de ensino que ampliam as discussões propostas em todos os Cadernos.

Livros

BERMANN, Célio. *Energia no Brasil: para quê? Para quem? – Crise e alternativas para um país sustentável*. São Paulo: Livraria da Física/Fase, 2001. Apresenta muitos dados sobre energia elétrica no Brasil, focando a questão do desenvolvimento sustentável.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. *Energia, meio ambiente e desenvolvimento*. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2008. O livro aborda a questão da energia de forma aprofundada, correlacionando-a a questões econômicas e à degradação ambiental, discutindo suas causas e possíveis soluções. Traz dados úteis para o professor que quiser trabalhar com seus alunos a problemática da energia, não apenas no aspecto da sua produção. Um artigo com parte do conteúdo do livro pode ser acessado pelo *site*: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 maio 2013.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA – GREF. *Leituras de Física 3 – Eletromagnetismo*. 3. ed. São Paulo: Edusp, 1998. No livro do GREF, a eletricidade e o magnetis-

mo são abordados de uma forma diferenciada da maioria dos livros didáticos. Os temas são apresentados predominantemente de forma qualitativa, mas introduzindo os formalismos e modelos teóricos necessários. Os conteúdos são contextualizados, procurando dar significado e fazer relações com o universo vivencial dos alunos. Ao final de cada capítulo, são apresentados questões e problemas que tratam dos conteúdos centrais do eletromagnetismo trabalhados. Há sugestões de experimentos e de outras atividades.

REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA, Semida (Orgs.). *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Edusp, 2000. (Coleção Acadêmica.) O gerenciamento de recursos energéticos é o assunto desse livro, que enfoca a problemática da energia elétrica dentro do paradigma do desenvolvimento sustentável. Os autores apresentam um panorama geral sobre geração, distribuição e consumo das diversas fontes de energia, em uma abordagem essencialmente voltada para a realidade brasileira, tratando tanto de aspectos técnicos como socioambientais.

RIVAL, Michael. *Os grandes experimentos científicos*. Tradução de Lucy Magalhães. Rio de Janeiro: Zahar, 1997. (Coleção Ciência e Cultura.) Aproximadamente 40 experimentos fundadores de campos diversos da ciência são descritos no livro, situando-os entre os conhecimentos e as indagações relativos ao tema na época, descrevendo os procedimentos utilizados e as principais conclusões. Pode ser útil na discussão de aspectos da evolução histórica e da investigação na ciência.

RODINI, Itzhak. *Dicionário Houaiss de Física*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005. Dicionário

que serve de apoio para aprofundar ou formalizar definições de grandezas físicas.

SABA, Marcelo M. F. A Física das tempestades e dos raios. *Física na escola*, v. 2, n. 1, p.19-22, 2001.

Sites

Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 27 maio 2013. É possível encontrar informações e dados sobre a produção e o consumo de energia elétrica no Brasil.

Eletrobrás. Disponível em: <<http://www.eletrabras.gov.br/elb/portal/main.asp>>. Acesso em: 27 maio 2013. É possível encontrar dados sobre a matriz energética brasileira, informações sobre a produção e o consumo de energia no país, além de dados característicos das principais usinas hidrelétricas.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelaf/homepage/>>. Acesso em: 23 maio 2013. Na página dessa instituição, podem ser encontrados *links* para a discussão de tempestades e relâmpagos, trazendo definições, história, tipos, origem, formas de proteção, entre outros.

Laboratório Didático Virtual – Labvirt. Disponível em: <<http://www.labvirt.fe.usp.br/>>. Acesso em: 30 jul. 2013. Site que apresenta diversos objetos de aprendizagem (OA) que podem auxiliar na discussão de conceitos físicos.

- ▶ Na Situação de Aprendizagem 14, pode-se sugerir, como atividade complementar, o uso de OA que relacionam a produção de energia elétrica com o tamanho da barragem e a vazão dela. Esses objetos de aprendizagem podem ser encontrados no endereço: <http://www.labvirt.fe.usp.br/simulacoes/fisica/sim_energia_hidretrica.htm>. Acesso em: 27 maio 2013. E em:

<http://www.labvirt.fe.usp.br/simulacoes/fisica/sim_energia_represa.htm>. Acesso em: 27 maio 2013.

Núcleo de Pesquisas em Inovação Curricular da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (Nupic). Disponível em: <www.nupic.fe.usp.br>. Acesso em: 23 maio 2013. Contém sequências de ensino, propostas de atividades, objetos virtuais de aprendizagem, vídeos sobre atividades e montagens experimentais.

PEC/PEBII. Disponível em: <<http://paje.fe.usp.br/estrutura/pec>>. Acesso em: 23 maio 2013. Espaço originário do Programa de Formação Continuada de Professores do Ensino Médio de Física. Apresenta os cadernos utilizados nos cursos, com textos e propostas de atividades de ensino.

- ▶ Auxílio para o desenvolvimento da Situação de Aprendizagem 8: módulo 2. Disponível em: <http://www.vanzolini-ead.org.br/pecem/fis/index_m2s5.htm>. Acesso em: 8 nov. 2013.
- ▶ Auxílio para o desenvolvimento da Situação de Aprendizagem 14: módulo 2, sessão 5. Disponível em: <http://www.vanzolini-ead.org.br/pecem/fis/index_m2s5.htm>. Acesso em: 8 nov. 2013.
- ▶ Auxílio para o desenvolvimento da Situação de Aprendizagem 15: módulo 2, sessão 5. Disponível em: <http://www.vanzolini-ead.org.br/pecem/fis/index_m2s5.htm>. Acesso em: 8 nov. 2013.

Profis. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/gref_leituras.html>. Acesso em: 23 maio 2013. Espaço de apoio, pesquisa e cooperação de professores de Física para promover projetos e atividades complementares. Engloba diversas matérias de ensino de Física, como banco de teses e trabalhos, além de eventos e todo o material desenvolvido pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF). Sugestões de leitura complementar:

- ▶ Situação de Aprendizagem 2: GREF – *Leituras de Física* – Eletromagnetismo, p. 7-9.
- ▶ Situação de Aprendizagem 3: GREF – *Leituras de Física* – Eletromagnetismo, p. 31-32 e as unidades 11 e 12.
- ▶ Situação de Aprendizagem 12: GREF – *Leituras de Física* – Eletromagnetismo, p. 53-56.
- ▶ Situação de Aprendizagem 13: GREF – *Leituras de Física* – Eletromagnetismo, p. 82-84.
- ▶ Situação de Aprendizagem 14: GREF – *Leituras de Física* – Eletromagnetismo, p. 78.
- ▶ Situação de Aprendizagem 15: GREF – *Leituras de Física* – Eletromagnetismo, p. 77-80.

Pró-Universitário Física. Disponível em: <<http://www.cienciamao.if.usp.br/tudo/index.php?midia=pru&fiter=disciplina&by=f%EDsica>>.

Acesso em: 23 maio 2013. Programa de apoio aos alunos do Ensino Médio, ministrado por estudantes de licenciatura da USP. Contém material produzido para uso com alunos dessa faixa etária, propondo textos e questões. Para o desenvolvimento da Situação de Aprendizagem 3, sugerimos a leitura do módulo 4, unidade 1, p. 16, e, para a Situação de Aprendizagem 5, consulte o módulo 4, unidade 1, p. 17-19. Sugestão de leitura para a Situação de Aprendizagem 13: módulo 4, unidade 2, p. 37-38.

Rived. Disponível em: <<http://rived.mec.gov.br>>. Acesso em: 23 maio 2013. Site que apresenta diversos objetos de aprendizagem que podem auxiliar na discussão de conceitos físicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os temas tratados neste Caderno abordaram a eletricidade partindo do uso cotidiano de equipamentos elétricos. Os alunos foram sensibilizados para a existência da eletricidade no cotidiano, em particular no reconhecimento das características da rede elétrica e das especificações dos equipamentos.

O uso racional da energia elétrica e a maneira de estimar gastos e formas de economia fecharam o primeiro tema trabalhado. O passo seguinte foi avançar no estudo das propriedades da matéria e preparar a intro-

dução de um dos conceitos mais importantes da Física moderna: o campo.

O terceiro tema teve como objetivo demonstrar a relação entre eletricidade e magnetismo (o conceito de campo eletromagnético), possibilitando a compreensão de como a energia elétrica é gerada por meio de motores e geradores. Por fim, buscou-se explicar o funcionamento das usinas elétricas, bem como a transmissão e o uso social da energia.

Bom trabalho!

QUADRO DE CONTEÚDOS DO ENSINO MÉDIO

	1ª série	2ª série	3ª série
Volume 1	<p>MOVIMENTOS: GRANDEZAS, VARIAÇÕES E CONSERVAÇÕES</p> <ul style="list-style-type: none"> – Grandezas do movimento: identificação, caracterização e estimativa – Quantidade de movimento linear, variação e conservação – Leis de Newton – Trabalho e energia mecânica – Equilíbrio estático e dinâmico 	<p>CALOR, AMBIENTE E USOS DE ENERGIA</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fenomenologia: calor, temperatura e fontes – Trocas de calor e propriedades térmicas da matéria – Aquecimento e clima – Calor como energia – Máquinas térmicas – Entropia e degradação de energia 	<p>EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> – Circuitos elétricos – Campos e forças eletromagnéticas – Motores e geradores – Produção e consumo de energia elétrica
Volume 2	<p>UNIVERSO, TERRA E VIDA</p> <ul style="list-style-type: none"> – Universo: elementos que o compõem – Interação gravitacional – Sistema Solar – Origem do universo e compreensão humana 	<p>SOM, IMAGEM E COMUNICAÇÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> – Som: fonte, características físicas e usos – Luz: fontes e características físicas – Luz e cor – Ondas eletromagnéticas e transmissões eletromagnéticas 	<p>MATÉRIA E RADIAÇÃO</p> <ul style="list-style-type: none"> – Matéria, suas propriedades e organização – Átomo: emissão e absorção da radiação – Fenômenos nucleares – Partículas elementares – Microeletrônica e informática

**CONCEPÇÃO E COORDENAÇÃO GERAL
NOVA EDIÇÃO 2014-2017**

**COORDENADORIA DE GESTÃO DA
EDUCAÇÃO BÁSICA – CGEB**

Coordenadora

Maria Elizabete da Costa

**Diretor do Departamento de Desenvolvimento
Curricular de Gestão da Educação Básica**

João Freitas da Silva

**Diretora do Centro de Ensino Fundamental
dos Anos Finais, Ensino Médio e Educação
Profissional – CEFAF**

Valéria Tarantello de Georgel

**Coordenadora Geral do Programa São Paulo
faz escola**

Valéria Tarantello de Georgel

Coordenação Técnica

Roberto Canossa

Roberto Liberato

Suely Cristina de Albuquerque Bomfim

EQUIPES CURRICULARES

Área de Linguagens

Arte: Ana Cristina dos Santos Siqueira, Carlos Eduardo Povinha, Kátia Lucila Bueno e Roseli Ventrela.

Educação Física: Marcelo Ortega Amorim, Maria Elisa Kobs Zacarias, Mirna Leia Violin Brandt, Rosângela Aparecida de Paiva e Sergio Roberto Silveira.

Língua Estrangeira Moderna (Inglês e

Espanhol): Ana Paula de Oliveira Lopes, Jucimeire de Souza Bispo, Marina Tsunokawa Shimabukuro, Neide Ferreira Gaspar e Sílvia Cristina Gomes Nogueira.

Língua Portuguesa e Literatura: Angela Maria Baltieri Souza, Clarícia Akemi Eguti, Idê Moraes dos Santos, João Mário Santana, Kátia Regina Pessoa, Mara Lúcia David, Marcos Rodrigues Ferreira, Roseli Cordeiro Cardoso e Rozeli Frasca Bueno Alves.

Área de Matemática

Matemática: Carlos Tadeu da Graça Barros, Ivan Castilho, João dos Santos, Otavio Yoshio Yamanaka, Rodrigo Soares de Sá, Rosana Jorge Monteiro, Sandra Maira Zen Zacarias e Vanderley Aparecido Conrathione.

Área de Ciências da Natureza

Biologia: Aparecida Kida Sanches, Elizabeth Reymi Rodrigues, Juliana Pavani de Paula Bueno e Rodrigo Ponce.

Ciências: Eleuza Vania Maria Lagos Guazzelli, Gisele Nanini Mathias, Herbert Gomes da Silva e Maria da Graça de Jesus Mendes.

Física: Carolina dos Santos Batista, Fábio Bresighello Beig, Renata Cristina de Andrade Oliveira e Tatiana Souza da Luz Stroeymeyte.

Química: Ana Joaquina Simões S. de Matos Carvalho, Jeronimo da Silva Barbosa Filho, João Batista Santos Junior e Natália de Fátima Mateus.

Área de Ciências Humanas

Filosofia: Emerson Costa, Tânia Gonçalves e Teônia de Abreu Ferreira.

Geografia: Andréia Cristina Barroso Cardoso, Débora Regina Aversan e Sérgio Luiz Damiati.

História: Cynthia Moreira Marucci, Maria Margarete dos Santos e Walter Nicolas Otheguy Fernandez.

Sociologia: Alan Vitor Corrêa, Carlos Fernando de Almeida e Tony Shigueki Nakatani.

**PROFESSORES COORDENADORES DO NÚCLEO
PEDAGÓGICO**

Área de Linguagens

Educação Física: Ana Lucia Steidle, Eliana Cristine Budisk de Lima, Fabiana Oliveira da Silva, Isabel Cristina Albergoni, Karina Xavier, Katia Mendes e Silva, Liliane Renata Tank Gullo, Marcia Magali Rodrigues dos Santos, Mônica Antonia Cucatto da Silva, Patrícia Pinto Santiago, Regina Maria Lopes, Sandra Pereira Mendes, Sebastiana Gonçalves Ferreira Viscardi, Silvana Alves Muniz.

Língua Estrangeira Moderna (Inglês): Célia Regina Teixeira da Costa, Cleide Antunes Silva, Ednéa Boso, Edney Couto de Souza, Elana Simone Schiavo Caramano, Eliane Graciela dos Santos Santana, Elisabeth Pacheco Lomba Kozokoski, Fabiola Maciel Saldão, Isabel Cristina dos Santos Dias, Juliana Munhoz dos Santos, Kátia Vitorian Gellers, Lídia Maria Batista Bomfim, Lindomar Alves de Oliveira, Lúcia Aparecida Arantes, Mauro Celso de Souza, Neusa A. Abrunhosa Tápias, Patrícia Helena Passos, Renata Motta Chicoli Belchior, Renato José de Souza, Sandra Regina Teixeira Batista de Campos e Silmara Santade Masiero.

Língua Portuguesa: Andrea Righeto, Edilene Bachege R. Viveiros, Eliane Cristina Gonçalves Ramos, Graciana B. Ignacio Cunha, Letícia M. de Barros L. Viviani, Luciana de Paula Diniz, Márcia Regina Xavier Gardenal, Maria Cristina Cunha Riondet Costa, Maria José de Miranda Nascimento, Maria Márcia Zamprônio Pedroso, Patrícia Fernanda Morande Roveri, Ronaldo Cesar Alexandre Formici, Selma Rodrigues e Sílvia Regina Peres.

Área de Matemática

Matemática: Carlos Alexandre Emídio, Clóvis Antonio de Lima, Delizabeth Evanir Malavazzi, Edinei Pereira de Sousa, Eduardo Granado Garcia, Evaristo Glória, Everaldo José Machado de Lima, Fabio Augusto Trevisan, Inês Chiarelli Dias, Ivan Castilho, José Maria Sales Júnior, Luciana Moraes Funada, Luciana Vanessa de Almeida Buranello, Mário José Pagotto, Paula Pereira Guanais, Regina Helena de Oliveira Rodrigues, Robson Rossi, Rodrigo Soares de Sá, Rosana Jorge Monteiro,

Rosângela Teodoro Gonçalves, Roseli Soares Jacomini, Sílvia Ignês Peruquetti Bortolatto e Zilda Meira de Aguiar Gomes.

Área de Ciências da Natureza

Biologia: Aureli Martins Sartori de Toledo, Evandro Rodrigues Vargas Silvério, Fernanda Rezende Pedroza, Regiani Braguim Chioderoli e Rosimara Santana da Silva Alves.

Ciências: Davi Andrade Pacheco, Franklin Julio de Melo, Liamara P. Rocha da Silva, Marceline de Lima, Paulo Garcez Fernandes, Paulo Roberto Orlandi Valdastris, Rosimeire da Cunha e Wilson Luís Prati.

Física: Ana Claudia Cossini Martins, Ana Paula Vieira Costa, André Henrique Ghelfi Rufino, Cristiane Gislene Bezerra, Fabiana Hernandez M. Garcia, Leandro dos Reis Marques, Marcio Bortoletto Fessel, Marta Ferreira Mafra, Rafael Plana Simões e Rui Buosi.

Química: Armenak Bolean, Cátia Lunardi, Cirila Tacconi, Daniel B. Nascimento, Elizandra C. S. Lopes, Gerson N. Silva, Idma A. C. Ferreira, Laura C. A. Xavier, Marcos Antônio Gimenes, Massuko S. Warigoda, Roza K. Morikawa, Sílvia H. M. Fernandes, Valdir P. Berti e William G. Jesus.

Área de Ciências Humanas

Filosofia: Álex Roberto Genelhu Soares, Anderson Gomes de Paiva, Anderson Luiz Pereira, Claudio Nitsch Medeiros e José Aparecido Vidal.

Geografia: Ana Helena Veneziani Vitor, Célio Batista da Silva, Edison Luiz Barbosa de Souza, Edivaldo Bezerra Viana, Elizete Buranello Perez, Márcio Luiz Verni, Milton Paulo dos Santos, Mônica Estevan, Regina Célia Batista, Rita de Cássia Araujo, Rosinei Aparecida Ribeiro Libório, Sandra Raquel Scassola Dias, Selma Marli Trivellato e Sonia Maria M. Romano.

História: Aparecida de Fátima dos Santos Pereira, Carla Flaitt Valentini, Claudia Elisabete Silva, Cristiane Gonçalves de Campos, Cristina de Lima Cardoso Leme, Ellen Claudia Cardoso Doretto, Ester Galesi Gryga, Karin Sant'Ana Kossling, Marcia Aparecida Ferrari Salgado de Barros, Mercia Albertina de Lima Camargo, Priscila Lourenço, Rogerio Sicchieri, Sandra Maria Fodra e Walter Garcia de Carvalho Vilas Boas.

Sociologia: Anselmo Luis Fernandes Gonçalves, Celso Francisco do Ó, Lucila Conceição Pereira e Tânia Fetchir.

Apoio:

Fundação para o Desenvolvimento da Educação - FDE

CTP, Impressão e acabamento

Log & Print Gráfica e Logística S. A.

GESTÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO EDITORIAL 2014-2017

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI

Presidente da Diretoria Executiva
Antonio Rafael Namur Muscat

Vice-presidente da Diretoria Executiva
Alberto Wunderler Ramos

GESTÃO DE TECNOLOGIAS APLICADAS À EDUCAÇÃO

Direção da Área
Guilherme Ary Plonski

Coordenação Executiva do Projeto
Angela Sprenger e Beatriz Scavazza

Gestão Editorial
Denise Blanes

Equipe de Produção

Editorial: Amarilis L. Maciel, Angélica dos Santos Angelo, Bóris Fatigati da Silva, Bruno Reis, Carina Carvalho, Carla Fernanda Nascimento, Carolina H. Mestriner, Carolina Pedro Soares, Cintia Leitão, Eloiza Lopes, Érika Domingues do Nascimento, Flávia Medeiros, Gisele Manoel, Jean Xavier, Karinna Alessandra Carvalho Taddeo, Leandro Calbente Câmara, Leslie Sandes, Mainã Greeb Vicente, Marina Murphy, Michelangelo Russo, Natália S. Moreira, Olivia Frade Zambone, Paula Felix Palma, Priscila Riso, Regiane Monteiro Pimentel Barboza, Rodolfo Marinho, Stella Assumpção Mendes Mesquita, Tatiana F. Souza e Tiago Jonas de Almeida.

Direitos autorais e iconografia: Beatriz Fonseca Micsik, Érica Marques, José Carlos Augusto, Juliana Prado da Silva, Marcus Ecclissi, Maria Aparecida Acunzo Forli, Maria Magalhães de Alencastro e Vanessa Leite Rios.

Edição e Produção editorial: R2 Editorial, Jairo Souza Design Gráfico e Occy Design (projeto gráfico).

CONCEPÇÃO DO PROGRAMA E ELABORAÇÃO DOS CONTEÚDOS ORIGINAIS

COORDENAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DOS CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS DOS CADERNOS DOS PROFESSORES E DOS CADERNOS DOS ALUNOS
Ghisleine Trigo Silveira

CONCEPÇÃO
Guiomar Namó de Mello, Lino de Macedo, Luis Carlos de Menezes, Maria Inês Fini (coordenadora) e Ruy Berger (em memória).

AUTORES

Linguagens

Coordenador de área: Alice Vieira.

Arte: Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins, Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino e Sayonara Pereira.

Educação Física: Adalberto dos Santos Souza, Carla de Meira Leite, Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches Neto, Mauro Betti, Renata Elsa Stark e Sérgio Roberto Silveira.

LEM – Inglês: Adriana Ranelli Weigel Borges, Alzira da Silva Shimoura, Livia de Araújo Donnini Rodrigues, Priscila Mayumi Hayama e Sueli Salles Fidalgo.

LEM – Espanhol: Ana Maria López Ramírez, Isabel Gretel María Eres Fernández, Ivan Rodrigues Martin, Margareth dos Santos e Neide T. Maia González.

Língua Portuguesa: Alice Vieira, Débora Mallet Pizarim de Angelo, Eliane Aparecida de Aguiar, José Luís Marques López Landeira e João Henrique Nogueira Mateos.

Matemática

Coordenador de área: Nilson José Machado.

Matemática: Nilson José Machado, Carlos Eduardo de Souza Campos Granja, José Luiz Pastore Mello, Roberto Perides Moisés, Rogério Ferreira da Fonseca, Ruy César Pietropaolo e Walter Spinelli.

Ciências Humanas

Coordenador de área: Paulo Miceli.

Filosofia: Paulo Miceli, Luiza Christov, Adilton Luis Martins e Renê José Trentin Silveira.

Geografia: Angela Corrêa da Silva, Jaime Tadeu Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araujo e Sérgio Adas.

História: Paulo Miceli, Diego López Silva, Glaydson José da Silva, Mônica Lungov Bugelli e Raquel dos Santos Funari.

Sociologia: Heloisa Helena Teixeira de Souza Martins, Marcelo Santos Masset Lacombe, Melissa de Mattos Pimenta e Stella Christina Schrijnemaekers.

Ciências da Natureza

Coordenador de área: Luis Carlos de Menezes.

Biologia: Ghisleine Trigo Silveira, Fabiola Bovo Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguilar Santana, Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira e Solange Soares de Camargo.

Ciências: Ghisleine Trigo Silveira, Cristina Leite, João Carlos Miguel Tomaz Micheletti Neto, Julio César Foschini Lisboa, Lucilene Aparecida Esperante Limp, Máira Batistoni e Silva, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro, Ricardo Rechi Aguiar, Rosana dos Santos Jordão, Simone Jaconetti Ydi e Yassuko Hosoume.

Física: Luis Carlos de Menezes, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luis Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Sonia Salem e Yassuko Hosoume.

Química: Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza, Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Fernanda Penteado Lamas e Yvone Mussa Esperidião.

Caderno do Gestor

Lino de Macedo, Maria Eliza Fini e Zuleika de Felice Murrie.

Catalogação na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

* Nos Cadernos do Programa São Paulo faz escola são indicados sites para o aprofundamento de conhecimentos, como fonte de consulta dos conteúdos apresentados e como referências bibliográficas. Todos esses endereços eletrônicos foram checados. No entanto, como a internet é um meio dinâmico e sujeito a mudanças, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo não garante que os sites indicados permaneçam acessíveis ou inalterados.

* Os mapas reproduzidos no material são de autoria de terceiros e mantêm as características dos originais, no que diz respeito à grafia adotada e à inclusão e composição dos elementos cartográficos (escala, legenda e rosa dos ventos).

* Os ícones do Caderno do Aluno são reproduzidos no Caderno do Professor para apoiar na identificação das atividades.

S239m São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.

Material de apoio ao currículo do Estado de São Paulo: caderno do professor; física, ensino médio, 3ª série / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Estevam Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luis Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira, Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Yassuko Hosoume. – São Paulo : SE, 2014.

v. 1, 112 p.

Edição atualizada pela equipe curricular do Centro de Ensino Fundamental dos Anos Finais, Ensino Médio e Educação Profissional – CEFAP, da Coordenadoria de Gestão da Educação Básica – CGEB. ISBN 978-85-7849-593-0

1. Ensino médio 2. Física 3. Atividade pedagógica I. Fini, Maria Inês. II. Rouxinol, Estevam. III. Brockington, Guilherme. IV. Gurgel, Ivã. V. Piassi, Luis Paulo de Carvalho. VI. Bonetti, Marcelo de Carvalho. VII. Oliveira, Maurício Pietrocola Pinto de. VIII. Siqueira, Maxwell Roger da Purificação. IX. Hosoume, Yassuko. X. Título.

CDU: 371.3:806.90

