

C E E J A



MUNDO DO  
TRABALHO

# FÍSICA

CADERNO DO ESTUDANTE

ENSINO MÉDIO  
**VOLUME 3**

Nos Cadernos do Programa Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Mundo do Trabalho/CEEJA são indicados sites para o aprofundamento de conhecimentos, como fonte de consulta dos conteúdos apresentados e como referências bibliográficas. Todos esses endereços eletrônicos foram verificados. No entanto, como a internet é um meio dinâmico e sujeito a mudanças, a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação não garante que os sites indicados permaneçam acessíveis ou inalterados após a data de consulta impressa neste material.

A Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias do País, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos\* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98.

\* Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas neste material que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

Física : caderno do estudante. São Paulo: Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação (SDECTI) : Secretaria da Educação (SEE), 2015.

il. - - (Educação de Jovens e Adultos (EJA) : Mundo do Trabalho modalidade semipresencial, v. 3)

Conteúdo: v. 3. 3ª série do Ensino Médio.

ISBN: 978-85-8312-163-3 (Impresso)

978-85-8312-141-1 (Digital)

1. Física – Estudo e ensino. 2. Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Ensino Médio. 3. Modalidade Semipresencial. I. Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação. II. Secretaria da Educação. III. Título.

CDD: 372.5

FICHA CATALOGRÁFICA

Tatiane Silva Massucato Arias – CRB-8 / 7262



**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Geraldo Alckmin

*Governador*

**Secretaria de Desenvolvimento Econômico,  
Ciência, Tecnologia e Inovação**

Márcio Luiz França Gomes

*Secretário*

Cláudio Valverde

*Secretário-Adjunto*

Maurício Juvenal

*Chefe de Gabinete*

Marco Antonio da Silva

*Coordenador de Ensino Técnico,  
Tecnológico e Profissionalizante*

**Secretaria da Educação**

Herman Voorwald

*Secretário*

Cleide Bauab Eid Bochixio

*Secretária-Adjunta*

Fernando Padula Novaes

*Chefe de Gabinete*

Ghisleine Trigo Silveira

*Coordenadora de Gestão da Educação Básica*

Mertila Larcher de Moraes

*Diretora do Centro de Educação de Jovens e Adultos*

Adriana Aparecida de Oliveira, Adriana dos Santos  
Cunha, Durcilene Maria de Araujo Rodrigues,  
Gisele Fernandes Silveira Farisco, Luiz Carlos Tozetto,  
Raul Ravanelli Neto, Sabrina Moreira Rocha,  
Virginia Nunes de Oliveira Mendes  
*Técnicos do Centro de Educação de Jovens e Adultos*

## Concepção do Programa e elaboração de conteúdos

---

### Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação

Coordenação Geral do Projeto  
Ernesto Mascellani Neto

Equipe Técnica  
Cibele Rodrigues Silva, João Mota Jr. e Raphael Lebsa do Prado

### Fundação do Desenvolvimento Administrativo – Fundap

Wanderley Messias da Costa  
Diretor Executivo

Márgara Raquel Cunha  
Diretora Técnica de Formação Profissional

Coordenação Executiva do Projeto  
José Lucas Cordeiro

Coordenação Técnica  
Impressos: Dilma Fabri Marão Pichoneri  
Vídeos: Cristiane Ballerini

Equipe Técnica e Pedagógica  
Ana Paula Alves de Lavos, Carlos Ricardo Bifi, Elen Cristina  
S. K. Vaz Döppenschmitt, Emily Hozokawa Dias, Fabiana  
de Cássia Rodrigues, Fernando Manzieri Heder, Herbert

Rodrigues, Jonathan Nascimento, Laís Schalch, Liliane  
Bordignon de Souza, Maria Helena de Castro Lima, Paula  
Marcia Ciacco da Silva Dias, Rodnei Pereira, Selma Borghi  
Venco e Walkiria Rigolon

Autores  
Arte: Roseli Ventrella e Terezinha Guerra; *Biologia*: José Manoel  
Martins, Marcos Egelstein, Maria Graciete Carramate Lopes  
e Vinicius Signorelli; *Filosofia*: Juliana Litvin de Almeida e  
Tiago Abreu Nogueira; *Física*: Gustavo Isaac Killner; *Geografia*:  
Roberto Giansanti e Silas Martins Junqueira; *História*: Denise  
Mendes e Márcia Juliana Santos; *Inglês*: Eduardo Portela;  
*Língua Portuguesa*: Kátia Lomba Brakling; *Matemática*: Antonio  
José Lopes; *Química*: Olímpio Salgado; *Sociologia*: Dilma Fabri  
Marão Pichoneri e Selma Borghi Venco

## Gestão do processo de produção editorial

---

### Fundação Carlos Alberto Vanzolini

Mauro de Mesquita Spínola  
Presidente da Diretoria Executiva

José Joaquim do Amaral Ferreira  
Vice-Presidente da Diretoria Executiva

#### Gestão de Tecnologias em Educação

Direção da Área  
Guilherme Ary Plonski

Coordenação Executiva do Projeto  
Angela Sprenger e Beatriz Scavazza

Gestão do Portal  
Luis Marcio Barbosa, Luiz Carlos Gonçalves, Sonia Akimoto e  
Wilder Rogério de Oliveira

Gestão de Comunicação  
Ane do Valle

Gestão Editorial  
Denise Blanes

Equipe de Produção  
Editorial: Carolina Grego Donadio e Paulo Mendes  
Equipe Editorial: Adriana Ayami Takimoto, Airton Dantas  
de Araújo, Alícia Toffani, Amarilis L. Maciel, Ana Paula S.  
Bezerra, Andressa Serena de Oliveira, Bárbara Odria Vieira,  
Carolina H. Mestriner, Caroline Domingos de Souza, Cíntia

Leitão, Cláudia Letícia Vendrame Santos, David dos Santos  
Silva, Eloiza Mendes Lopes, Érika Domingues do Nascimento,  
Fernanda Brito Bincoletto, Flávia Beraldo Ferrare, Jean Kleber  
Silva, Leonardo Gonçalves, Lorena Vita Ferreira, Lucas Puntel  
Carrasco, Luiza Thebas, Mainã Greeb Vicente, Marcus Ecclissi,  
Maria Inez de Souza, Mariana Padoan, Natália Kessuani Bego  
Maurício, Olivia Frade Zambone, Paula Felix Palma, Pedro  
Carvalho, Polyanna Costa, Priscila Risso, Raquel Benchimol  
Rosenthal, Tatiana F. Souza, Tatiana Pavanelli Valsi, Thaís Nori  
Cornetta, Thamires Carolline Balog de Mattos e Vanessa Bianco  
Felix de Oliveira

Direitos autorais e iconografia: Ana Beatriz Freire, Aparecido  
Francisco, Fernanda Catalão, José Carlos Augusto, Larissa Polix  
Barbosa, Maria Magalhães de Alencastro, Mayara Ribeiro de  
Souza, Priscila Garofalo, Rita De Luca, Roberto Polacov, Sandro  
Carrasco e Stella Mesquita

Apoio à produção: Aparecida Ferraz da Silva, Fernanda Queiroz,  
Luiz Roberto Vital Pinto, Maria Regina Xavier de Brito, Natália  
S. Moreira e Valéria Aranha

Projeto gráfico-editorial e diagramação: R2 Editorial, Michelangelo  
Russo e Casa de Ideias

CTP, Impressão e Acabamento  
Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

## Caro(a) estudante

É com grande satisfação que a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, em parceria com a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação, apresenta os Cadernos do Estudante do Programa Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Mundo do Trabalho para os Centros Estaduais de Educação de Jovens e Adultos (CEEJAs). A proposta é oferecer um material pedagógico de fácil compreensão, que favoreça seu retorno aos estudos.

Sabemos quanto é difícil para quem trabalha ou procura um emprego se dedicar aos estudos, principalmente quando se parou de estudar há algum tempo.

O Programa nasceu da constatação de que os estudantes jovens e adultos têm experiências pessoais que devem ser consideradas no processo de aprendizagem. Trata-se de um conjunto de experiências, conhecimentos e convicções que se formou ao longo da vida. Dessa forma, procuramos respeitar a trajetória daqueles que apostaram na educação como o caminho para a conquista de um futuro melhor.

Nos Cadernos e vídeos que fazem parte do seu material de estudo, você perceberá a nossa preocupação em estabelecer um diálogo com o mundo do trabalho e respeitar as especificidades da modalidade de ensino semipresencial praticada nos CEEJAs.

Esperamos que você conclua o Ensino Médio e, posteriormente, continue estudando e buscando conhecimentos importantes para seu desenvolvimento e sua participação na sociedade. Afinal, o conhecimento é o bem mais valioso que adquirimos na vida e o único que se acumula por toda a nossa existência.

Bons estudos!

Secretaria da Educação

Secretaria de Desenvolvimento  
Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação

Estudar na idade adulta sempre demanda maior esforço, dado o acúmulo de responsabilidades (trabalho, família, atividades domésticas etc.), e a necessidade de estar diariamente em uma escola é, muitas vezes, um obstáculo para a retomada dos estudos, sobretudo devido à dificuldade de se conciliar estudo e trabalho. Nesse contexto, os Centros Estaduais de Educação de Jovens e Adultos (CEEJAs) têm se constituído em uma alternativa para garantir o direito à educação aos que não conseguem frequentar regularmente a escola, tendo, assim, a opção de realizar um curso com presença flexível.

Para apoiar estudantes como você ao longo de seu percurso escolar, o Programa Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Mundo do Trabalho produziu materiais especificamente para os CEEJAs. Eles foram elaborados para atender a uma justa e antiga reivindicação de estudantes, professores e sociedade em geral: poder contar com materiais de apoio específicos para os estudos desse segmento.

Esses materiais são seus e, assim, você poderá estudar nos momentos mais adequados – conforme os horários que dispõe –, compartilhá-los com sua família, amigos etc. e guardá-los, para sempre estarem à mão no caso de futuras consultas.

Os Cadernos do Estudante apresentam textos que abordam e discutem os conteúdos propostos para cada disciplina e também atividades cujas respostas você poderá registrar no próprio material. Nesses Cadernos, você ainda terá espaço para registrar suas dúvidas, para que possa discuti-las com o professor sempre que for ao CEEJA.

Os vídeos que acompanham os Cadernos do Estudante, por sua vez, explicam, exemplificam e ampliam alguns dos assuntos tratados nos Cadernos, oferecendo informações que vão ajudá-lo a compreender melhor os conteúdos. São, portanto, um importante recurso com o qual você poderá contar em seus estudos.

Além desses materiais, o Programa EJA – Mundo do Trabalho tem um site exclusivo, que você poderá visitar sempre que desejar: <<http://www.ejamundodotrabalho.sp.gov.br>>. Nele, além de informações sobre o Programa, você acessa os Cadernos do Estudante e os vídeos de todas as disciplinas, ao clicar na aba **Conteúdo CEEJA**. Já na aba **Conteúdo EJA**, poderá acessar os Cadernos e vídeos de Trabalho, que abordam temas bastante significativos para jovens e adultos como você.

Os materiais foram produzidos com a intenção de estabelecer um diálogo com você, visando facilitar seus momentos de estudo e de aprendizagem. Espera-se que, com esse estudo, você esteja pronto para realizar as provas no CEEJA e se sinta cada vez mais motivado a prosseguir sua trajetória escolar.

TENHO DÚVIDAS JÁ ESTUDEI 

<b>Unidade 1 – Eletricidade.....</b>	<b>9</b>		
Tema 1 – De onde vem a eletricidade.....	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2 – Corrente, tensão e resistência elétrica.....	22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3 – Potência elétrica e consumo.....	37	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 4 – Circuitos elétricos.....	48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Unidade 2 – Magnetismo.....</b>	<b>55</b>		
Tema 1 – Ímãs e magnetismo.....	55	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2 – Magnetismo terrestre.....	66	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3 – Biomagnetismo.....	77	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Unidade 3 – Eletromagnetismo.....</b>	<b>84</b>		
Tema 1 – O que é campo?.....	84	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2 – Campos magnéticos gerados por corrente elétrica.....	91	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3 – Produção de corrente elétrica em larga escala.....	103	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Unidade 4 – Física moderna .....</b>	<b>112</b>		
Tema 1 – Radiação eletromagnética.....	112	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 2 – Radiação corpuscular.....	123	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tema 3 – Física nuclear.....	129	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Caro(a) estudante,

Agora que você decidiu retomar seus estudos, terá a oportunidade de aprofundar alguns conhecimentos no campo da Física. Muitos dos temas você pode já conhecer, mas neste momento os estudará mais profundamente do ponto de vista científico.

Na Unidade 1, o tema é eletricidade. Nela você vai estudar que a origem da eletricidade e as interações elétricas têm a ver com a própria estrutura da matéria e com partículas chamadas prótons e elétrons. A partir daí, estudará que para eletrizar um corpo é necessário desequilibrar o número de prótons e elétrons e como é possível fazer isso.

Em seguida, verá que, quando existe uma diferença na concentração dessas partículas entre duas partes de um material condutor (conhecida como tensão elétrica), é possível produzir uma corrente elétrica entre essas partes, sendo que o movimento dos elétrons que gera a corrente está sujeito à resistência elétrica dos materiais. Finalmente, vai estudar a potência elétrica, o que permitirá entender melhor o consumo de energia elétrica e como calculá-lo.

Na Unidade 2, o tema será o magnetismo. Nela você vai estudar os ímãs e suas propriedades. Em seguida, vai aprofundar seus conhecimentos sobre o campo magnético terrestre e como ele pode ajudar na localização das direções Norte e Sul. Para finalizar, nesta Unidade, você entenderá o que é o biomagnetismo e como diversas formas de vida são influenciadas pelo magnetismo terrestre.

A Unidade 3 trata das relações entre eletricidade e magnetismo. Nela você verá que é possível gerar campos magnéticos por meio de correntes elétricas e vice-versa. Estudará também o fenômeno da indução eletromagnética, que é a base para a produção de energia elétrica nas usinas, o que lhe permitirá, assim, entender como funciona um gerador.

Por fim, na Unidade 4, você estudará um pouco de Física moderna; vai conhecer fenômenos relacionados à física da radiação, assim como a transformação de matéria em energia e a origem do Universo.

Tudo isso vai permitir que você se aproprie dos conhecimentos físicos como instrumento para interagir com o mundo e resolver problemas, e que possa realizar uma leitura diferenciada do Universo, pensando no desenvolvimento histórico do conhecimento científico, o que tornará possível você se posicionar criticamente frente a situações do dia a dia.

Bons estudos!

## TEMAS

1. De onde vem a eletricidade
2. Corrente, tensão e resistência elétrica
3. Potência elétrica e consumo
4. Circuitos elétricos

## Introdução

A humanidade tornou-se dependente da energia elétrica. Principalmente nos centros urbanos, é impossível pensar a organização das cidades e das pessoas sem a utilização desse tipo de energia, que você estudará nesta Unidade.

Seus estudos terão início com a análise da estrutura da matéria para buscar a origem da eletricidade e das interações elétricas e você verá como se pode eletrizar um corpo. Em seguida, vai estudar que o movimento ordenado das cargas elétricas gera uma corrente, que só pode ser estabelecida por meio de uma tensão elétrica. Verá também que, durante seu movimento, as cargas elétricas encontram a resistência do material, que acaba se aquecendo devido às colisões entre essas cargas em movimento e a estrutura da matéria. Finalmente, vai analisar como se determina o consumo de energia elétrica por meio da potência e como funcionam os circuitos elétricos.

### De onde vem a eletricidade

#### TEMA 1

Civilizações antigas já haviam observado algumas propriedades elétricas da matéria. O termo eletricidade se origina da palavra grega *elektron*, nome dado ao âmbar – um tipo de resina parecido com plástico –, que, ao ser atritado com a lã, tornava-se capaz de atrair pequenos pedaços de palha, penas, poeira etc. Contudo, foi somente a partir do século XVIII que os fenômenos elétricos começaram a ser entendidos e explicados.



### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Observe a imagem da página 10 e responda:

- A figura mostra uma família numa casa rústica. Você acha que eles utilizam a energia elétrica? Onde? De onde viria essa energia?

- Durante a noite, essa família pode iluminar a casa? Como?
- Seria possível as pessoas dessa família utilizarem aparelhos celulares, computadores e outros aparelhos eletrônicos?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e veja se você alteraria suas respostas.



© José Roberto Couto/Tyba

Casa no rio Amazonas - AM.

---



---



---



---



---



---



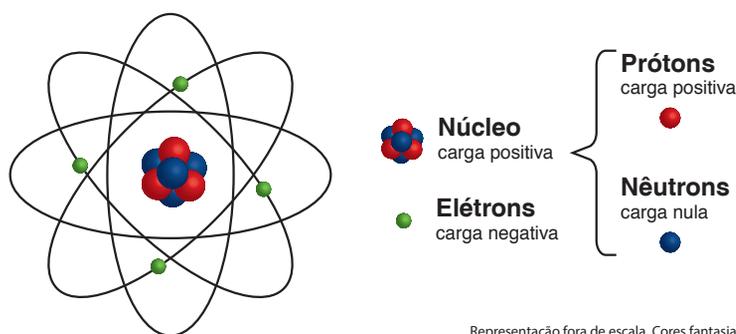
---



---

## Carga e interações elétricas

Até o início do século XX, a eletricidade, assim como o calor, era considerada um fluido, uma substância que podia passar de um corpo para outro. Essa interpretação foi modificada pela proposição de um modelo atômico, esquematicamente ilustrado na figura a seguir:



Representação fora de escala. Cores fantasia.

De acordo com esse modelo, os átomos são compostos de partículas menores: prótons, com carga elétrica positiva; elétrons, com carga elétrica negativa; e nêutrons, com carga elétrica nula. Os prótons e os elétrons têm a mesma quantidade

de carga elétrica. Essas cargas são as responsáveis pelas interações elétricas que permitem o funcionamento dos diversos aparelhos elétricos, a emissão de luz pelas lâmpadas, os relâmpagos, os choques elétricos etc.

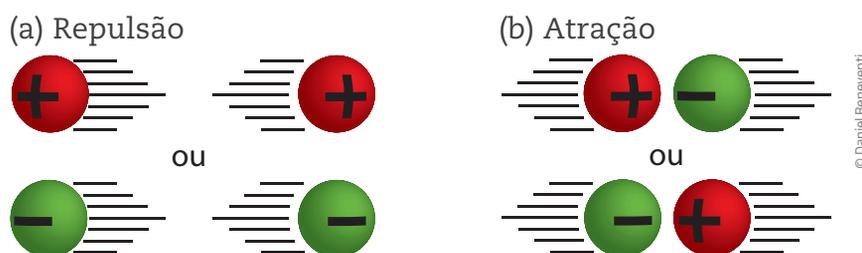
A unidade de carga elétrica no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o **coulomb**, representado pela letra **C**. Entretanto, uma carga de 1 C (um coulomb) é muito grande (corresponde a bilhões de bilhões de elétrons) e, em geral, utilizam-se submúltiplos dessa unidade, como o milicoulomb (mC – um milésimo de um coulomb) e o microcoulomb ( $\mu\text{C}$  – um milionésimo de um coulomb). Observe a tabela a seguir:

Como se escreve	Como se lê	Quanto vale	Potência de dez
1 mC	1 milicoulomb	0,001 C	$10^{-3}$ C
1 $\mu\text{C}$	1 microcoulomb	0,000001 C	$10^{-6}$ C

Assim, pode-se dizer que 1 C equivale a 1.000 mC ou 1.000.000  $\mu\text{C}$ , ou que 0,20 C equivalem a 200 mC, ou ainda que 30 mC são 30.000  $\mu\text{C}$ .

Em geral, na matéria, o número de prótons é igual ao número de elétrons. Por isso, a carga elétrica total de um objeto muitas vezes é nula e suas características elétricas não são percebidas. Apenas quando o número de prótons é diferente do número de elétrons, a matéria passa a apresentar propriedades elétricas evidentes. Dessa forma, pode-se dizer que um corpo está eletrizado quando o número de prótons que o compõe é diferente do número de elétrons que ele possui naquele momento.

Se um corpo possui mais prótons do que elétrons, ele terá carga elétrica positiva; se possuir mais elétrons do que prótons, terá carga elétrica negativa. Quanto maior a diferença entre a quantidade de prótons e elétrons, maior será a carga elétrica do corpo, que pode ser medida por meio da força elétrica que essa carga é capaz de produzir sobre outras cargas. Quando duas cargas têm o mesmo sinal, elas se repelem (se afastam), mas, quando seus sinais são contrários, elas se atraem.

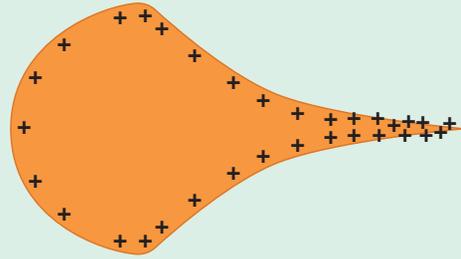


Representação fora de escala. Cores fantasia.

As cargas podem ser positivas ou negativas. Cargas de mesmo sinal se repelem (a) e cargas de sinal contrário se atraem (b).

### O PODER DAS PONTAS

Devido à repulsão elétrica, quando um corpo feito de material condutor elétrico está eletrizado, as partículas em excesso tendem a se afastarem umas das outras. Com isso, comumente se acumulam nas pontas do objeto eletrizado.



© Daniel Beneventi



## Quantização da carga elétrica

Como a carga elétrica está associada ao número de prótons e de elétrons, ela tem um valor mínimo que equivale à carga de uma única partícula. Foi o físico Robert Millikan, no início do século XX, quem mediu essa carga mínima e descobriu que ela vale  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C. Portanto, a quantidade de carga elétrica elementar (**e**), ou mínima, que um sistema pode ter vale  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C, que é a quantidade de carga que cada elétron e cada próton possui. Para diferenciar as cargas de um e de outro, diz-se que o elétron tem carga elétrica negativa ( $-1,6 \cdot 10^{-19}$  C) e que o próton tem carga elétrica positiva ( $+1,6 \cdot 10^{-19}$  C).

### Exemplo

Um corpo tem  $2 \cdot 10^{18}$  elétrons e  $4 \cdot 10^{18}$  prótons. Dado que a carga elétrica de um elétron (ou de um próton) vale, em módulo (ou seja, desconsiderando o sinal),  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C, qual é a carga elétrica total desse corpo? Essa carga total é positiva ou negativa?

Inicialmente, deve-se calcular quantos prótons a mais do que elétrons há nesse corpo. Para isso, você pode fazer a subtração  $4 \cdot 10^{18} - 2 \cdot 10^{18} = (4 - 2) \cdot 10^{18}$  e descobrir que há  $2 \cdot 10^{18}$  prótons a mais. Depois, utilizando uma regra de três, calcule a carga elétrica total desse corpo, ou seja:

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ próton} \text{ ————— } 1,6 \cdot 10^{-19} \\ 2 \cdot 10^{18} \text{ prótons} \text{ ————— } x \end{array} \right\} \begin{array}{l} x = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^{18} \\ \Rightarrow x = (1,6 \cdot 2 \cdot (10^{-19} \cdot 10^{18})) = 3,2 \cdot 10^{-1} \text{ C} \end{array}$$

Como há mais prótons do que elétrons, a carga total é positiva. Aliás, uma carga enorme!

## ATIVIDADE 1 Quanta carga elétrica

Um cabo elétrico apresenta carga elétrica negativa de  $-3,2 \cdot 10^{-15}$  C. Esse objeto está com mais elétrons ou menos elétrons em relação ao número de prótons? Calcule a diferença entre o número de prótons e de elétrons nesse cabo.

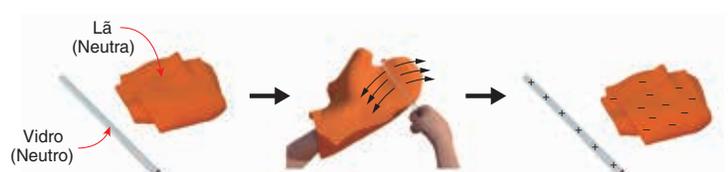


### Como eletrizar um corpo

Eletrizar um corpo é um processo que o faz passar de eletricamente neutro para eletrizado. Como os elétrons estão na parte mais externa dos átomos, para eletrizar um corpo, é necessário remover ou adicionar elétrons a ele, pois são os elétrons que podem se movimentar livremente entre dois ou mais corpos e, assim, eletrizá-los, carregando a carga elétrica de um para o outro. A eletrização pode ocorrer de três formas: por **atrito**, **contato** ou **indução**.

### Eletrização por atrito

A eletrização por atrito ocorre quando objetos feitos com materiais distintos são atritados, ou seja, esfregados um contra o outro. Durante o atrito ocorre a transferência de elétrons de um objeto para o outro. Nesse processo, o corpo que perde elétrons fica eletrizado positivamente, e aquele que ganha elétrons fica eletrizado negativamente.



Quando dois materiais são eletrizados por atrito, eles adquirem cargas de sinal contrário, porém de mesmo valor. No exemplo da figura acima, os elétrons passam do vidro para a lã. Então o vidro, que perde elétrons, fica com carga elétrica positiva, e a lã, que recebe elétrons, fica com carga elétrica negativa.

Em ambientes muito secos, é comum perceber esse tipo de eletrização. É o que acontece, por exemplo, em escorregadores e outros brinquedos de plástico em

praças e em parquinhos. O próprio atrito do ar contra um corpo pode eletrizá-lo, como acontece com automóveis em movimento ou em dias de muito vento seco e em ambientes com ar-condicionado.

### Exemplo

Ao atritar um bastão de vidro com um pedaço de lã, observou-se que o bastão ficou com uma carga de  $3 \mu\text{C}$ . Com que carga ficou o pedaço de lã?

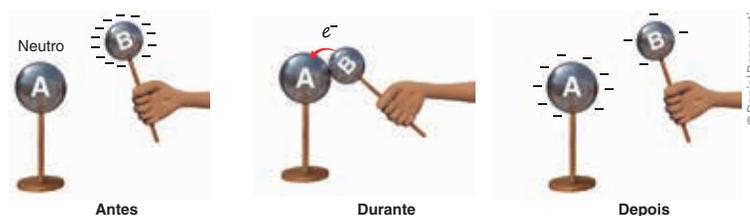
Como o vidro ficou com carga positiva, ele perdeu elétrons, os quais foram para a lã, que, por sua vez, ficou com carga elétrica negativa, com o mesmo valor da carga do bastão, ou seja, a carga elétrica do pedaço de lã tornou-se  $-3 \mu\text{C}$ .

## ATIVIDADE 2 Eletrização por atrito

Uma barra de plástico foi atritada com um pedaço de lã e adquiriu uma carga elétrica de  $-4 \mu\text{C}$ . Qual foi a carga com que ficou o pedaço de lã? Justifique.

### Eletrização por contato

Quando um corpo eletrizado é colocado em contato com outro corpo inicialmente descarregado e feito de material condutor elétrico, ocorre uma transferência de elétrons do corpo eletrizado para o corpo neutro e, como consequência, o corpo neutro torna-se eletrizado. Em uma situação como essa, de eletrização por contato, os corpos sempre se eletrizam com cargas de mesmo sinal.



Devido à repulsão elétrica, na eletrização por contato, as cargas excedentes de um objeto migram para o corpo neutro. Por isso, na eletrização por contato, os corpos ficam com cargas elétricas de mesmo sinal.

## CONDUTORES E ISOLANTES

A repulsão elétrica entre cargas de mesmo sinal faz elétrons ou prótons em excesso se espalharem sobre a superfície de um corpo. Entretanto, dependendo do material de que este corpo é feito, os elétrons podem permanecer próximos ou se espalharem. Essa propriedade distingue os materiais condutores dos materiais isolantes elétricos. Chamam-se **condutores elétricos** os materiais nos quais a movimentação das cargas elétricas ocorre livremente. Metais, água salgada, grafite e o próprio corpo humano são exemplos de condutores elétricos. Por outro lado, borracha, madeira, plástico, ar, água pura e vidro, entre outros, são exemplos de **isolantes elétricos (também chamados de materiais dielétricos)**, pois neles as cargas elétricas não podem se mover com facilidade.

Ao longo do século passado foram identificadas duas novas categorias de materiais: os **semicondutores**, cristais de condutividade elétrica que dependem da exposição à luz e têm larga aplicação na indústria de informática; e os **supercondutores**, materiais que praticamente não oferecem resistência ao movimento das partículas carregadas de eletricidade, que podem, então, se movimentar livremente. Com esses materiais será possível construir computadores muito mais rápidos e potentes, além de trens também muito mais rápidos.

Um fenômeno bastante comum, muito apresentado em museus de Ciências, ocorre quando uma pessoa fica isolada do chão (sobre um banco de madeira, por exemplo) e encosta as mãos em uma bola metálica eletrizada. As cargas elétricas livres que estão na bola passam para a pessoa, que está sendo eletrizada por contato. Aos poucos, devido à repulsão elétrica, os fios de seus cabelos começam a levantar e a se afastarem uns dos outros, como mostra a imagem ao lado.



© Dieter Melhorn/Alamy/Glow Images

### Exemplo

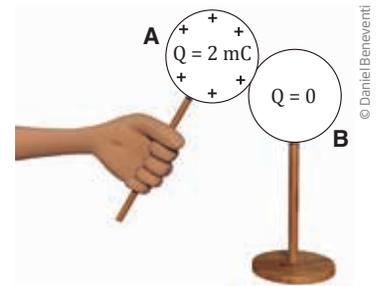
No contato entre um corpo de material condutor elétrico A, eletrizado positivamente, e outro corpo B, inicialmente neutro, haverá troca de:

- a) prótons de A para B.
- b) elétrons de A para B.
- c) elétrons de B para A.
- d) prótons de B para A.
- e) elétrons de A para B e de B para A.

Como as partículas carregadas que se movimentam entre dois ou mais corpos são apenas os elétrons (e não os prótons), os elétrons do corpo neutro se movimentarão deste (corpo B) para o outro (corpo A). Então, o corpo neutro ficará carregado positivamente, e o corpo A, que já estava eletrizado positivamente, continuará assim, porém com uma quantidade de carga menor; portanto, a alternativa correta é a c.

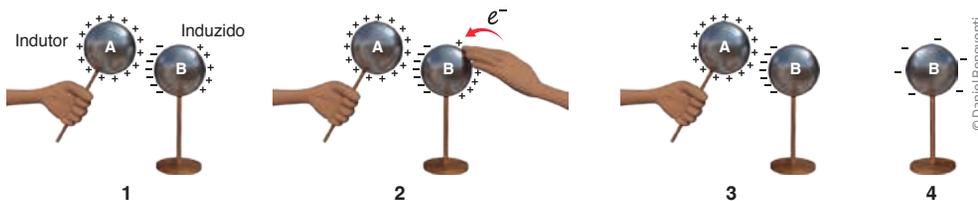
## ATIVIDADE 3 Eletrização por contato

Uma esfera condutora A tem carga elétrica (representada pela letra “Q”) igual a 2 mC e é colocada em contato com outra esfera idêntica B, mas inicialmente neutra, como mostra a figura ao lado. Após o contato, qual será a carga elétrica da esfera B? Justifique.



## Eletrização por indução

A eletrização por indução pode ocorrer mais facilmente em objetos feitos de material que seja condutor elétrico. No processo de eletrização por indução não há contato entre os objetos: um corpo B é eletrizado apenas pela aproximação de outro corpo A previamente eletrizado, sem que haja contato entre eles. Com a aproximação do corpo eletrizado (A), as cargas elétricas do outro corpo (B) vão se separar: próximas ao objeto indutor (que já está carregado) vão se concentrar as cargas elétricas de sinal contrário à carga de A, que serão atraídas pelo indutor. Do lado oposto do corpo B vão se concentrar as cargas com o mesmo sinal de A, que serão repelidas pelo indutor, conforme mostra o exemplo na figura a seguir. Com isso, enquanto o corpo carregado estiver próximo, o corpo induzido (B) ficará polarizado, ou seja, com cargas diferentes em cada um de seus lados; mas se for encostado nele outro objeto condutor, que vai “retirar” essas cargas, deixando o corpo B com carga de sinal contrário à do corpo A, então ele ficará carregado eletricamente.



Na eletrização por indução, um corpo carregado eletricamente (indutor) é aproximado de outro corpo neutro. Devido à atração elétrica, as cargas migram para um lado do objeto neutro, deixando-o polarizado (1). Para deixá-lo carregado, basta retirar uma parte das cargas, tocando o objeto (2). Afastando o objeto indutor, o corpo inicialmente neutro permanece carregado (3 e 4).

## Exemplo

Depois de pentear os cabelos com um pente de plástico, alguém percebe que, ao aproximá-lo de pequenos pedaços de papel que estavam sobre a pia, eles foram atraídos pelo pente, mas que, logo em seguida, os papeizinhos caíram na pia. Qual é a explicação para esse fenômeno?

Ao atritar o pente nos cabelos, ocorre a eletrização por atrito, e o pente (assim como os cabelos) fica eletricamente carregado. Em seguida, quando se aproxima o pente dos pedacinhos de papel, eles ficam polarizados pela indução eletrostática, e as cargas de sinal oposto às do pente se deslocam para mais perto dele, o que gera uma força de atração elétrica entre os corpos. Essa força supera o peso dos pedacinhos de papel e faz o pente atraí-los.

## ATIVIDADE 4 Eletrização por indução

Um bastão de vidro, eletrizado negativamente, foi aproximado de um pêndulo, constituído de um fio de náilon e de uma esfera metálica oca muito leve, com carga inicialmente neutra, como mostra a figura abaixo. Verificou-se que o bastão atraiu a esfera na extremidade do pêndulo. Analise cada uma das frases a seguir e assinale a alternativa correta.

I. Houve indução eletrostática.

II. A esfera pendular tornou-se eletrizada positivamente.

III. Devido à indução eletrostática na esfera pendular, apareceram, no seu lado esquerdo (próximo ao bastão), cargas positivas e, no lado direito (afastado do bastão), cargas negativas.

IV. A interação eletrostática entre as cargas indutoras e as induzidas fez surgir uma força de atração.

São verdadeiras apenas as frases:

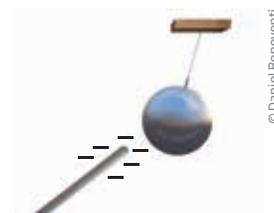
a) I e II.

b) II e III.

c) I e IV.

d) I, III e IV.

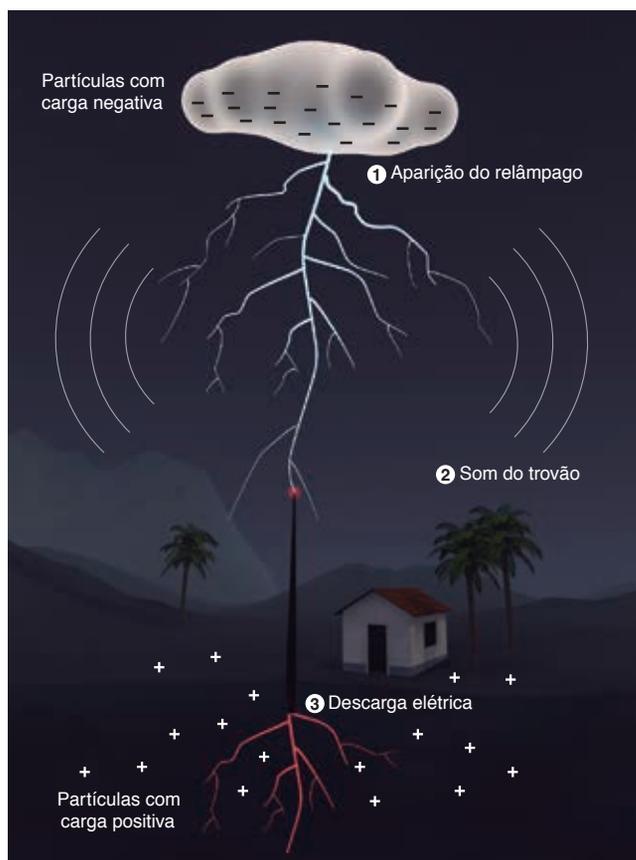
e) III e IV.





## Raios e para-raios

Em dias de tempestade, o atrito entre o vento e as nuvens, e entre as próprias nuvens, faz com que elas fiquem eletrizadas (por atrito). Uma vez eletrizadas, as nuvens induzem carga contrária na superfície da Terra. Essas cargas vão se acumulando até que ocorra uma descarga de elétrons entre as nuvens e o solo; esse fenômeno recebe o nome de **raio**. Veja na figura a seguir como os raios se formam.



### Como se formam

O raio é uma descarga elétrica que ocorre, geralmente, durante uma tempestade, entre partículas com cargas negativas (de nuvens) e positivas (no solo).

- 1** O aquecimento do ar, provocado por esse fenômeno, gera um clarão, conhecido como relâmpago.
- 2** O deslocamento do ar, causado pelo aquecimento, gera uma onda sonora, conhecida como trovão.
- 3** O para-raios atrai a descarga elétrica e a conduz para o solo, onde não provoca estragos.

### Distância

#### ↑ Aparição do relâmpago

$$\text{segundos} \div 3 = \text{km percorrido}$$

#### ↓ e o som do trovão

Para saber a que distância caiu um raio, você pode contar os segundos entre a aparição do relâmpago e o som do trovão. Isso se justifica porque o som viaja a uma velocidade média de um quilômetro a cada três segundos (340 m/s).

© Daniel Beneventi

O para-raios utiliza o poder das pontas para atrair e direcionar o raio, o que evita alguns problemas.



### ASSISTA!

#### Física – Volume 3

*Eletrização: que raio é isso?*

O vídeo discute o que é eletricidade e algumas aplicações simples. Inicia apresentando o modelo científico para a estrutura da matéria, que seria constituída por átomos, e os métodos de eletrização de objetos (atrito, contato e indução). Em seguida, discute algumas aplicações da eletricidade estática, como a produção de fotocópias e a pintura de automóveis. Finalmente, explica o que são os raios observados durante as tempestades e a importância dos para-raios.



## Outras formas de eletrização

Além das formas tradicionais de eletrização, existem mais algumas que foram descobertas recentemente: é possível eletrizar materiais por **aquecimento** ou por **pressão**.

### Eletrização por aquecimento

Certos materiais ficam polarizados ao serem aquecidos, produzindo uma corrente elétrica. Esse fenômeno é chamado de **efeito piroelétrico**, e é mais comum em cristais, como a turmalina. É muito utilizado na produção de detectores de incêndio.

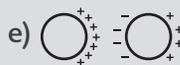
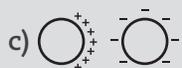
### Eletrização por pressão

Outros materiais polarizam-se ao serem comprimidos, tensionados ou impactados, de forma a produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno é chamado de **efeito piezoelétrico**. É também mais comum em cristais, como a calcita e o quartzo, e é muito utilizado na produção de telas sensíveis ao toque, como em aparelhos celulares e em caixas de autoatendimento para bancos, ou ainda em equipamentos mais simples, como acendedores de fogão.



### DESAFIO

**1** A superfície de uma esfera isolante é carregada com carga elétrica positiva, concentrada em um dos seus hemisférios. Uma esfera condutora descarregada é, então, aproximada da esfera isolante. Assinale, entre as alternativas abaixo, o esquema que melhor representa a distribuição final de cargas nas duas esferas.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2000. Disponível em: <<http://www.cneonline.com.br/exames-educacionais/vestibular/provas/rs/ufrgs/2000/fase-unica/ufrgs-2000-0-prova-completa-c-gabarito>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

**2** Durante as tempestades, normalmente ocorrem nuvens carregadas de eletricidade. Uma nuvem está eletrizada quando tem carga elétrica resultante, o que significa excesso ou falta de \_\_\_\_\_, em consequência de \_\_\_\_\_ entre camadas da atmosfera. O para-raios é um metal em forma de ponta, em contato com o solo, que \_\_\_\_\_ a descarga da nuvem para o ar e deste para o solo.

- a) energia choque facilita
- b) carga atrito dificulta
- c) elétrons atração facilita

- d) elétrons atrito facilita
- e) prótons atrito dificulta

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), 1999, 2º semestre. Disponível em: <[http://www.fisica.net/vestibular/provas/pucrs/pucrs\\_fisica\\_1999-2.pdf](http://www.fisica.net/vestibular/provas/pucrs/pucrs_fisica_1999-2.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2014.



Retome o texto *Raios e para-raios* (p. 18) e a ação dos para-raios e reflita sobre os perigos de ficar de pé ou se esconder sob uma árvore numa tempestade com raios. Será que, nessa situação, é melhor deitar no chão ou ficar em pé?

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Quanta carga elétrica

Como a carga elétrica é negativa, o cabo tem mais elétrons do que prótons, ou seja, tem excesso de elétrons.

Para determinar quantos elétrons a mais o cabo tem, basta fazer uma regra de três:

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ próton} \text{ ————— } -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ x \text{ ————— } -3,2 \cdot 10^{-15} \text{ C} \end{array} \right\} -1,6 \cdot 10^{-19} \cdot x = -3,2 \cdot 10^{-15} \Rightarrow x = \left( \frac{-3,2}{-1,6} \right) \cdot \left( \frac{10^{-15}}{10^{-19}} \right) = 2 \cdot 10^4$$

Portanto, o cabo tem  $2 \cdot 10^4$  elétrons a mais do que prótons.

### Atividade 2 - Eletrização por atrito

A barra de plástico recebeu elétrons que vieram da lã, então a lã perdeu elétrons e ficou com carga elétrica de  $+4 \mu\text{C}$ .

### Atividade 3 - Eletrização por contato

Após o contato, a carga elétrica será distribuída de modo uniforme entre os dois corpos (pois são idênticos). Portanto, cada um deles ficará com carga de  $1 \text{ mC}$ .

### Atividade 4 - Eletrização por indução

Alternativa correta: **d**. Na indução, se não há um aterramento do corpo induzido, ou seja, se não há um fio metálico que o liga ao solo, ele não se carrega eletricamente, apenas se polariza, de forma que as cargas negativas no bastão de vidro repeliram as cargas negativas da esfera para a extremidade oposta. Portanto, a afirmação II está errada.

### Desafio

**1** Alternativa correta: **e**. A esfera isolante, carregada positivamente em seu lado direito, vai induzir cargas na esfera neutra, polarizando-a. Desta forma, as cargas negativas, atraídas pelas cargas positivas da esfera que se aproxima, vão se concentrar do lado esquerdo da esfera condutora, enquanto as cargas positivas serão repelidas para o outro lado.

**2** Alternativa correta: **d**. Eletrizar um corpo é um processo que faz com que ele passe de eletricamente neutro para eletrizado. Como os elétrons estão na parte mais externa dos átomos, para eletrizar um corpo, é necessário remover ou adicionar elétrons a ele, pois são os elétrons que podem se movimentar livremente entre dois ou mais corpos e, assim, eletrizá-los, carregando a carga elétrica de um para o outro. Uma forma de eletrizar objetos (no caso, a nuvem) é por atrito, quando elétrons são arrancados de um corpo, que fica positivo, e transferidos para outro, que fica negativo. O para-raios, sendo metálico, é condutor de eletricidade, o que possibilita ou facilita a passagem da corrente elétrica que se estabelece entre a nuvem e o solo.



Os elétrons são partículas eletricamente carregadas que estão em constante movimento nos átomos e na matéria em geral. Quando esse movimento é organizado e os elétrons passam a se mover de forma ordenada, é gerada uma corrente elétrica. Neste tema, você vai estudar como é possível organizar o movimento dos elétrons e como esse movimento pode ser utilizado para produzir outros efeitos na matéria.

## O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A imagem ao lado mostra uma luminária iluminando uma parte da mesa.

- De onde vem a energia para fazer a luminária funcionar?
- Por que é necessário ligar a luminária na tomada?
- Por que as tomadas podem ter dois ou três pinos?
- Por que os aparelhos elétricos esquentam depois de algum tempo ligados?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---

---

---

---

---

---

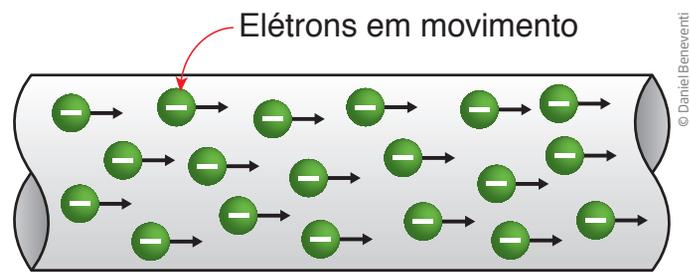


© Image Broker/Alamy/Glow Images

## A corrente elétrica

Como você viu, os elétrons estão em constante movimento na matéria: em torno dos átomos, das moléculas ou mesmo na estrutura que compõe o material. Esse movimento é, em geral, desordenado e caótico.

Quando a ação de um campo elétrico faz com que esses elétrons passem a se mover de maneira ordenada, indo coletivamente de um ponto a outro do espaço, gera-se uma corrente elétrica. Ou seja, é chamado de **corrente elétrica** o **movimento ordenado** de um número significativo de partículas eletricamente carregadas.



Representação fora de escala. Cores fantasia.

A corrente elétrica é o movimento ordenado de partículas eletricamente carregadas. No caso da eletricidade doméstica e dos metais, são os elétrons (cargas negativas) que se movimentam pela estrutura da matéria, produzindo uma corrente elétrica.

## Efeitos da corrente elétrica

Uma vez estabelecida uma corrente elétrica que passa por um objeto, vários efeitos podem acontecer:

- **efeito térmico:** a passagem da corrente elétrica por fios, cabos e outros objetos faz que eles se aqueçam;
- **efeito magnético:** cargas elétricas em movimento geram campos magnéticos, como se observa nos eletroímãs e em sistemas de armazenamento de dados, como fitas magnéticas, DVDs, HDs etc.;
- **efeito luminoso:** quando uma corrente elétrica atravessa um gás, pode ocorrer a emissão de luz, como em raios, lâmpadas fluorescentes, TVs de plasma etc. É importante apontar também que o superaquecimento de um condutor produz luz, como acontece em lâmpadas incandescentes;
- **efeito químico:** ao atravessar uma solução eletrolítica, a corrente elétrica pode desencadear reações químicas. É o que acontece nos processos de revestimento de um metal com outro, como na cromação, douração etc.;
- **efeito fisiológico:** ao atravessar um organismo vivo, além dos efeitos térmico e químico, a corrente elétrica também atua sobre os sistemas muscular e nervoso, podendo causar graves danos, inclusive a morte.



Para evitar choque elétrico, antes de realizar qualquer trabalho ou atividade que envolva energia elétrica e circuitos elétricos, é fundamental desligar a corrente elétrica.

## ATIVIDADE 1 Tomando banho

Imagine uma pessoa tomando banho, como mostrado na figura ao lado. Quais efeitos da corrente elétrica você pode relacionar a essa situação?

---



---



---



---



---



© Daniel Benevisti

### Intensidade de corrente elétrica

A intensidade de corrente elétrica ( $i$ ) mede a quantidade de carga elétrica ( $q$ ) que atravessa uma superfície em dado intervalo de tempo. Formalmente é expressa como:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$i$ : intensidade de corrente elétrica;  
 $\Delta q$ : quantidade de carga elétrica que atravessa uma superfície;  
 $\Delta t$ : intervalo de tempo considerado.

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a corrente elétrica é medida em ampère (A). Assim, uma corrente elétrica de 1 ampère representa uma carga elétrica de 1 coulomb passando por uma dada superfície em 1 segundo (s). Como 1 C corresponde a uma carga elétrica bastante elevada, 1 A é uma intensidade de corrente relativamente alta. Por isso, são utilizadas suas subunidades, como o miliampère (mA) e o microampère ( $\mu\text{A}$ ).

#### Exemplo

Um fluxo constante de 100 trilhões de elétrons atravessa uma superfície em um intervalo de tempo de 5 s. Qual é a carga elétrica total que atravessa essa superfície? Qual é a intensidade de corrente elétrica que se estabelece?

Lembrando que 100 trilhões de elétrons são 100.000.000.000.000 de elétrons, ou seja,  $10^{14}$  elétrons, e que cada elétron tem carga de  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C, pode-se fazer uma regra de três:

$$\begin{array}{l}
 1 \text{ elétron} \text{ — } 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\
 10^{14} \text{ elétrons} \text{ — } x
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1 \text{ elétron} \\ 10^{14} \text{ elétrons} \end{array}} \right\}
 \begin{array}{l}
 x = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{14} \Rightarrow \\
 \Rightarrow x = 1,6 \cdot (10^{-19} \cdot 10^{14}) = 1,6 \cdot 10^{-5} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ C} = 16 \mu\text{C}
 \end{array}$$

Então, a intensidade de corrente elétrica será de  $\frac{16}{5} = 3,2 \mu\text{A}$ .

## ATIVIDADE 2 Comparando intensidades

1 Consulte o quadro a seguir e faça as conversões de unidade solicitadas.

Nome	Símbolo	Valor em A
Ampère	A	1
Deciampère	dA	$10^{-1}$
Centiampère	cA	$10^{-2}$
Miliampère	mA	$10^{-3}$
Microampère	$\mu\text{A}$	$10^{-6}$
Nanoampère	nA	$10^{-9}$
Picoampère	pA	$10^{-12}$

a)  $1 \text{ A} = \text{_____ mA}$

b)  $1 \text{ mA} = \text{_____ A}$

c)  $200 \text{ mA} = \text{_____ A}$

d)  $37 \text{ mA} = \text{_____ } \mu\text{A}$

e)  $250 \text{ nA} = \text{_____ } \mu\text{A}$

2 Qual corrente elétrica é mais intensa: uma corrente de 4 mA ou uma de  $400 \mu\text{A}$ ? Justifique.

---

---

---

3 Durante um intervalo de tempo de 2 s, uma corrente elétrica que atravessa uma superfície carrega uma carga total de 300 mC. Qual é a intensidade dessa corrente elétrica?



## Diferença de potencial (ddp) ou tensão elétrica

Para organizar o movimento dos elétrons é necessário aplicar uma força e realizar trabalho sobre eles. Essa força tem origem na própria carga elétrica, afinal, toda carga é capaz de produzir uma força sobre outra carga que esteja suficientemente próxima, seja uma força de atração ou uma força de repulsão.

Como a intensidade dessa força varia de um ponto para outro do espaço (quanto mais longe as cargas estiverem uma da outra, menor a intensidade da força), existe uma diferença de valores entre a força aplicada a uma mesma carga elétrica quando ela está próxima e quando ela está distante de outra carga. Pode-se dizer, então, que ela produz uma diferença de potencial (ddp), também chamada de tensão elétrica ou voltagem (representada pela letra  $U$ ).



Sendo assim, a **diferença de potencial mede a tendência que uma carga tem de ir de um ponto a outro do espaço sob a influência da força elétrica.**

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a ddp é medida em volts ( $V$ ). Em casas e comércios em geral, utiliza-se ddp de 110 V ( $U = 110 V$ ) ou 220 V ( $U = 220 V$ ). Nas pilhas mais comuns, essa ddp é de 1,5 V ( $U = 1,5 V$ ); já nas baterias de carro é de 12 V ( $U = 12 V$ ).

### SABENDO USAR

A maioria dos eletrodomésticos só funciona bem quando ligados a uma determinada tensão elétrica. Por isso, antes de ligar qualquer aparelho, é fundamental verificar para qual tensão elétrica ele foi projetado. Todo eletrodoméstico tem impressas as especificações técnicas, como a tensão ideal na qual o aparelho deve ser ligado (110 V ou 220 V) e a corrente elétrica que ele suporta e utiliza.



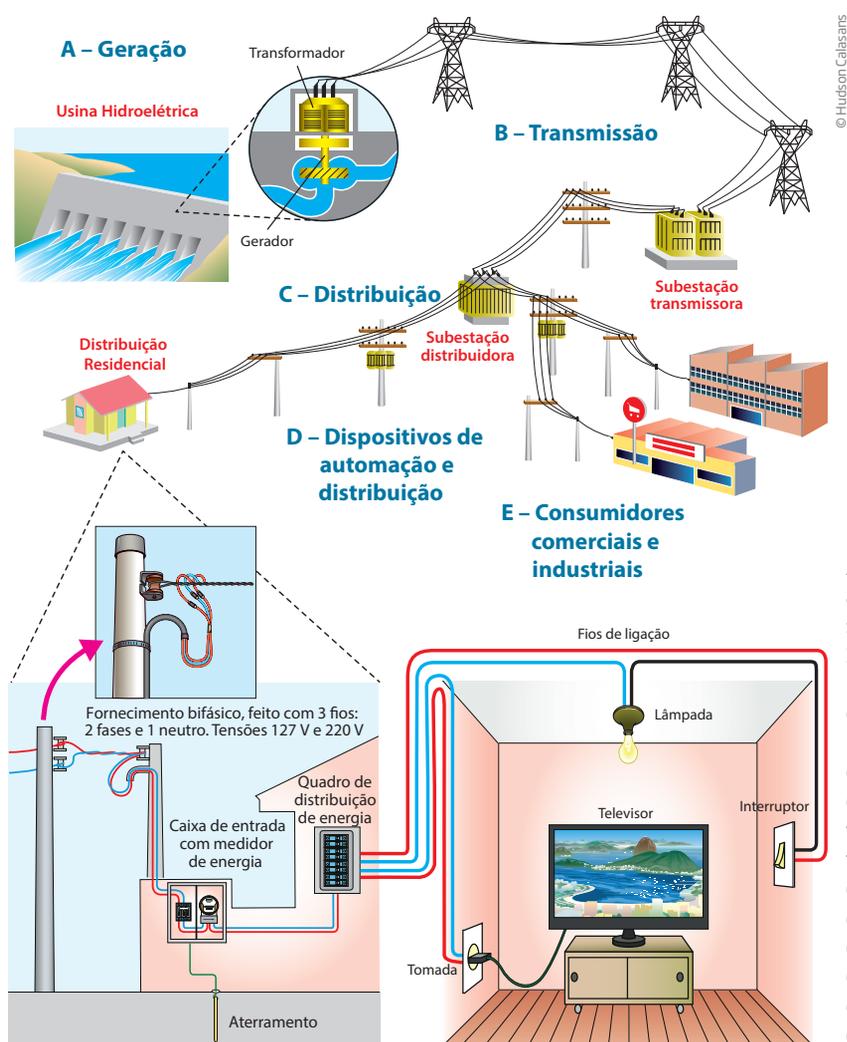
## Instalação elétrica residencial

Uma vez que a energia elétrica está disponível na rede de transmissão próxima às residências, ela pode ser levada para as casas. Para isso, utilizam-se fios de cobre que ligam a residência à rede elétrica local. É possível fazer a ligação com dois ou três fios: um deles necessariamente é o neutro, que não está ligado a uma ddp; os outros dois vêm da linha de 110 V (na verdade, são 127 V, mas é comum dizer 110 V, que corresponde a uma tensão média). Para uma ligação de 110 V,

utiliza-se um fio neutro e outro de 110 V, e, para uma ligação de 220 V, utilizam-se os dois fios de 110 V.

Usam-se disjuntores para evitar danos aos aparelhos e minimizar as possibilidades de sobrecarga da rede elétrica residencial. Eles são dispositivos que se desligam automaticamente quando a corrente elétrica é superior a determinado valor. A escolha do disjuntor depende do calibre do fio, que, por sua vez, é escolhido de acordo com a potência do aparelho que alimentará.

Além disso, uma boa instalação elétrica deve ter um sistema de aterramento. Esse sistema nada mais é do que outro fio que percorre a casa e está ligado diretamente ao solo através de uma barra de cobre enterrada nela. Daí o nome aterramento. Esse sistema leva qualquer excesso de carga elétrica que apareça na instalação elétrica para o solo, onde é disperso, minimizando a possibilidade de ocorrência de choques e descargas elétricas na residência. Por isso, as tomadas têm três pinos: um para o fio terra, e outros dois que se ligam ao 110 V e/ou ao neutro.



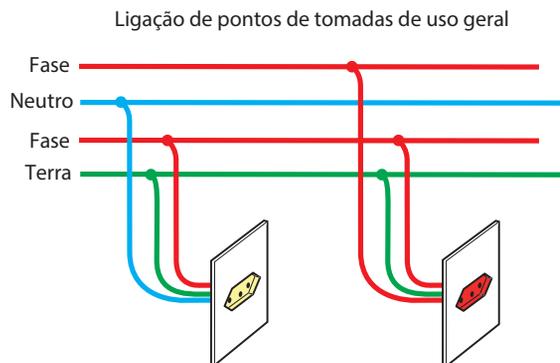
© Hudson Calasans

A energia elétrica gerada nas usinas é levada até as casas por meio de linhas de transmissão (A). Nelas, a tensão elétrica varia entre 10 mil e 15 mil volts. Depois, ela passa por uma estação de transmissão, onde a ddp é elevada a até 500 mil volts e transmitida por longas distâncias, até chegar a uma subestação de distribuição, onde a ddp cai para algo em torno de 10 mil volts. Somente então ela vai para os consumidores primários (indústrias e comércio) ou para os consumidores secundários (residências), sendo mais uma vez diminuída até alcançar a tensão elétrica de consumo (B, C, D). Nas residências, a energia elétrica passa por um quadro de força, onde estão os disjuntores, e é distribuída por fios e cabos elétricos pelos diversos ambientes (E).

## ATIVIDADE 3 Tensão elétrica

A figura ao lado mostra uma parte de uma instalação elétrica residencial. Os fios vermelhos (fase) estão ligados aos cabos cuja tensão é de 110 V. O fio azul é o ponto neutro (tensão elétrica zero), e o verde é o fio terra.

Qual é a tensão elétrica na tomada amarela e na tomada vermelha? Justifique.



© Hudson Calasans

## ATIVIDADE 4 Gato na rede

Leia o texto a seguir e depois responda ao que se pede.

<http://www.diariosp.com.br/noticia/detalhe/54138/tropa-de-choque-da-eletropaulo-faz-gato-miar>

DIÁRIO DE SP



20/07/2013 07:03

### Tropa de choque da Eletropaulo faz gato miar

*Companhia flagra média de 390 ligações clandestinas por dia na rede elétrica.  
Há risco de incêndio*

**Por: Adriana Chaves / Especial para o DIÁRIO**

As ligações clandestinas de serviços como energia elétrica, os chamados “gatos”, não são um problema apenas para as empresas, que deixam de receber pelo serviço prestado. Fazer fiações irregulares é crime, pode provocar incêndios e outros acidentes graves e até levar à morte.

Para tentar reverter o quadro, a AES Eletropaulo desenvolve para pessoas de baixa renda, desde 2004, o programa de regularização Transformando Consumidores em Clientes, que já beneficiou dois milhões de usuários nos 24 municípios atendidos pela companhia.



© Alexandre Moreira/ Diário SP/O Globo

Conjunto residencial no Grajaú já teve os “gatos” de energia retirados da rede.

Neste ano, até 11 de julho, houve 75.085 regularizações, o que equivale a mais de 390 flagrantes de “gato” por dia em São Paulo e no ABC. Até 2016, a meta é chegar a mais 175 mil medidores e acabar com todas as ligações ilegais. Desde 2004, mais de R\$ 400 milhões foram investidos nesse programa.

**Liderança/** O programa é dividido em etapas, mas o ponto crucial para iniciá-lo é fazer contato com a liderança comunitária para desenvolver a conscientização. Em seguida, é feito o cadastramento.

“Os cadastrados com renda *per capita* de até meio salário mínimo têm direito à tarifa social, que dá desconto de 30% na conta”, disse o coordenador de Eficiência Energética e Regularização de Ligações Informais, Moisés Correia de Oliveira.

O Conjunto Residencial Casa Blanca, no Grajaú (Zona Sul), por exemplo, já passou por essa fase. Os clientes foram cadastrados e a execução de obras começou com instalação de postes e geradores.

Com a regularização concluída, o novo cliente tem seis meses para se adaptar. Nesse período, receberá a informação do gasto real em sua conta, mas não serão cobrados valores acima de 150 kWh/mês.

“Mesmo que o gasto seja de 1.000 kWh/mês, a pessoa pagará até 150 kWh/mês. Se o gasto continuar alto, um técnico vai orientar o consumidor.”

Segundo o presidente da associação de moradores do conjunto, Giovaneli José Monteiro de Macedo, 90% dos moradores aprovaram a regularização. “A maioria não quer clandestinidade. Temos dois casos de pessoas que dependem de aparelhos para respirar e precisam correr quando falta luz.” [...]

Diário de S. Paulo, 20 jul. 2013, 07h03. Disponível em: <<http://www.diariosp.com.br/noticia/detalhe/54138/tropa-de-choque-da-eletropaulo-faz-gato-miar>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

**1** Que prejuízos podem ser causados pela instalação de “gatos” na rede elétrica?

---

---

---

---

---

**2** Pesquise na internet qual é a pena para quem faz “gato” na rede elétrica.

---

---

---

---

---

**3** O que é a tarifa social de energia elétrica? Pesquise na internet quem tem direito à tarifa social e como ter acesso a esse direito.

---



---



---



---



## Resistência elétrica

Uma tensão elétrica aplicada a um material condutor, como um fio metálico, gera uma corrente elétrica, que é o movimento ordenado dos elétrons ao longo do fio: quanto maior for a tensão, maior será a corrente elétrica. A tabela abaixo ilustra tal situação.

Tensão (U) (V)	Corrente (i) (A)	$\frac{U}{i}$
0	0	–
10	0,1	100
20	0,2	100
30	0,3	100
40	0,4	100
50	0,5	100

Com base na tabela, pode-se construir o gráfico da tensão elétrica (U) em função da corrente elétrica (i). Observe o gráfico mostrado ao lado.

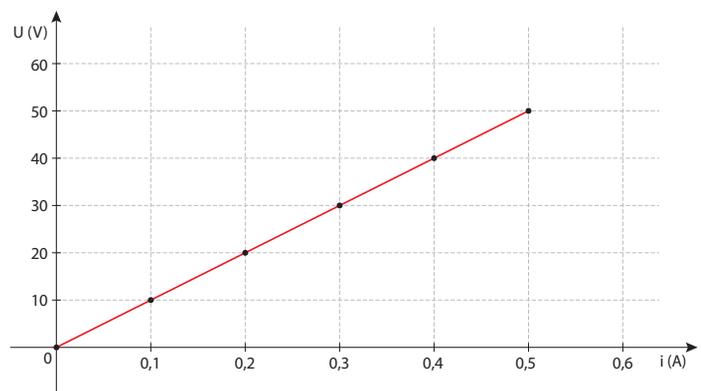
Tanto pela tabela como pelo gráfico, percebe-se que a corrente elétrica é diretamente proporcional à tensão. Em linguagem matemática, tem-se que:

$$U = R \cdot i$$

U: tensão elétrica;

R: resistência elétrica do material do fio metálico utilizado;

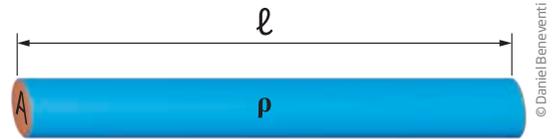
i: corrente elétrica.



No Sistema Internacional de Unidades (SI), a resistência elétrica é medida em ohm ( $\Omega$ ), que nada mais é do que V/A (volts por ampère). A resistência ( $R$ ) de um fio se expressa como:

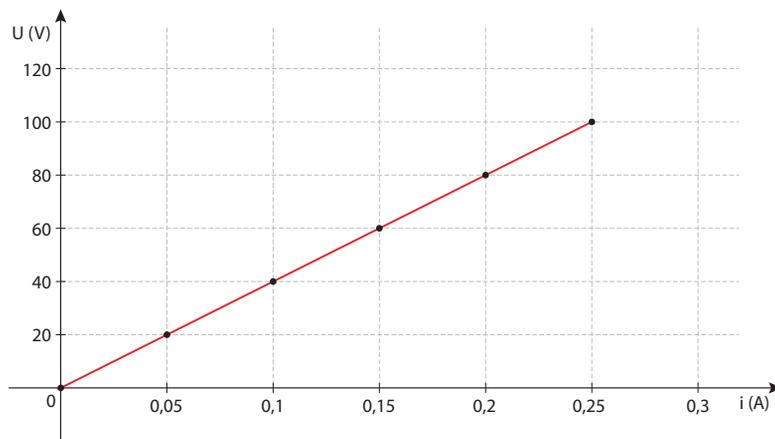
$$R = \frac{\rho \cdot \ell}{A}$$

$\rho$  (letra grega que se lê “rô”): resistividade, uma constante para cada tipo de material;  
 $\ell$ : é o comprimento do fio;  
 $A$ : é a área da secção do fio.



### Exemplo 1

O gráfico a seguir mostra a variação da tensão elétrica em função da corrente para um determinado dispositivo. Determine a sua resistência.



Como  $U = R \cdot i$ , se os valores correspondentes de  $U$  e de  $i$  forem conhecidos, será possível calcular sua resistência. Então, seleciona-se um ponto qualquer do gráfico: por exemplo, quando a tensão elétrica vale 80 V, a corrente elétrica vale 0,2 A. Então,  $80 = R \cdot 0,2$ .

$$\text{Portanto, } R = \frac{80}{0,2} = 400 \Omega.$$

### Exemplo 2

Uma torneira elétrica trabalha numa tensão de 220 V com uma corrente elétrica de 30 A. Qual é a resistência elétrica dessa torneira?

Solução: como  $U = R \cdot i$ , substituindo os valores, tem-se que  $220 = R \cdot 30$ , e a resistência  $R$  será de aproximadamente:

$$R = \frac{220}{30} = 7,3 \Omega$$

## ATIVIDADE 5 Resistência elétrica

Um aparelho elétrico tem resistência de  $5 \Omega$  e será ligado numa tensão elétrica de  $110 \text{ V}$ . Qual é a intensidade de corrente que ele consome? Ele poderia ser alimentado por uma tomada, cuja linha é protegida por uma chave disjuntora de  $20 \text{ A}$ ?

---

---

---

---

---

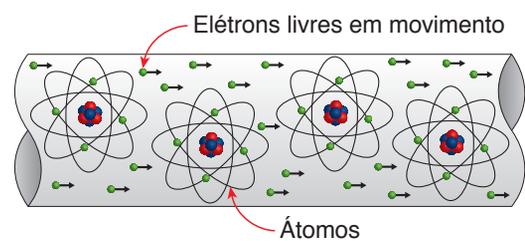
---

### De onde vem a resistência

Para entender melhor a resistência de um material, pode-se pensar que, durante seu movimento, os elétrons colidem entre si e, também, com os átomos que formam a estrutura da matéria, fazendo com que o material aqueça. É por isso que os fios e aparelhos elétricos, em geral, esquentam. Esse fenômeno pode ser observado, principalmente, em chuveiros e ferros elétricos, lâmpadas incandescentes etc. Esses aparelhos feitos para esquentar utilizam um dispositivo que transforma energia elétrica em energia térmica: o **resistor**. A resistência elétrica mede a dificuldade que os elétrons têm para se movimentar através do condutor.

A resistência elétrica é uma espécie de “coeficiente de atrito” elétrico: quanto maior a resistência, menor a mobilidade dos elétrons.

A resistência de um fio depende do material do qual ele é feito e de sua espessura (também conhecida como bitola). Quanto mais grosso for o fio (maior bitola), menor será sua resistência. Por isso, nas instalações elétricas, recomenda-se utilizar fios bem grossos para a entrada da rede elétrica na casa e para aparelhos que consomem muita energia, como chuveiros e torneiras elétricas, por exemplo. Nesses casos, a recomendação é a de usar fios mais grossos do que aqueles que podem ser utilizados para ligar lâmpadas à rede elétrica.



Representação fora de escala. Cores fantasia.

Enquanto se movimentam, os elétrons colidem uns contra os outros e com os átomos que compõem a matéria. Essas colisões fazem com que o movimento seja mais lento e transformam a energia cinética dos elétrons em calor, levando o material a se aquecer.



## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Tomando banho

Observando a figura, podem ser verificados vários efeitos da corrente elétrica: aquecimento da água (térmico), produção de som no rádio (magnético), geração de luz na lâmpada (luminoso), funcionamento do barbeador (cinética) e cromação da torneira. Como o cenário é seguro, não se notam os efeitos fisiológicos, como aqueles que resultam de choque elétrico. Além disso, na placa de especificação de um chuveiro, é possível observar se este opera com uma tensão de 110 V ou 220 V e qual sua potência (em geral, da ordem de 4.000 W a 6.000 W).

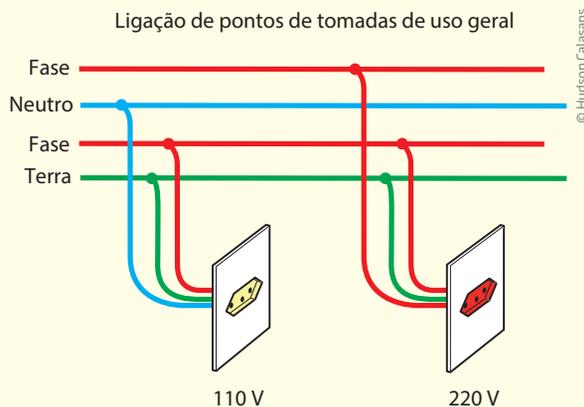
### Atividade 2 - Comparando intensidades

- 1
  - a)  $1 \text{ A} = 1.000 \text{ mA} = 10^3 \text{ mA}$
  - b)  $1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$
  - c)  $200 \text{ mA} = 0,2 \text{ A}$
  - d)  $37 \text{ mA} = 37.000 \mu\text{A}$
  - e)  $250 \text{ nA} = 0,250 \mu\text{A}$
- 2 Acertando as unidades, vê-se que uma corrente de  $400 \mu\text{A}$  equivale a  $0,4 \text{ mA}$ . Então, a corrente de  $4 \text{ mA}$  é maior.
- 3 Como  $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ , substituindo os valores:  

$$i = \frac{300 \text{ mC}}{2 \text{ s}} = \frac{150 \text{ mC}}{1 \text{ s}} = 150 \text{ mA}$$

### Atividade 3 - Tensão elétrica

Observando a figura, vê-se que, na tomada amarela, o fio azul vem do neutro ( $U = 0$ ) e o vermelho da fase ou tensão elétrica ( $U = 110 \text{ V}$ ). Como o fio terra não tem tensão, a ddp entre os terminais da tomada branca é de  $110 \text{ V}$ . Na tomada vermelha, cada fio está ligado a uma fase ( $110 \text{ V}$ ), então a ddp entre os dois terminais é de  $220 \text{ V}$ , já que o fio terra não tem tensão.



## Atividade 4 - Gato na rede

**1** Além da morte ou ferimentos graves, os “gatos” na rede elétrica causam prejuízos econômicos àqueles que pagam pela energia que está sendo desviada, e prejuízos físicos a todos aqueles que utilizam a rede elétrica, oficialmente ou não.

**2** Fazer “gato” na rede elétrica é crime previsto no artigo 155 do Código Penal. Quem comete este crime pode ser condenado a uma pena varia de um a quatro anos de reclusão, além de multa.

Sites para consulta:

<[http://conexaolight.com.br/09/light-e-policiais-da-ddsd-realizam-operacao-contrainadimplentes-que-fizeram-“gatos”-de-luz/](http://conexaolight.com.br/09/light-e-policiais-da-ddsd-realizam-operacao-contrainadimplentes-que-fizeram-gatos-de-luz/)> Acesso em: 14 jan. 2015.

<<http://www.cagepa.pb.gov.br/portal/?p=423>> Acesso em: 14 jan. 2015.

**3** Sites para consulta:

[http://www.guiadedireitos.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=809&Itemid=194](http://www.guiadedireitos.org/index.php?option=com_content&view=article&id=809&Itemid=194). Acesso em: 27 jan. 2015.

<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=739>. Acesso em: 27 jan. 2015.

Tarifa social é uma tarifa diferenciada de energia elétrica, que dá desconto na conta.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), para ter direito ao benefício da Tarifa Social de Energia Elétrica devem ser satisfeitos um dos seguintes requisitos:

I. família inscrita no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal – Cadastro Único, com renda familiar mensal *per capita* menor ou igual a meio salário mínimo nacional; ou

II. quem receba o Benefício de Prestação Continuada da Assistência Social – BPC, nos termos dos arts. 20 e 21 da Lei nº 8.742, de 7 de dezembro de 1993; ou

III. família inscrita no Cadastro Único com renda mensal de até 3 (três) salários mínimos, que tenha portador de doença ou deficiência cujo tratamento, procedimento médico ou terapêutico requeira o uso continuado de aparelhos, equipamentos ou instrumentos que, para o seu funcionamento, demandem consumo de energia elétrica.

Ainda de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), para ter acesso ao benefício, um dos integrantes da família deve solicitar à sua distribuidora de energia elétrica a classificação da unidade consumidora na subclasse residencial baixa renda, informando: nome; Número de Identificação Social – NIS ou Número do Benefício – NB; CPF e Carteira de Identidade ou, na inexistência desta, outro documento de identificação oficial com foto; e se a família é indígena ou quilombola.

## Atividade 5 - Resistência elétrica

Lembrando que  $U = R \cdot i$ , e substituindo os valores, tem-se:  $110 = 5 \cdot i$ , então  $i = \frac{110}{5} = 22$  A. Portanto, a intensidade de corrente que ele consome é 22 A. Se o aparelho fosse ligado a uma linha de força com disjuntor de 20 A, a chave desligaria para proteger a fiação, evitando o superaquecimento.



Assim como carros e motores em geral, todo aparelho elétrico tem sua potência. A potência de um aparelho elétrico é o que determina quanta energia vai consumir por unidade de tempo (ou seja, potência é fluxo de energia). Neste tema, você vai estudar o que é potência elétrica e como se determina o consumo de energia de um sistema elétrico qualquer por meio de sua potência.

## ? O QUE VOCÊ JÁ SABE?



As imagens acima mostram atividades corriqueiras, como tomar banho, secar os cabelos e passar roupa. Além delas, muitas outras atividades envolvem o uso de energia elétrica.

- Enumere, pelo menos, mais cinco atividades do seu dia a dia que envolvem o consumo de energia elétrica.
- Qual dessas atividades você imagina que consome mais energia elétrica? Justifique.
- O que pode ser feito para diminuir o consumo de energia elétrica em casa?
- Qual é a grandeza elétrica que determina o consumo de energia elétrica de um aparelho?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



## Medindo a velocidade com que a energia se transforma

Em geral, os aparelhos elétricos são dispositivos que transformam energia elétrica em outras formas de energia. A grandeza que mede a velocidade dessa transformação é a potência elétrica, ou seja, a **potência elétrica mede a velocidade com que esses aparelhos transformam energia elétrica em outras formas de energia**. Sendo assim, pode-se escrever que:

$$P_{ot} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$P_{ot}$ : potência elétrica;

$\Delta E$ : energia elétrica utilizada em um dado intervalo de tempo;

$\Delta t$ : intervalo de tempo necessário para que ocorra essa transformação de energia.

Assim como na mecânica, a potência elétrica também é medida no Sistema Internacional de Unidades (SI) em joules por segundo (J/s), que recebe o nome de watt (W). Tal qual as outras unidades de medida, o watt também tem seus múltiplos e submúltiplos, os mais comuns estão apresentados na tabela abaixo.

Unidade	Megawatt (MW)	Kilowatt (kW)	Watt (W)	Miliwatt (mW)	Microwatt ( $\mu$ W)
Quantos watts	1 milhão ( $10^6$ )	1 mil ( $10^3$ )	1	1 milésimo ( $10^{-3}$ )	1 milionésimo ( $10^{-6}$ )

## ATIVIDADE 1 Medidas elétricas

O quadro a seguir indica as especificações de uma torneira elétrica. Identifique quais são as grandezas elétricas apresentadas e quais são seus valores.

Características técnicas	
Tensão nominal	220 V
Potência nominal	5.500 W
Fiação mínima	4 mm <sup>2</sup>
Disjuntor	30 A
Pressão mínima	20 kPa (2,0 m.c.a.)
Pressão estática máx.	400 kPa (40,0 m.c.a.)
Grau de proteção	IP 24

---



---



---



---



---



---



### Produção e consumo de energia elétrica

A potência depende da energia elétrica produzida ou consumida e do intervalo de tempo envolvido. Veja as tabelas a seguir, relativas à geração elétrica.

Maiores usinas hidroelétricas brasileiras			
Usina	Localização	Capacidade	Suficiente para abastecer cidade de*
Tucuruí	Rio Tocantins	8.370 MW	16,7 milhões de habitantes
Itaipu (parte brasileira)	Rio Paraná	7.000 MW	14 milhões de habitantes
Paulo Afonso	Rio São Francisco	3.984 MW	9,6 milhões de habitantes
Ilha Solteira	Rio Paraná	3.440 MW	6,88 milhões de habitantes
Xingó	Rio São Francisco	3.162 MW	6,3 milhões de habitantes

\* Cada megawatt produzido é energia suficiente para atender o consumo de 2 mil pessoas.

Principais usinas em construção, em licitação ou em projeto			
Usina	Localização	Capacidade	Suficiente para abastecer cidade de*
Belo Monte	Rio Xingu	11.233 MW	22,5 milhões de habitantes
São Luiz do Tapajós	Rio Tapajós	7.880 MW	15,8 milhões de habitantes
Jirau	Rio Madeira	3.750 MW	7,5 milhões de habitantes
Santo Antônio	Rio Madeira	3.150 MW	6,3 milhões de habitantes
Jatobá	Rio Tapajós	2.338 MW	4,7 milhões de habitantes

\* Cada megawatt produzido é energia suficiente para atender o consumo de 2 mil pessoas.

Hidroelétricas fornecem mais de 65% da energia gerada no Brasil.

As tabelas mostram as maiores hidroelétricas do Brasil. Note que sua capacidade de produção de energia elétrica é medida em milhões de watts (megawatt - MW).

Fonte: PORTAL Brasil. *Maiores usinas hidrelétricas do país*. Disponível em: <[http://www.brasil.gov.br/old/copy\\_of\\_imagens/sobre/economia/energia/imagens/maiores-usinas-hidreletricas-do-pais/view](http://www.brasil.gov.br/old/copy_of_imagens/sobre/economia/energia/imagens/maiores-usinas-hidreletricas-do-pais/view)>. Acesso em: 14 nov. 2014.

Como  $P_{ot} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$ , também pode ser escrito na forma  $\Delta E = P_{ot} \cdot \Delta t$ . Assim, se você tiver a potência de um aparelho medida em quilowatt e o tempo de utilização em horas, basta multiplicar um valor pelo outro para descobrir quanta energia esse aparelho consumiu durante esse tempo em quilowatt-hora (kWh), que é a unidade comumente utilizada para medir o consumo residencial de energia elétrica.

### Exemplo

Ao sair de casa às 5 horas da manhã, Pedro deixou uma lâmpada de 100 W acesa e só a desligou ao retornar para casa, às 20 horas. Qual foi o consumo de energia elétrica dessa lâmpada?

Inicialmente, você deve acertar as unidades para o cálculo:

$P_{ot} = 100 \text{ W} = 0,1 \text{ kW}$  e  $\Delta t = 15 \text{ h}$  (das 5 h ao meio-dia foram 7 h, e mais 8 h do meio-dia às 20 h). Então, como  $\Delta E = P_{ot} \cdot \Delta t$ , substituindo os valores, tem-se:  $\Delta E = 0,1 \cdot 15$  e  $\Delta E = 1,5 \text{ kWh}$ .

## ATIVIDADE 2 Quanto custa?

Numa casa, observa-se que uma família apresenta o seguinte consumo de energia elétrica. Complete a última coluna da tabela a seguir e calcule o custo mensal dessa família para uma tarifa de R\$ 0,25 por kWh.

Aparelhos elétricos	Dias estimados uso/mês	Média utilização/dia	Consumo médio mensal (kWh)
Chuveiro (4.500 W)	30	30 min	
Computador (150 W)	30	8 h	
Geladeira 2 portas (360 W)	30	8 h*	
4 lâmpadas fluorescentes (11 W cada uma)	30	5 h	
6 lâmpadas incandescentes (40 W cada uma)	30	5 h	
Lavadora de roupas (500 W)	12	1 h	
Mini System (90 W)	30	8 h	
TV 29" – tubo (100 W)	30	5 h	
Ventilador (120 W)	30	5 h	
Video game (20 W)	30	5 h	

\* O tempo médio de utilização da geladeira refere-se ao período durante o qual o compressor fica ligado para manter o interior na temperatura desejada.

## Consumo de energia elétrica no Brasil

O Brasil é um país em desenvolvimento e apresenta um consumo de energia crescente. Todos os setores da economia nacional consomem energia elétrica, em diferentes escalas. O quadro a seguir apresenta o consumo energético por setor no Brasil, em 2012.



Mtep significa "milhões de toneladas equivalente de petróleo."

Fonte: BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2013 - Ano base 2012: relatório síntese. Rio de Janeiro: EPE, 2013, p. 24. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2013\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2013_Web.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2014.

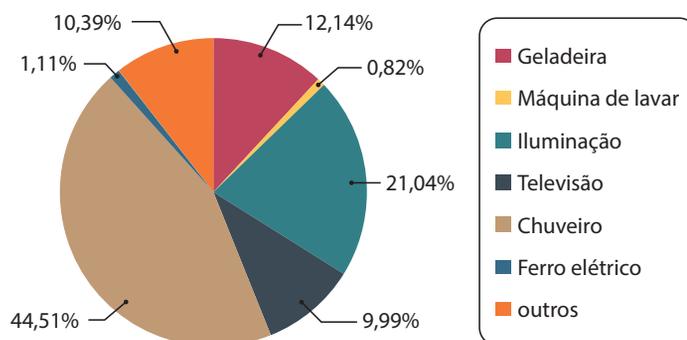
Analisando o quadro, é possível perceber que houve um aumento pouco maior do que 3% no consumo energético em 2012, em relação ao ano anterior. Também

é possível observar que indústrias e transportes são os setores que mais consomem energia, seguidos pelo setor residencial. Percebe-se, ainda, que a própria geração de energia elétrica consumiu quase 10% da energia obtida, ou seja, é impossível lançar na rede toda a energia elétrica gerada sem nenhuma perda, pois uma parte dela já é consumida durante a produção. Os setores da agropecuária e de serviços são os que menos consumiram energia.

### ATIVIDADE 3 Consumo de energia elétrica residencial

O gráfico ao lado mostra uma estimativa de consumo por eletrodomésticos de acordo com o uso hipotético de uma residência com consumo mensal médio de 220 kWh/mês.

De acordo com as informações do gráfico, responda:



Fonte: COPEL. Uso eficiente de energia na sua casa. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F0%2F9C83B5131AF54B1B032573EC005D8B0D>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

**1** Quais são os aparelhos que mais consomem energia numa casa? E quais são os aparelhos que menos consomem?

---



---



---



---

**2** Compare suas respostas com os resultados da Atividade 2 (p. 40-41). Os resultados são compatíveis? Justifique.

---



---



---



---

### ATIVIDADE 4 Economizando energia elétrica

Leia o texto a seguir, do site da Companhia Paranaense de Energia (Copel), e responda ao que se pede.

## [...] Como evitar desperdícios

*Sugestões para usar melhor os eletrodomésticos sem desperdiçar energia elétrica:*

### Geladeira

Não abra a porta sem necessidade ou por tempo prolongado.

Coloque e retire os alimentos e bebidas de uma só vez.

Evite guardar alimentos ou líquidos quentes na geladeira.

Não forre as prateleiras da geladeira com plásticos ou vidros.

Evite a formação de uma camada muito espessa de gelo, faça o degelo periodicamente.

No inverno, diminua a regulação da temperatura.

Mantenha limpa a parte traseira, evitando utilizá-la para secar panos, roupas etc.

Verifique se as borrachas de vedação das portas estão em bom estado.

Faça assim:

1. Feche a porta da geladeira prendendo uma folha de papel e tente retirá-la\*.
2. Se ela deslizar e sair facilmente é sinal que as borrachas não estão vedando corretamente. Neste caso, troque as borrachas em uma oficina de qualidade.

\* Repita esse teste em toda a volta da porta.

### Chuveiro elétrico

Evite banhos quentes demorados.

Utilize a posição “inverno” somente nos dias frios. A chave na posição “verão” gasta até 40% menos energia. Não mude a chave “verão-inverno” com o chuveiro ligado.

Não diminua, não emende nem reaproveite resistência queimada.

A fiação deve ser adequada, bem instalada e com boas conexões. Fios derretidos, pequenos choques e cheiro de queimado são sinais de problemas que precisam ser corrigidos imediatamente.

Se costuma lavar o banheiro utilizando a água do chuveiro, mantenha a parte elétrica desligada.

### Iluminação

Evite acender lâmpadas durante o dia; abra bem as cortinas e persianas e use ao máximo a luz do sol.

Use cores claras nas paredes internas da sua residência – as cores escuras exigem lâmpadas com potência maior (watts) que consomem mais energia.

Prefira lâmpadas fluorescentes ou fluorescentes compactas, pois iluminam melhor, consomem menos energia e duram até dez vezes mais do que as lâmpadas incandescentes.

Apague sempre as luzes dos ambientes desocupados, salvo aquelas que contribuam para a segurança.

Limpe regularmente luminárias, globos e arandelas para ter um bom nível de iluminação.

### **Televisor, aparelho de som e computador, entre outros**

Televisão, som ou computador? Mantenha ligado somente o aparelho que você está utilizando.

Evite o hábito de dormir com aparelhos ligados.

Não deixe aparelhos ligados sem necessidade.

### **Ferro elétrico**

Espere acumular uma boa quantidade de roupa e passe tudo de uma vez. Ligar o ferro várias vezes ao dia desperdiça muita energia.

No caso de ferro elétrico automático, use a temperatura de aquecimento indicada para cada tipo de tecido, iniciando sempre pelas roupas que requerem temperaturas mais baixas.

Deixe o ferro desligado quando não estiver em uso, mesmo por intervalos curtos.

COPEL. *Uso eficiente de energia na sua casa*. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F9C83B5131AF54B1B032573EC005D8B0D?OpenDocument&secao=Residencial%3AInformacoes>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

**1** Você já conhecia alguma dessas sugestões? Quais? Em caso afirmativo, você as implementa em sua casa? Por quê?

---

---

---

---

---

**2** Quais delas você não conhecia? Pretende implementá-las em sua casa? É necessário fazer alguma adaptação para que funcionem no ambiente em que você vive? Por quê?

---

---

---

---

---



- TV 29" – tubo:  $\Delta t = 30 \text{ dias} \cdot 5 \text{ h/dia} = 150 \text{ h}$ , então  $\Delta E = P_{ot} \cdot \Delta t = 0,100 \cdot 150 = 15 \text{ kWh}$ .
- Ventilador:  $\Delta t = 30 \text{ dias} \cdot 5 \text{ h/dia} = 150 \text{ h}$ , então  $\Delta E = P_{ot} \cdot \Delta t = 0,120 \cdot 150 = 18 \text{ kWh}$ .
- *Video game*:  $\Delta t = 30 \text{ dias} \cdot 5 \text{ h/dia} = 150 \text{ h}$ , então  $\Delta E = P_{ot} \cdot \Delta t = 0,020 \cdot 150 = 3 \text{ kWh}$ .

Aparelhos elétricos	Dias estimados uso/mês	Média utilização/dia	Consumo médio mensal (kWh)
Chuveiro (4.500 W)	30	30 min	67,5
Computador (150 W)	30	8 h	36
Geladeira 2 portas (360 W)	30	8 h	86,4
4 lâmpadas fluorescentes (11 W cada uma)	30	5 h	6,6
6 lâmpadas incandescentes (40 W cada uma)	30	5 h	36
Lavadora de roupas (500 W)	12	1 h	6
Mini System (90 W)	30	8 h	21,6
TV 29" – tubo (100 W)	30	5 h	15
Ventilador (120 W)	30	5 h	18
<i>Video game</i> (20 W)	30	5 h	3

Dessa forma, o consumo total será a soma de todos os consumos individuais, ou seja, 296,1 kWh. E o custo mensal é de  $296,1 \cdot 0,25 = \text{R\$ } 74,03$ .

### Atividade 3 - Consumo de energia elétrica residencial

**1** Os aparelhos que consomem mais energia elétrica são o chuveiro elétrico (44,51%), a iluminação (21,04%) e a geladeira (12,14%). Os que consomem menos energia são a máquina de lavar roupas (0,82%) e o ferro elétrico (1,11%).

**2** Comparando com a Atividade 2, pode-se perceber que são os mesmos eletrodomésticos, porém em ordem diferente. Por exemplo, chuveiro e geladeira estão em ordem invertida. Isto pode acontecer devido aos diferentes tipos de aparelhos, o uso que se faz deles, a quantidade de pessoas que vivem nas casas etc.

### Atividade 4 - Economizando energia elétrica

**1** Resposta pessoal. Muitas sugestões propostas são conhecidas, mas esbarram na dificuldade que as pessoas têm de alterar seus hábitos. É muito mais cômodo, por exemplo, apenas apertar o botão do *stand by* do que desligar e desconectar os aparelhos e depois reconectá-los e ligá-los de novo, embora valha a pena, pela economia.

**2** Resposta pessoal.



Para um sistema elétrico funcionar, é necessário que uma corrente elétrica circule por ele. Para isso, o sistema deve ter uma fonte de energia elétrica, um fio e conectores, como tomadas e interruptores, que levem a energia até lá. Esse conjunto recebe o nome de circuito elétrico. Neste tema, você vai estudar detalhes do circuito elétrico.

## O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Para acender as lâmpadas num ambiente, é necessário o uso de um interruptor.

- O que o interruptor faz para que as lâmpadas acendam?
- Além de conectar os eletrodomésticos na tomada, é necessário ligá-los também, posicionando a chave de liga e desliga na posição ligada. Por quê?
- O que acontece quando se liga um aparelho elétrico para que ele comece a funcionar?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---

---

---

---

---

---

---

---

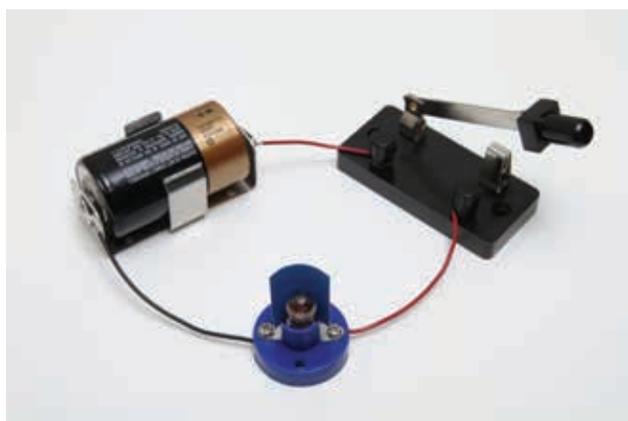
## Circuitos elétricos simples

Para fazer um aparelho elétrico funcionar, é necessário que seja fornecida a ele energia elétrica. Se for um eletrodoméstico, você pode conectá-lo à tomada e apertar um botão (interruptor), que simplesmente completa a ligação entre os diversos



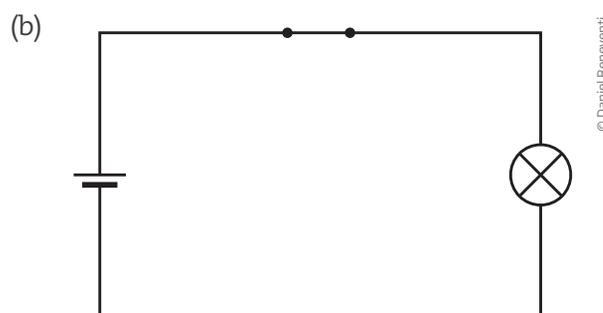
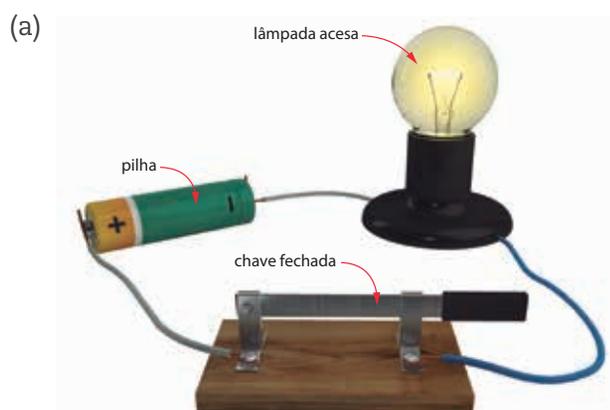
elementos que compõem o circuito elétrico – uma associação de elementos que pode ser percorrida por uma corrente elétrica.

Todo circuito elétrico tem pelo menos um aparelho elétrico (lâmpada, geladeira, aparelho de som etc.), uma fonte elétrica (também chamada de gerador), que fornece energia para o sistema (pode ser uma bateria, uma pilha ou mesmo uma tomada ligada à rede elétrica, por exemplo) e também fios de ligação (em geral de metal), que conectam corretamente as partes do circuito de forma que ele se feche e a corrente o percorra por completo. Para dar mais segurança ao usuário e minimizar desperdícios, os circuitos elétricos costumam apresentar, ainda, uma chave de liga-desliga, também chamada interruptor. Como o próprio nome indica, sua função é fechar ou abrir o circuito elétrico, permitindo ou não a circulação da corrente elétrica nele. É a circulação da corrente elétrica que faz o aparelho funcionar.



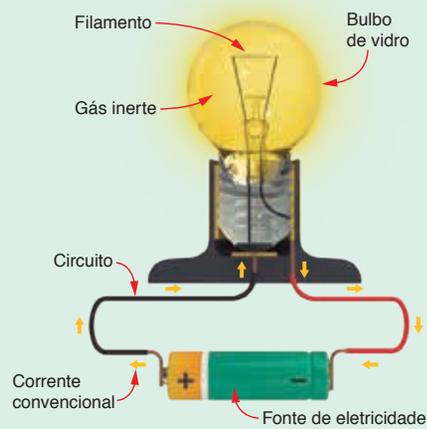
Quando a chave (interruptor) está aberta, a corrente elétrica não circula pelo circuito e a lâmpada não acende. Quando está fechada, estabelece uma ligação entre os dois lados do circuito, permitindo a passagem da corrente elétrica e o acendimento da lâmpada.

Além das representações acima, há outras maneiras de representar um circuito elétrico, como pode-se observar nas imagens a seguir.



Existem várias maneiras de representar um circuito: em um desenho (a), em sua representação técnica (b) ou ainda em uma foto, como foi mostrado anteriormente.

Note que a lâmpada tem dois terminais: um na extremidade inferior (parte metálica isolada por um tipo de plástico preto) e outro que está ligado diretamente na rosca da lâmpada. Cada terminal precisa ser ligado a um polo diferente de uma pilha (ou a um terminal diferente de uma tomada).



## ATIVIDADE 1 Acende ou não?

Nas situações mostradas a seguir, indique se a lâmpada vai acender ou não e explique por quê.

a)  \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

b)  \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

c)  \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



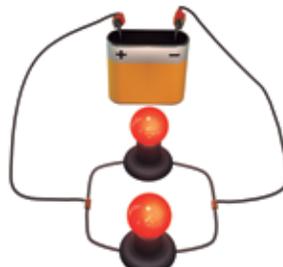
## Circuitos elétricos compostos

Os elementos que compõem o circuito podem estar associados:

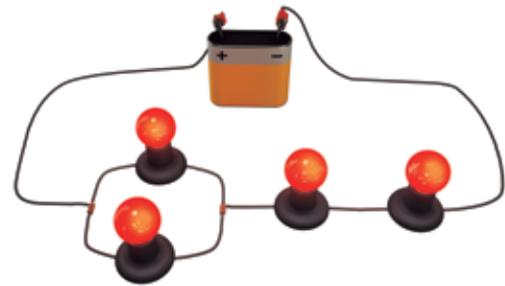
- em série, quando só permitem um caminho à passagem da corrente elétrica;
- em paralelo, quando permitem vários caminhos para a corrente elétrica;
- de forma mista, quando ora impõem um caminho à corrente elétrica e ora não, como ocorre na maioria dos casos.



Série



Paralelo

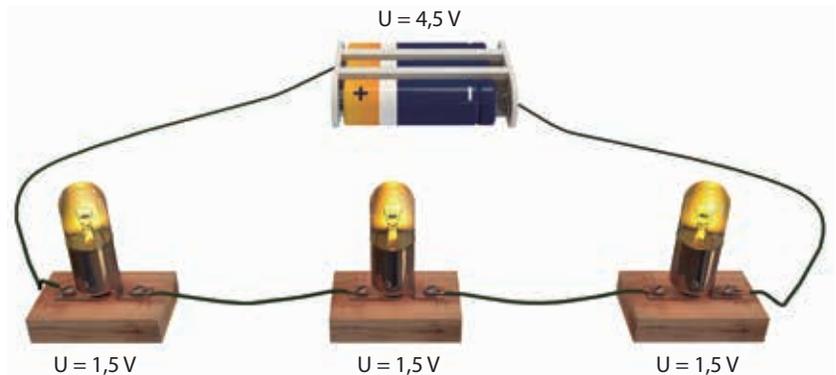


Misto

© Daniel Beneventi

## Associação em série

Na associação em série, todos os elementos do circuito são percorridos pela mesma corrente elétrica, mas a tensão fica dividida proporcionalmente entre os diversos elementos do circuito. Dessa forma, em uma associação de lâmpadas em série, por exemplo, o brilho dessas lâmpadas será menor do que se estivessem ligadas num circuito simples, ou seja, um circuito com apenas um gerador e uma lâmpada. Além disso, se uma delas queimar, o circuito todo para de funcionar.



Quando são associados elementos de circuito (como lâmpadas) em série, a tensão elétrica total fica dividida proporcionalmente entre os elementos. Se as lâmpadas tiverem a mesma resistência, então a tensão elétrica se dividirá igualmente entre elas, e todas ficarão com um brilho menor do que se estivessem ligadas em um circuito simples, com a mesma fonte. A corrente que percorre as lâmpadas é a mesma.

© Daniel Beneventi

### ATIVIDADE 2 Associação em série

A figura ao lado mostra um circuito elétrico com duas lâmpadas idênticas associadas em série.

**1** Alguma delas brilhará mais do que a outra? Justifique.

---



---

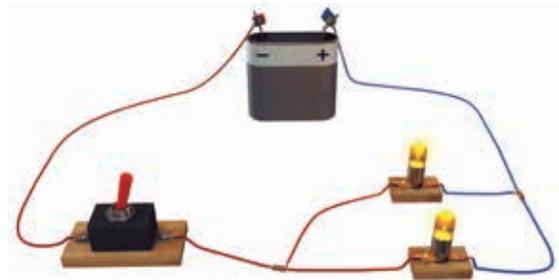
**2** Qual vai ser a tensão elétrica em cada uma delas?



© Daniel Beneventi

## Associação em paralelo

Na associação em paralelo, todos os elementos do circuito ficam submetidos à mesma tensão elétrica, mas a corrente fica dividida proporcionalmente entre os diversos elementos do circuito. Por conta disso, em uma associação de lâmpadas em paralelo, o brilho delas não se altera, se comparado com lâmpadas ligadas em um circuito simples. Além disso, caso uma delas queime, o circuito continua funcionando, pois há mais de um caminho que a corrente elétrica pode percorrer para completar o circuito.

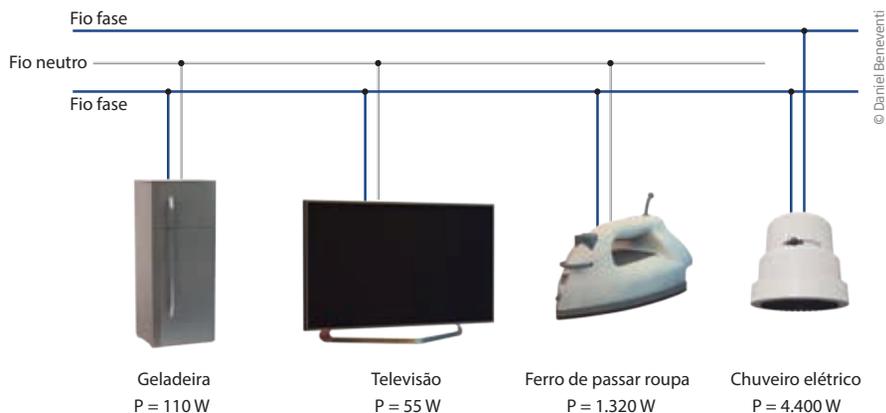


© Daniel Beneventi

Na associação em paralelo, todos os elementos do circuito elétrico ficam submetidos à mesma tensão, porém, a corrente se divide entre eles na proporção inversa à sua resistência, ou seja, quanto maior for a resistência do elemento de circuito, menor será a corrente elétrica que vai atravessá-lo.

### ATIVIDADE 3 Associação em paralelo

A figura abaixo mostra alguns eletrodomésticos ligados à rede elétrica de uma casa.



© Daniel Beneventi

**1** Algum deles está submetido a uma tensão elétrica maior do que os demais? Justifique.

---



---



---

**2** Algum deles consome mais energia elétrica do que os outros? Justifique.

---



---



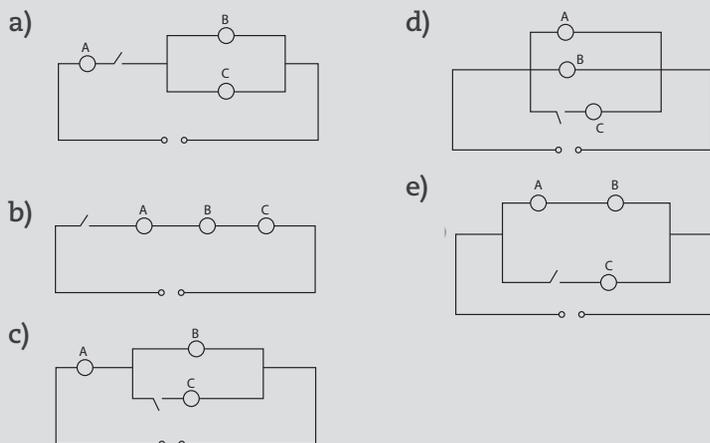
---



## DESAFIO

Um circuito é composto por 3 lâmpadas idênticas (A, B e C), um interruptor e fios de resistência desprezível. A fiação está embutida, sendo, portanto, invisível, e o circuito é alimentado por uma tomada comum. Quando o interruptor está aberto, as lâmpadas A e B estão acesas e brilham com a mesma intensidade, enquanto a lâmpada C permanece apagada. Quando o interruptor é fechado, o brilho da lâmpada A aumenta, o da lâmpada B diminui, e a lâmpada C se acende, ficando com o mesmo brilho que B.

Escolha, dentre as alternativas abaixo, o esquema de ligação entre as lâmpadas e o interruptor que possibilita estas 2 situações:



Universidade Federal Fluminense (UFF), 2009. Disponível em: <[http://www.coseac.uff.br/2009/provas/UFF\\_Vestibular\\_2009\\_1aEtapa.pdf](http://www.coseac.uff.br/2009/provas/UFF_Vestibular_2009_1aEtapa.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2014.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Acende ou não?

Apenas a lâmpada do circuito *a* acenderá, pois está ligada corretamente. Nos circuitos *b* e *c*, os fios não passam pelos dois terminais da lâmpada, como deveriam, de maneira que não se forma um circuito com fonte (pilha), fios e lâmpada conectados corretamente.

### Atividade 2 - Associação em série

**1** Não, pois como as duas têm a mesma resistência estarão submetidas às mesmas condições elétricas (tensão e corrente), apresentando o mesmo brilho. Este, no entanto, será inferior ao que cada uma delas teria se estivesse só, ou seja, em um circuito exclusivo para ela, mas as duas terão o mesmo brilho (menor).

**2** Como as resistências são iguais, a tensão será dividida uniformemente entre as duas. Portanto, cada uma ficará com 4,5 V.

### Atividade 3 - Associação em paralelo

**1** Sim, apenas o chuveiro, que está ligado em 220 V. Os demais, como estão todos ligados em paralelo, ficam submetidos à mesma tensão elétrica. Se não fosse assim, a maioria dos eletrodomésticos não funcionaria corretamente.



## TEMAS

1. Ímãs e magnetismo
2. Magnetismo terrestre
3. Biomagnetismo

## Introdução

Embora a origem do termo magnetismo seja atribuída à observação das “pedras de Magnésia” (magnetitas), vários textos antigos indicam que chineses, hindus, persas, hebreus e egípcios já conheciam algo sobre o magnetismo há milhares de anos. Entre esses povos, os materiais magnéticos eram utilizados em várias práticas místicas e terapêuticas. Com mais de 4 mil anos de existência, o livro *Huang Di Nei Jing Su Wen* (Tratado de Medicina Interna do Imperador Amarelo) já fazia referência ao uso de rochas magnéticas (magnetitas) junto com agulhas na **acupuntura**. Atualmente, comercializam-se muitos objetos magnéticos que se pretendem benéficos à saúde: braceletes, colchões etc., mas sem evidência científica de que esses tratamentos de fato deem resultado.



## Acupuntura

Ramo da medicina chinesa que consiste em diagnóstico e tratamento de enfermidades baseados na aplicação de agulhas em certos pontos do corpo situados em linhas, chamadas meridianos.

Nesta Unidade, você vai estudar o que são ímãs e quais são suas propriedades, além de iniciar seus estudos sobre o magnetismo terrestre, a relação entre eletricidade e magnetismo e algumas de suas aplicações.

## Ímãs e magnetismo

## TEMA 1

Desde a invenção da bússola, as interações magnéticas entre ímãs e diferentes materiais são estudadas, e novas aplicações do magnetismo vêm sendo desenvolvidas. Neste tema, você vai estudar o que são ímãs e como eles interagem com a matéria.



## O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Observe a imagem na próxima página e responda:

- Você reconhece o instrumento mostrado na imagem?

- Como se pode fazer para saber em que direção e sentido está o Norte?
- Ímãs são capazes de atrair qualquer tipo de metal?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e veja se você alteraria suas respostas.

---



---



---



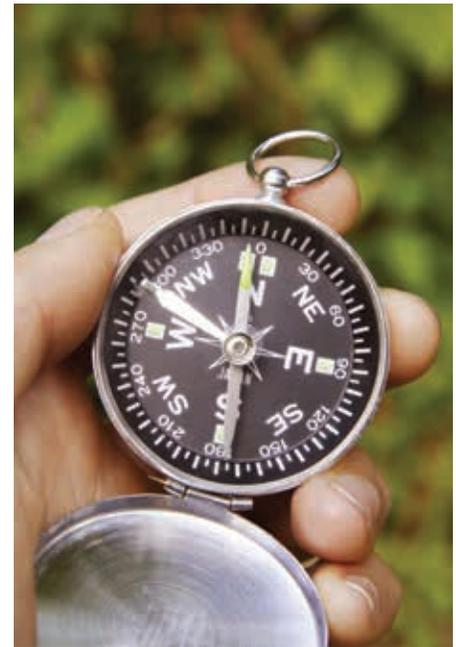
---



---



---



© Cortelia Molloy/SPL/Latinstock

## Magnetismo

Há uma lenda sobre a história de um pastor da região da Magnésia, na Grécia, que observou um tipo de rocha que tinha a propriedade de atrair a ponta de ferro de sua bengala. A palavra “magnetismo” vem desta região, Magnésia (lugar das pedras mágicas), e este tipo de rocha, que tem propriedade de atuar como ímã, recebeu o nome de magnetita, e sua propriedade de atuar como ímã passou a ser chamada de magnetismo.

Atualmente, os ímãs naturais (minérios magnéticos) ainda são utilizados, mas a maioria dos ímãs é industrializada. Foi descoberto que o magnetismo está ligado ao movimento dos elétrons nos átomos, o que permitiu criar ímãs artificiais cada vez mais potentes e com aplicações em motores, alto-falantes, microfones e principalmente como meio de registro de informações (fitas magnéticas em cartões de crédito, por exemplo). Ímãs naturais, como a magnetita, quando em contato com outros elementos ferrosos, podem transmitir a eles essa propriedade, transformando-os em ímãs artificiais.



© wlad74/123RF

A magnetita é um minério de ferro naturalmente magnético, ou seja, é um ímã natural. É formada por óxidos de ferro ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) e tem a propriedades de atrair outros pedaços dela mesma e alguns metais, como ferro, cobalto e níquel.

## Polo Norte e polo Sul magnéticos

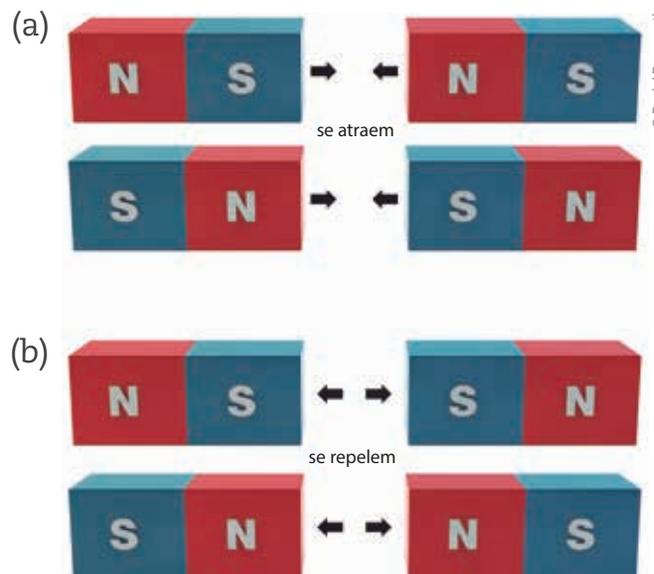
Todo ímã apresenta duas regiões distintas, chamadas polos do ímã. A intensidade desse efeito magnético decresce para o centro do ímã. Devido ao seu uso histórico em bússolas, esses polos foram chamados de polo Norte e polo Sul magnéticos.



© Daniel Beneventi

Representação esquemática de um ímã: todo ímã possui duas regiões distintas, opostas, chamadas polos.

Quando se aproxima um ímã de outro, eles podem se atrair ou se repelir. O comportamento de dois ímãs, quando estão perto um do outro, depende de quais polos estão sendo aproximados: os polos opostos se atraem e os polos iguais se repelem.



© Daniel Beneventi

Dependendo das polaridades envolvidas, pode ocorrer atração ou repulsão magnética. A atração entre os ímãs ocorre quando se aproximam dois polos diferentes (a), e a repulsão ocorre quando se aproximam dois polos iguais (b).

### ATIVIDADE 1 Atração e repulsão

**1** Um objeto em forma de “T” foi construído com uma barra de ferro e um ímã. A barra foi suspensa, conforme mostra a figura ao lado. Qual parte da letra “T” é o ímã: a parte verde (horizontal) ou a parte laranja (vertical)? Justifique.

---



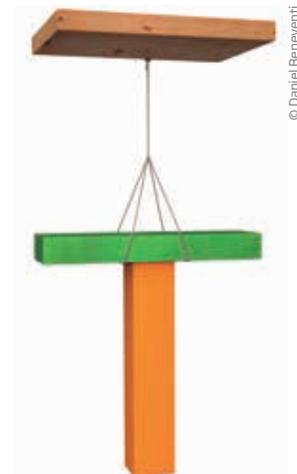
---



---



---



© Daniel Beneventi

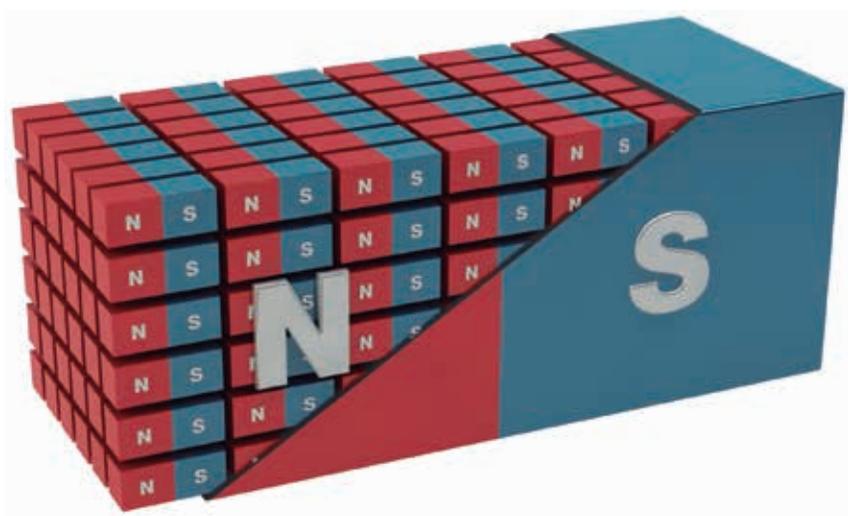
2 Observe a figura a seguir. Nela há uma barra magnetizada que se aproxima de um bloco de aço. Diante dessa situação, pode-se concluir que, entre o ímã e o bloco, haverá uma força de:



- a) atração pelos dois polos da barra.
- b) repulsão por qualquer um dos polos da barra.
- c) atração pelo polo Sul e repulsão pelo polo Norte.
- d) atração pelo polo Norte e repulsão pelo polo Sul.
- e) repulsão pela parte mediana da barra magnetizada.

### Indivisibilidade dos polos

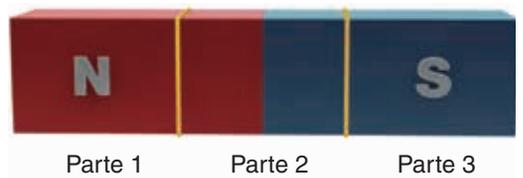
Os polos de um ímã são inseparáveis. Por mais que você quebre um ímã, por mais que o divida em duas ou em múltiplas partes, nunca obterá um ímã com um único polo: todas as partes obtidas na divisão sempre serão ímãs completos, com dois polos cada uma delas.



Não existe um ímã com apenas um polo magnético. Por mais que se divida um ímã, suas partes sempre terão polo Norte e polo Sul. Por isso, um ímã sempre pode ser imaginado como um monte de pequenos ímãs agrupados. Os polos Norte e Sul intermediários se atraem e se anulam, fazendo com que o efeito magnético seja evidente apenas nas extremidades opostas dos ímãs.

## ATIVIDADE 2 Monopolo magnético

A figura ao lado mostra um ímã em forma de barra. Considere que ele foi dividido em três partes, como mostra a figura, e assinale verdadeiro (V) ou falso (F) para cada afirmação.



- a)  A parte 1 terá apenas o polo Norte.
- b)  A parte 3 terá apenas o polo Sul.
- c)  A parte 2 formará novo ímã, mas as partes 1 e 3 não.
- d)  As partes 1, 2 e 3 formarão três novos ímãs, cada uma com seus polos Norte e Sul.



### Intensidade de campo magnético

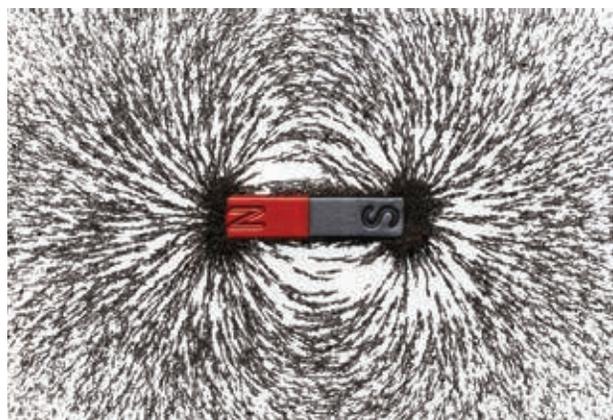
Assim como os efeitos gravitacionais de um planeta, por exemplo, o efeito magnético de um ímã se espalha pelo espaço, ou seja, não é necessário encostar nele para sentir sua atração ou repulsão. Isso quer dizer, então, que o ímã cria um campo magnético à sua volta, modificando o espaço a seu redor. A intensidade da força magnética diminui na medida em que um corpo se afasta dos polos de um ímã, mas aumenta à medida que se aproxima deles. Pode-se dizer, portanto, que a intensidade do campo magnético depende da distância entre um corpo e a origem do campo magnético (os polos do ímã, nesse caso). No Sistema Internacional de Unidades (SI), a intensidade de um campo magnético é medida em teslas (T).

Valores típicos de campos magnéticos	
Campo magnético gerado pelo(a)	Intensidade do campo
Ato de pensar	$\sim 1 \cdot 10^{-12}$ T
Batimento cardíaco	$\sim 1 \cdot 10^{-10}$ T
Vento solar	$\sim 4 \cdot 10^{-8}$ T
Linha de transmissão elétrica	$\sim 1 \cdot 10^{-6}$ T
Terra	$\sim 50 \cdot 10^{-6}$ T
Aparelho celular	$\sim 100 \cdot 10^{-6}$ T
Ímã comum	$\sim 100 \cdot 10^{-3}$ T
Mancha solar	$\sim 1$ T
Acelerador de partículas	$\sim 10$ T
Núcleo atômico	$\sim 1 \cdot 10^{12}$ T

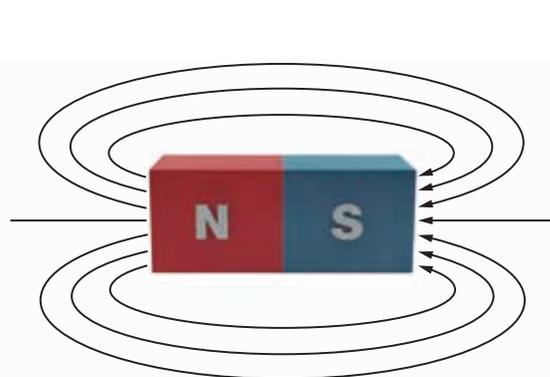
\* Os valores típicos são medidos/calculados nas proximidades das fontes.

Fonte: SCHILLER, Christoph. *Motion Mountain: The Adventure of Physics*, v. 3, p. 36. Disponível em: <<http://www.motionmountain.net/online.html>>. Acesso em: 30 de out. 2014.

Se um ímã for colocado sob uma folha de papel e, sobre ela, for jogada limalha de ferro (material em pó), é possível observar que a limalha se organiza na folha formando linhas, chamadas **linhas de campo magnético**. Elas indicam as regiões do espaço que estão submetidas à mesma intensidade de campo magnético, e mostram também qual é a direção dele no espaço. Além disso, a concentração dessas linhas indica a intensidade do campo. Toda linha de campo magnético é contínua e fechada, saindo do polo Norte e chegando ao polo Sul. Dependendo do formato do ímã, observam-se linhas de campo diferentes.



(a)



(b)

Linhas de campo observadas com o auxílio de limalha de ferro (a) e sua representação pictórica, ou seja, no desenho (b). Note que nos polos há maior concentração dessas linhas, indicando maior intensidade de campo magnético.

### ATIVIDADE 3 Intensidade

A Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) nº 398, de 23 de março de 2010, fixou como limite aceitável para o público em geral os níveis de referência do campo magnético em  $83,3 \mu\text{T}$  (microtesla ou milionésimo de tesla). Entre as fontes apresentadas na tabela *Valores típicos de campos magnéticos* (p. 59), quais seriam prejudiciais à nossa saúde?

---

---

---

---

---

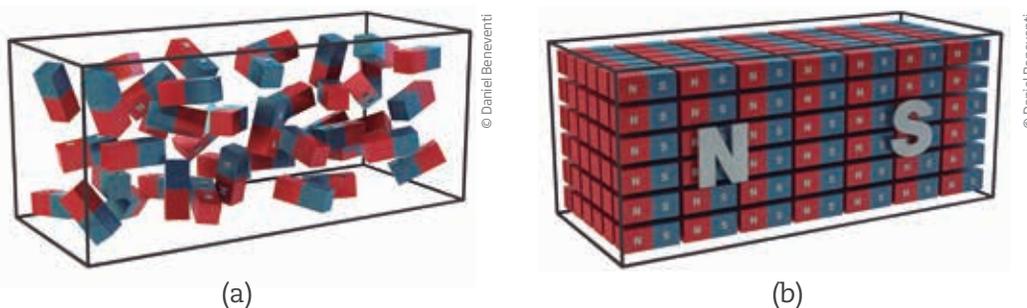
---

---

---

## De onde vem o magnetismo?

O magnetismo, assim como as demais propriedades da matéria, está ligado à organização atômica das substâncias que constituem esse material. As moléculas que constituem um material com propriedades magnéticas funcionam como pequenos ímãs naturais, chamados ímãs elementares. Em geral, devido à agitação térmica, as moléculas se orientam em direções e sentidos aleatórios (ou seja, umas para cima, outras para baixo, umas para a direita e outras para a esquerda etc.), de forma que os efeitos magnéticos dos ímãs elementares se anulam, resultando em um material que não apresenta magnetismo. Em alguns casos, como no da magnetita, durante a formação dessas rochas, as moléculas assumem uma orientação predominante, fazendo o efeito magnético de cada ímã elementar se somar ao dos demais, o que dá origem a um ímã com propriedades magnéticas naturais.



Toda matéria é feita de átomos e moléculas que se constituem de pequenos ímãs. Quando estão desorganizados (a), apontando em direções distintas, os efeitos magnéticos se anulam e não se percebe seu magnetismo. Quando estão alinhados numa direção comum (b), os efeitos magnéticos se somam e forma-se um ímã.

Esse processo também pode ser realizado artificialmente (em laboratório ou em casa). Quando um material feito de ferro ou de aço (como um prego, por exemplo) é deixado em contato com um ímã por determinado tempo, suas moléculas acabam se alinhando com as do ímã, e o material (o prego, nesse caso) fica imantado, ou seja, adquire propriedades magnéticas. Contudo, nem todas as substâncias podem ser imantadas.

As substâncias que se imantam facilmente (como ferro, níquel, aço e algumas ligas de ferro – por exemplo, o Alnico, composto de ferro, alumínio, níquel, cobre e cobalto) recebem o nome de **substâncias ferromagnéticas**. Materiais em que a imantação é difícil e a interação magnética é muito fraca (como alumínio, madeira, couro e ar, por exemplo) são chamados **paramagnéticos**. Existem também os materiais **diamagnéticos**, que são aqueles que se imantam em sentido contrário ao do ímã original e acabam repelidos por ele, como cobre, prata e ouro.

## ATIVIDADE 4 Imantação

Quando se aproxima o polo Norte de um ímã a um prego, é possível observar que ele é atraído pelo ímã. Se, em seguida, se aproximar o polo Sul do ímã desse mesmo prego, ele será atraído ou repelido? Justifique.

---

---

---



### Imantação permanente e provisória

Uma vez imantados, os materiais podem, ou não, conservar suas características magnéticas por um longo intervalo de tempo. São chamados ímãs permanentes aqueles objetos que, após serem colocados em contato com um campo magnético intenso, conservam suas propriedades magnéticas por muito tempo. As chaves de fenda feitas de aço, por exemplo, se deixadas em contato com um ímã que produza um campo magnético intenso, magnetizam-se e passam a atrair pequenos parafusos metálicos, permanecendo assim por um longo período.



© Biophoto Associates/Photo Researchers/Latinstock

Quando um clipe está em contato com um ímã, seus ímãs elementares se alinham com o campo magnético dele, e o clipe passa a se comportar como um ímã. Porém, essa imantação é provisória e, quando o clipe se solta do ímã, perde suas propriedades magnéticas.

Quando determinado material funciona como um ímã apenas enquanto está em contato com outro ímã permanente, mas, assim que acaba esse contato, retoma suas características anteriores, ele é chamado de ímã transitório. Por exemplo, quando se aproxima um ímã de uma porção de cliques de papel, um clipe passa a atrair o outro, mas, assim que o clipe mais próximo do ímã é solto, eles deixam de se atrair. Portanto, nesse caso, o clipe é um ímã transitório.

## ATIVIDADE 5 Permanente ou provisória?

A figura mostra dois cliques sendo atraídos por um parafuso que, por sua vez, foi atraído por um ímã. O parafuso e os cliques, nessa situação, apresentam dois polos ou apenas o polo Norte?

Se você soltar o parafuso do ímã, ele continuará atraindo os cliques? Justifique.




---



---

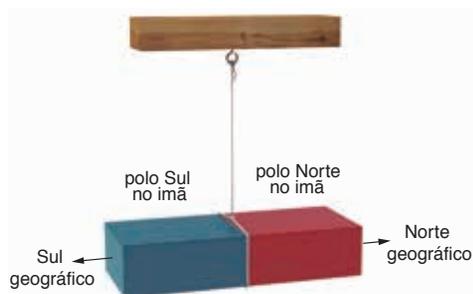


---

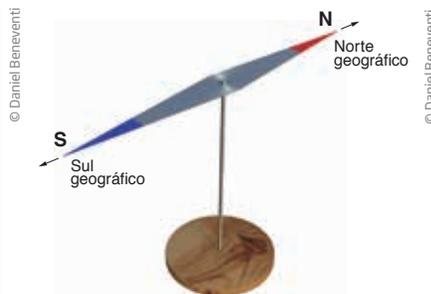


## A bússola

Quando um ímã em forma de barra é suspenso a partir do seu centro, de modo a poder girar livremente, observa-se que, após oscilar por algum tempo, sempre acaba por se orientar na mesma direção, que coincide aproximadamente com a direção Norte-Sul terrestre, e suas regiões polares ficam voltadas para os polos geográficos da Terra. Por isso, é chamado de polo Norte do ímã aquela região que fica voltada para o polo Norte geográfico, e chama-se polo Sul aquela região que fica voltada para o polo Sul geográfico. É essa característica que possibilitou ao ser humano a construção da bússola, uma das mais antigas e importantes aplicações dos ímãs: servir de base para a orientação dos movimentos na Terra, principalmente no mar, em noites encobertas, nas quais não se pode ver o céu para se guiar pelas estrelas.



(a)



(b)



(c)

Um ímã em forma de barra (a) e (b), quando suspenso pelo seu centro, se alinha com a direção Norte-Sul da Terra, podendo servir como orientador na navegação. A bússola (c) nada mais é do que um instrumento dotado de uma agulha imantada que indica a direção Norte-Sul.

A bússola também pode ser utilizada para identificar e mapear campos magnéticos gerados por qualquer aparelho ou sistema. A rigor, ela é uma espécie de detector de campos magnéticos.

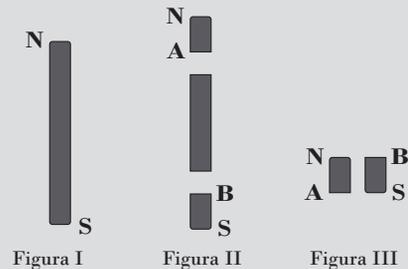


## DESAFIO

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 seja 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

- se atrairão, pois A é polo norte e B é polo sul.
- se atrairão, pois A é polo sul e B é polo norte.
- não serão atraídos nem repelidos.
- se repelirão, pois A é polo norte e B é polo sul.
- se repelirão, pois A é polo sul e B é polo norte.



Fuvest 1996. Disponível em: <<http://www.fuvest.br/vest1996/provas/P1FB03.STM>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Atração e repulsão

**1** O ímã só pode atrair a barra de ferro pelos polos. Então, a parte laranja é o ímã que se prende ao meio da parte verde, que é a barra de ferro.

**2** Alternativa correta: a.

- Correta: atração pelos dois polos da barra.
- Incorreta: a força é de atração.
- Incorreta: a força é de atração pelos dois polos.
- Incorreta: a força é de atração pelos dois polos.
- Incorreta: a parte mediana da barra não exerce força magnética.

### Atividade 2 - Monopolo magnético

Verdadeira: d.

Falsas: a, b, c – as três partes formarão ímãs com dois polos.

### Atividade 3 - Intensidade

Como  $83,3 \mu\text{T}$  são  $83,3 \cdot 10^{-6} \text{T}$ , observando a tabela tem-se que as fontes que poderiam gerar campos prejudiciais à saúde são aparelhos celulares e ímãs comuns. Entretanto, é necessário considerar a distância entre a fonte e a pessoa em questão, além do tempo durante o qual ela ficará exposta a esse campo, para definir se será, de fato, prejudicial ou não.



A ideia de que a Terra se comporta como um enorme ímã (com polos magnéticos como a magnetita) surgiu com o desenvolvimento das bússolas e os estudos sobre as propriedades magnéticas. Chegou-se mesmo a pensar na existência de enormes concentrações de magnetita nos polos geográficos terrestres, que seriam responsáveis pela orientação das agulhas das bússolas. Neste tema, você vai estudar um pouco mais sobre o campo magnético terrestre, suas origens e seus principais efeitos sobre a vida em nosso planeta.

### ? O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A figura a seguir mostra um fenômeno bastante apreciado por pessoas no mundo inteiro, que acontece principalmente nas regiões polares da Terra: a **aurora polar**.

- O que parece essa luminescência no céu?
- Qual seria a origem dessas luzes no céu?
- Você já viu algo parecido com esse fenômeno?
- O nome “polar” indica se tratar de um fenômeno que ocorre próximo aos polos do planeta. Em sua opinião, esse fenômeno está relacionado com o campo magnético da Terra? Por quê?



© All Canada Photos/Alamy/Glow Images

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e veja se você alteraria suas respostas.

---

---

---

---

---

---

---

## Ímãs no céu

Além do campo gravitacional, a Terra também apresenta um campo magnético moderado, que ajuda a proteger os seres vivos das radiações espaciais e os auxilia a se localizarem e se deslocarem pelo planeta; os seres humanos utilizam bússolas e outros instrumentos; alguns animais, como as aves migratórias, têm sensores naturais desenvolvidos em seu processo de evolução. Não apenas a Terra, mas outros planetas do sistema solar e o Sol, possuem campos magnéticos, ou seja, a Terra, os planetas e as estrelas (como o Sol, por exemplo) são imensos ímãs vagando pelo espaço.

O Sol é uma imensa bola de plasma, um tipo de gás muito quente e **ionizado**. Seu campo magnético se estende por todo o sistema solar e é muito importante para regular a radiação que vem de outras partes do universo. Por isso, os eventos magnéticos associados ao Sol podem tanto proteger nosso planeta (evitando que ele seja exposto a uma quantidade excessiva de radiação) quanto causar danos graves aos sistemas de comunicação e à rede elétrica. Constantemente ocorrem no Sol explosões que jogam parte desse gás no espaço. Contudo, uma parcela dele é atraída de volta ao Sol pelos campos magnéticos que ele produz, formando as **proeminências** ou as **fulgurações** solares.



### Glossário

#### Ionizado

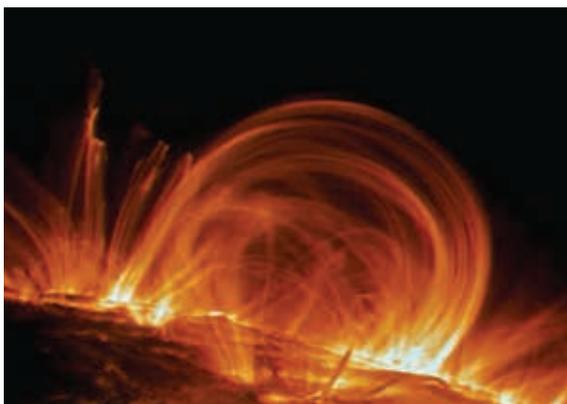
Um átomo ou uma molécula pode ser eletricamente neutro ou carregado. Quando está eletricamente carregado, é chamado de íon. Um gás ionizado é um gás composto por íons.

#### Proeminência

Saliência ou elevação em uma superfície.

#### Fulguração

Clarão.



© NASA/SPU/Latinstock



Daniel Benevente sobre foto de © NASA/SPU/Latinstock

O Sol tem um campo magnético bastante intenso. Além dos polos, o Sol apresenta uma série de outros polos menores, nos quais ocorrem grandes explosões que liberam enormes quantidades de energia e matéria no espaço. Uma parte delas fica aprisionada no campo magnético solar, que funciona como um conjunto de ímãs.

Apesar de o Sol estar a cerca de 150 milhões de quilômetros da Terra, sua intensa atividade de explosões e tempestades, como já foi visto, interfere no campo magnético do nosso planeta, algumas vezes com graves consequências para a área de telecomunicações e para o setor elétrico. As explosões solares podem afetar, por exemplo, o fluxo de energia elétrica pelas linhas de transmissão ou mesmo a transmissão de sinais de rádio, TV, celular e sistemas de navegação por satélite, podendo, ainda, tornar vulneráveis os sistemas de defesa de vários países. Por isso, diversas nações monitoram constantemente a atividade solar, reorganizando o posicionamento de satélites quando necessário.

## ATIVIDADE 1 Tempestade solar

Leia o texto abaixo e responda ao que se pede.

← → 🏠 <http://viajeaqui.abril.com.br/materias/noticias-sol-tempestade> ☆ ↻

**NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL** 🔍

ESPAÇO / 06/03/2012

### Onda de plasma solar deverá atingir a Terra nesta semana

*Fenômeno não traz malefícios para a saúde, mas altera o campo magnético da Terra e atrapalha comunicações.*

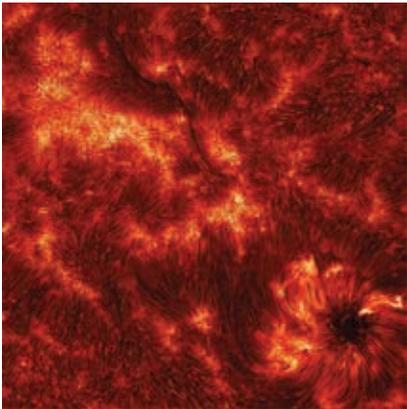
**por Anderson Estevan**

O Centro de Prognósticos Climatológicos Espaciais (SWPC) anunciou nesta segunda-feira (5) que uma nova onda de plasma solar de grandes proporções está a caminho da Terra em consequência de uma tempestade solar. Ela deverá chegar ao planeta na quarta ou na quinta-feira.

Diferentemente das tempestades anteriores, desta vez o fenômeno foi classificado como de classe X1.1, ou seja, trata-se de uma das mais poderosas erupções solares. O fenômeno aconteceu à 1h13 desta segunda-feira.

Mesmo não oferecendo danos para a saúde, o fenômeno alterará o campo magnético da Terra. Quando as partículas se chocarem com a atmosfera terrestre, os sistemas de comunicação em geral deverão ser afetados.

Além disso, aviões comerciais poderão ter de mudar suas rotas em regiões próximas aos polos. Auroras boreais também poderão ser vistas em grande parte do hemisfério norte.



© K. Reardon (Observatório Astrofísico di Arcetri, INAF) / IBS, DST, NGS

O núcleo escuro de uma mancha solar, com diâmetro igual ao da Terra; manchas como essas podem gerar tempestades solares de grandes proporções

Provocada por uma erupção na superfície do Sol, as tempestades solares carregam partículas de plasma solar através dos ventos solares por todo o universo.

A cada 10 ou 11 anos, o Sol passa por ciclos de intensa atividade, gerando tempestades e intensas ejeções de massa coronal. De acordo com os especialistas, esta temporada é a maior desde 2005.

*National Geographic Brasil*, 6 mar. 2012. Disponível em: <<http://viajeaquibril.com.br/materias/noticias-sol-tempestade>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

**1** Quais seriam as consequências das tempestades solares aqui na Terra?

---

---

---

**2** Qual a origem das tempestades solares?

---

---

---

**3** O que pode ser feito na Terra para minimizar os efeitos dessas tempestades?

---

---

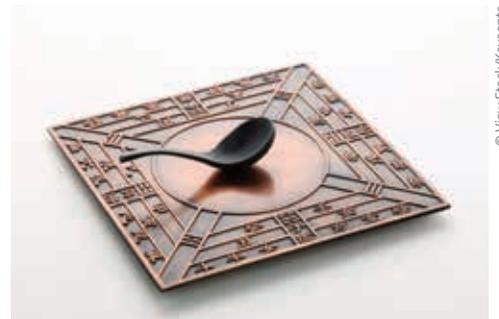
---



## As bússolas e a descoberta do magnetismo terrestre

A descoberta do campo magnético terrestre certamente está ligada ao desenvolvimento da bússola. Qual é o fenômeno que faz com que uma pedra magnetizada, livre para girar, se alinhe sempre numa mesma direção?

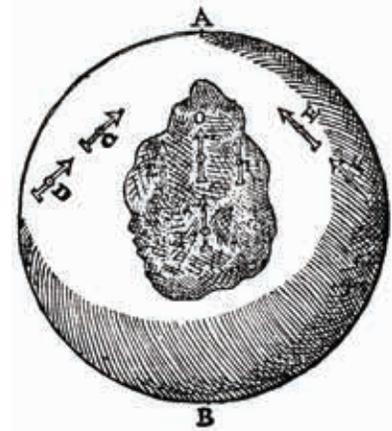
Não se sabe ao certo quando nem quem inventou a bússola, mas acredita-se que tenha sido construída pela primeira vez no século IV a.C., na China. A primeira bússola seria composta de um prato quadrangular feito de bronze (representando a Terra) e um ponteiro de magnetita em forma de concha.



*Si nan* (que significa "o governador do Sul") é a primeira bússola de cuja existência se tem registro.

Para aumentar a precisão das bússolas, os chineses substituíram a concha por agulhas magnetizadas, o que possibilitou sua utilização na navegação, já no século IX d.C. A partir de então, seu uso foi disseminado pelo Ocidente, principalmente por navegadores, astrônomos e cartógrafos.

O primeiro cientista a afirmar que a Terra se comportava como um ímã gigante foi o inglês William Gilbert. Em 1600, ele publicou um livro, *De Magnete*, no qual descreveu vários experimentos com uma pequena esfera magnetizada, que ele usou como modelo para representar a Terra. Com base em suas observações e em experimentos, concluiu que a Terra deveria ser magnetizada como um ímã, o que explicaria por que as bússolas se alinham com os polos geográficos terrestres.



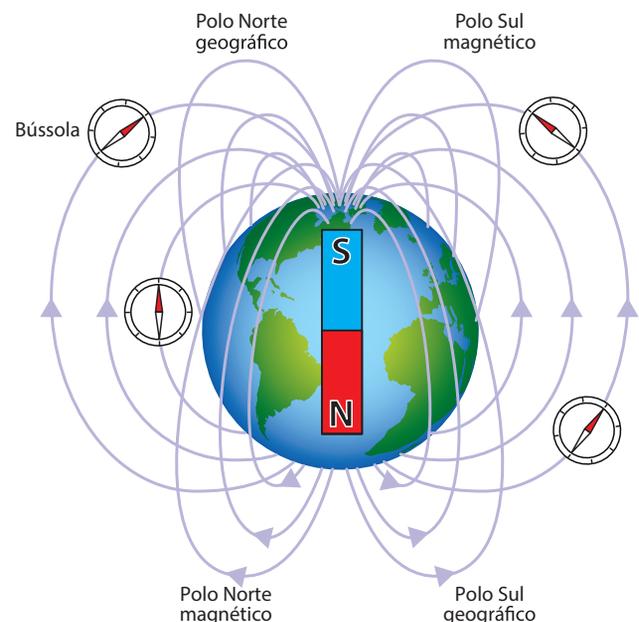
Direção da agulha magnetizada na terrela de Gilbert.

© Universal History Archive/UG / Bridgeman Images/Keystone

## O campo magnético terrestre

O campo magnético da Terra é semelhante ao campo magnético gerado por um gigantesco ímã em forma de barra que atravessasse nosso planeta desde o polo Sul até o Norte. A agulha magnetizada da bússola, atraída pelo campo magnético da Terra, alinha-se com o meridiano Norte-Sul, indicando a direção desses polos. Como apenas polos opostos se atraem, o polo Norte da bússola aponta para o Sul magnético e vice-versa.

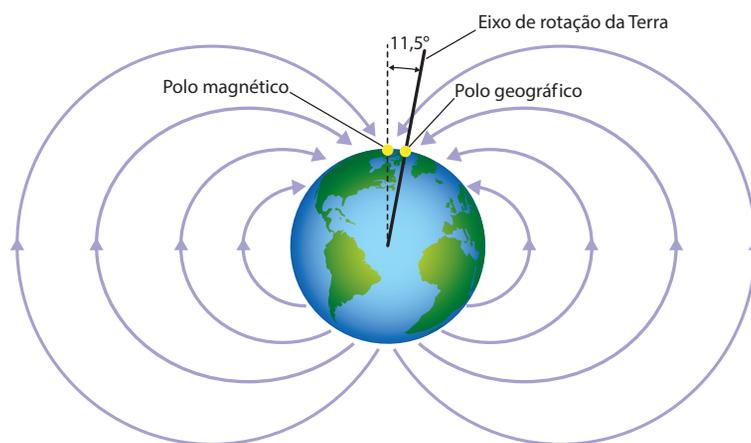
Contudo, a localização dos polos magnéticos não é fixa, chegando a oscilar vários quilômetros por ano. Os dois polos oscilam independentemente um do outro e não estão em posições exatamente opostas no globo, ou seja, o eixo magnético não coincide exatamente com o eixo geográfico da Terra, pois há uma diferença espacial entre eles. Essa diferença, definida como o ângulo formado entre o polo magnético e o polo geográfico, é chamada de **declinação magnética**.



© Hudson Calasans

A Terra se comporta como um grande ímã no qual o polo Norte magnético corresponde ao Sul geográfico, e o polo Sul magnético corresponde ao Norte geográfico.

A declinação magnética, medida em graus, varia de um local para o outro, de acordo com latitude, longitude, altitude e tempo (conforme o tempo passa e a posição dos polos magnéticos muda, a declinação também se altera). Atualmente, o polo Sul magnético se distancia mais do polo Norte geográfico que o polo Norte magnético se distancia do polo Sul geográfico. Mais especificamente, pode-se dizer que o polo Sul magnético da Terra tem uma declinação de  $11,5^\circ$  em relação ao polo Norte geográfico.



Os polos geográficos não coincidem com os polos magnéticos terrestres.

## ATIVIDADE 2 Declinação magnética

**1** Se a declinação magnética existe e varia com a passagem do tempo, até que ponto é válido se utilizar uma bússola como fonte de orientação no espaço?

---

---

**2** A declinação magnética influencia no uso de GPS (sigla, em inglês, de Sistema de Posicionamento Global – *Global Positional System*) para se localizar no espaço? Justifique.

---

---

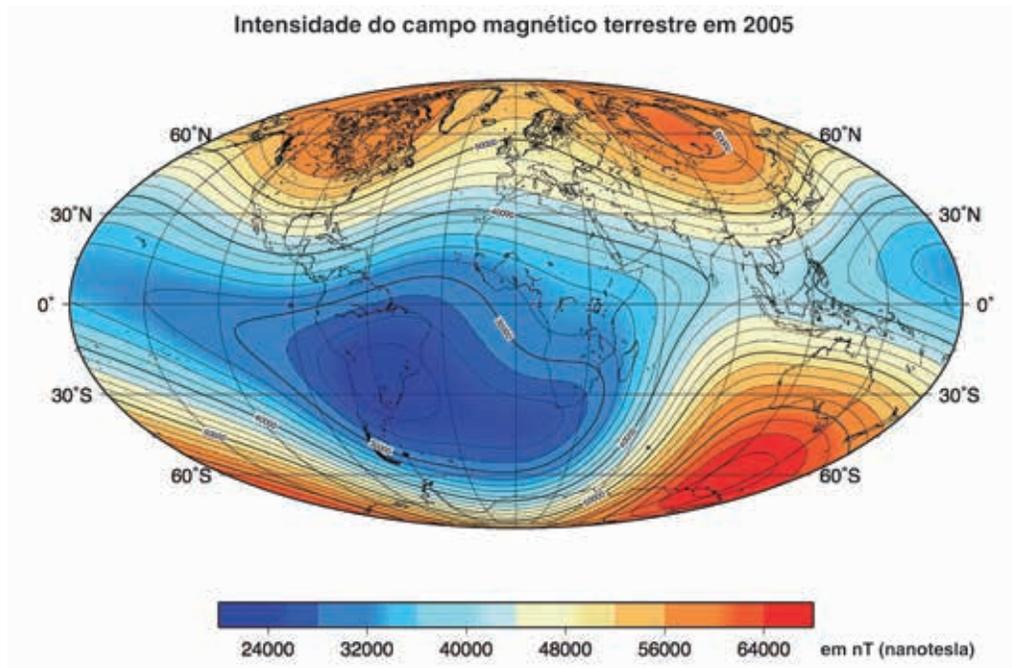
---

## Intensidade do campo magnético terrestre

Os processos que originam o campo magnético terrestre ainda não são totalmente conhecidos. Sabe-se que a intensidade desse tipo de campo, na superfície terrestre, muda de um local a outro, valendo em torno de  $70 \mu\text{T}$  (microtesla, ou seja,

0,000070 T) próximo aos polos, e aproximadamente metade desse valor na região equatorial. Contudo, existem vários pontos da Terra que apresentam valores muito maiores ou menores do que esses, o que demonstra como o geomagnetismo não é homogêneo sobre a superfície e o espaço terrestres.

### ATIVIDADE 3 Intensidade magnética



OCEAN Bottom Magnetology Laboratory. *Primer on Marine Magnetism*.  
Disponível em: <<http://deeptow.who.edu/primer.html>>. Acesso em: 30 out. 2014.

A intensidade do campo magnético da Terra varia bastante de um ponto a outro do planeta. Note que, no Brasil, ela é muito pequena.

Observe a figura acima e responda:

**1** Sabendo que a unidade que indica a intensidade magnética é nanotesla (nT), qual é o intervalo de intensidade magnética terrestre nos seguintes locais?

- no Brasil: \_\_\_\_\_
- na Austrália: \_\_\_\_\_
- na América Central: \_\_\_\_\_

**2** Utilizando as informações do texto *Magnetismo* (p. 56), localize, no mapa desta Atividade, a Grécia, país onde fica a região da Magnésia, e identifique qual é a intensidade do campo magnético nesse país.

\_\_\_\_\_

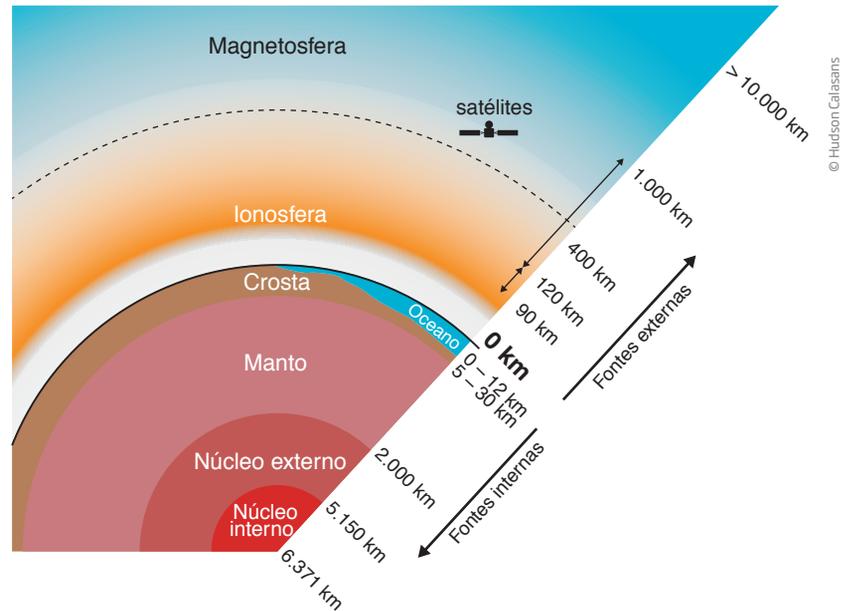
## Formação do campo magnético terrestre

O campo geomagnético observado na Terra é resultado da contribuição de diferentes fontes internas e externas ao planeta. Esse campo forma uma espécie de escudo que protege a Terra, bloqueando e desviando partículas que vêm do espaço, principalmente do Sol, na direção do planeta. Se não fosse o campo magnético, essas partículas e os raios cósmicos poderiam ter destruído a camada de ozônio (essencial para a manutenção da vida, pois absorve a radiação ultravioleta, bastante perigosa para a vida na Terra).

O campo gerado pelo núcleo apresenta geometria semelhante àquela gerada por um ímã em forma de barra (como mostra a imagem da página 70). Ele corresponde a cerca de 90% do campo observado e, por isso, também é chamado de **campo principal**.

Acredita-se que o núcleo interno da Terra seja sólido e o externo seja líquido, e que ambos sejam formados principalmente por ferro, níquel e outros materiais ferromagnéticos muito quentes. O campo magnético é gerado pela movimentação do núcleo externo em torno do núcleo interno. Assim, o interior da Terra funciona como um **dinamo** que gera um campo magnético. Além do núcleo, algumas regiões da crosta apresentam grande concentração de material ferromagnético, o que também contribui para a formação do campo magnético de nosso planeta.

Outro elemento importante na composição do campo magnético terrestre (magnetosfera, como pode ser visto na imagem acima) é o campo externo, principalmente o do Sol, pois é ele quem acaba dando a forma definitiva para o campo magnético do planeta Terra. O Sol emite uma série de partículas que compõem o vento solar, e esse vento acaba achatando o campo magnético terrestre,



Esquema mostrando as diferentes fontes do campo magnético da Terra.



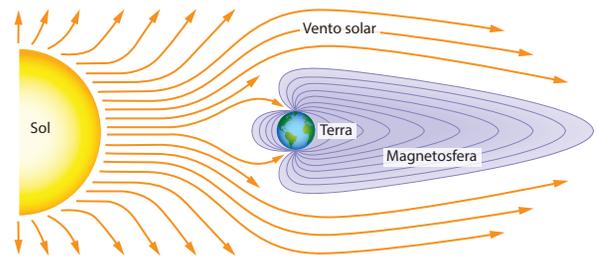
### Dinamo

Aparelho que gera corrente contínua e converte energia mecânica em energia elétrica.

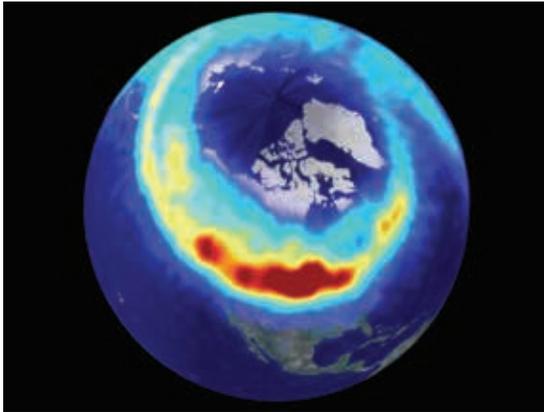
na face voltada para o Sol, e alongando o campo magnético na face oposta. Veja na figura ao lado como isso se dá.

O vento solar deforma o campo magnético terrestre. Note que, pelos polos, é possível que parte do vento solar entre na Terra.

O campo magnético terrestre protege os seres vivos desse vento, mas nos deixa vulneráveis na região dos polos, por onde esse vento pode atingir o planeta, causando as chamadas auroras polares (chamadas de boreais, quando acontecem no polo Norte, e austrais, quando acontecem no polo Sul).



© Hudson Calasans



© NASA/SPL/Latinstock



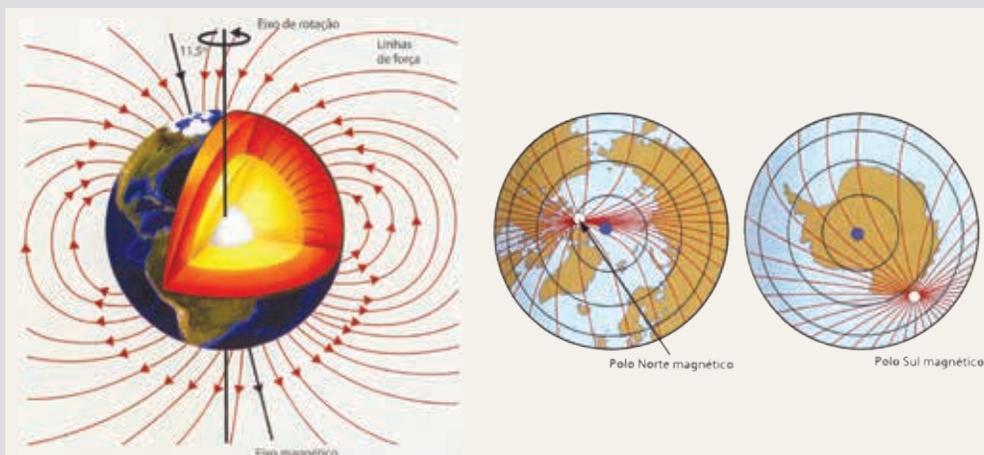
© Kim Walker/Robert Harding Editorial/Latinstock

A região dos polos fica desprotegida pelo campo magnético e o vento solar atinge a Terra, provocando as auroras polares.



## DESAFIO

A Terra comporta-se como um imenso ímã, ou seja, tem magnetismo próprio. Observe as figuras, que são representações do campo magnético da Terra.



(Wilson Teixeira et al. Decifrando a Terra, 2009. Adaptado.)

A partir da observação das figuras e de seus conhecimentos, pode-se afirmar que:

- a) se buscamos as coordenadas geográficas do polo norte magnético para atingir o polo norte geográfico, o provável é que não cheguemos lá, porque a localização dos polos magnéticos da Terra não coincide com a dos polos geográficos.
- b) o polo norte magnético encontra-se na costa norte do Alasca e o polo sul magnético na costa oeste da Antártida.
- c) se buscarmos as coordenadas geográficas do polo sul magnético para atingir o polo sul geográfico, o provável é que alcancemos nosso intento, porque a localização dos polos magnéticos da Terra coincide com a dos polos geográficos.
- d) o polo norte magnético encontra-se na Groenlândia, na América do Norte, e o polo sul geográfico na costa norte da Antártida.
- e) o polo norte magnético encontra-se na costa norte do Canadá, no oceano Atlântico, portanto, junto à localização do polo norte geográfico.

Unesp 2012. Disponível em: <[http://vestibular.unesp.br/pdf/2012/001\\_ConhecGerais.pdf](http://vestibular.unesp.br/pdf/2012/001_ConhecGerais.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2014.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Tempestade solar

- 1 O campo magnético terrestre seria afetado, bem como os sistemas de comunicação em geral. Além disso, aviões comerciais poderiam ter de mudar sua rota em regiões próximas aos polos, e auroras polares também poderiam ocorrer.
- 2 São provocadas por erupções na superfície do Sol.
- 3 De acordo com o texto, é possível reorganizar os voos em rotas próximas aos polos.

### Atividade 2 - Declinação magnética

- 1 Embora possa não ser muito precisa, a bússola indica a direção aproximada do Norte, o que é bem melhor do que não ter orientação alguma.
- 2 Não, pois o GPS não se baseia nos polos magnéticos, e sim em ondas eletromagnéticas geradas por satélites artificiais.

### Atividade 3 - Intensidade magnética

- 1 Os valores são, aproximadamente:
  - no Brasil: 20.000 a 28.000 nT;
  - na Austrália: 44.000 a 62.000 nT;
  - na América Central: 32.000 a 40.000 nT.
- 2 Como foi visto no início da Unidade, a região da Magnésia fica na Grécia. Se você localizar o país no mapa dessa Atividade, poderá observar que ele se encontra em uma região com intensidade média de 44.000 a 50.000 nT.



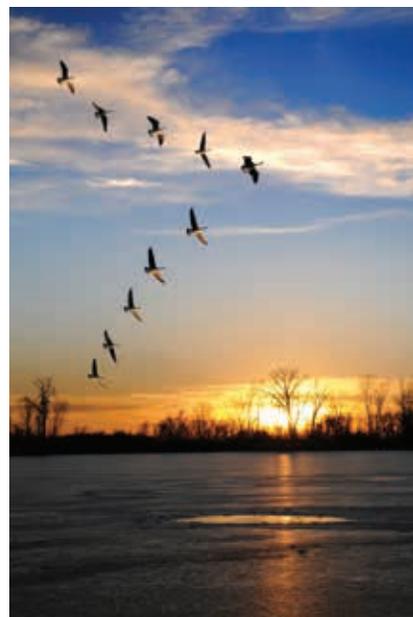
Os ímãs produzem campos magnéticos que podem, ou não, interagir com materiais magnetizados. A interação entre os seres vivos e os ímãs e seus campos magnéticos pode ser a chave para explicar desde a orientação de animais migratórios até a identificação e diagnóstico de diversas doenças. Neste tema, você vai estudar essa interação e suas aplicações.

### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

A figura ao lado mostra uma revoada de aves migratórias. Analise a imagem e responda:

- Por que as aves migram?
- Como as aves se orientam durante o voo?
- Além das aves, há outros animais que também têm ciclos migratórios?
- O campo magnético poderia servir como elemento para diagnosticar e tratar doenças?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e veja se você alteraria suas respostas.



© Gino Santa Maria/123RF

### Geomagnetismo e orientação espacial

Você já viu que magnetismo é um fenômeno natural associado a ímãs, geladeiras, cartões magnéticos, alto-falantes e outros aparelhos eletrônicos. O magnetismo também está presente nos seres vivos. Muitos animais realizam longas viagens durante as trocas de estação, em busca de melhores condições para se alimentarem, reproduzirem e sobreviverem. Para isso, aves, insetos e tartarugas, entre outros animais, precisam se deslocar por enormes distâncias, por terra, água e ar. Como eles conseguem se orientar?

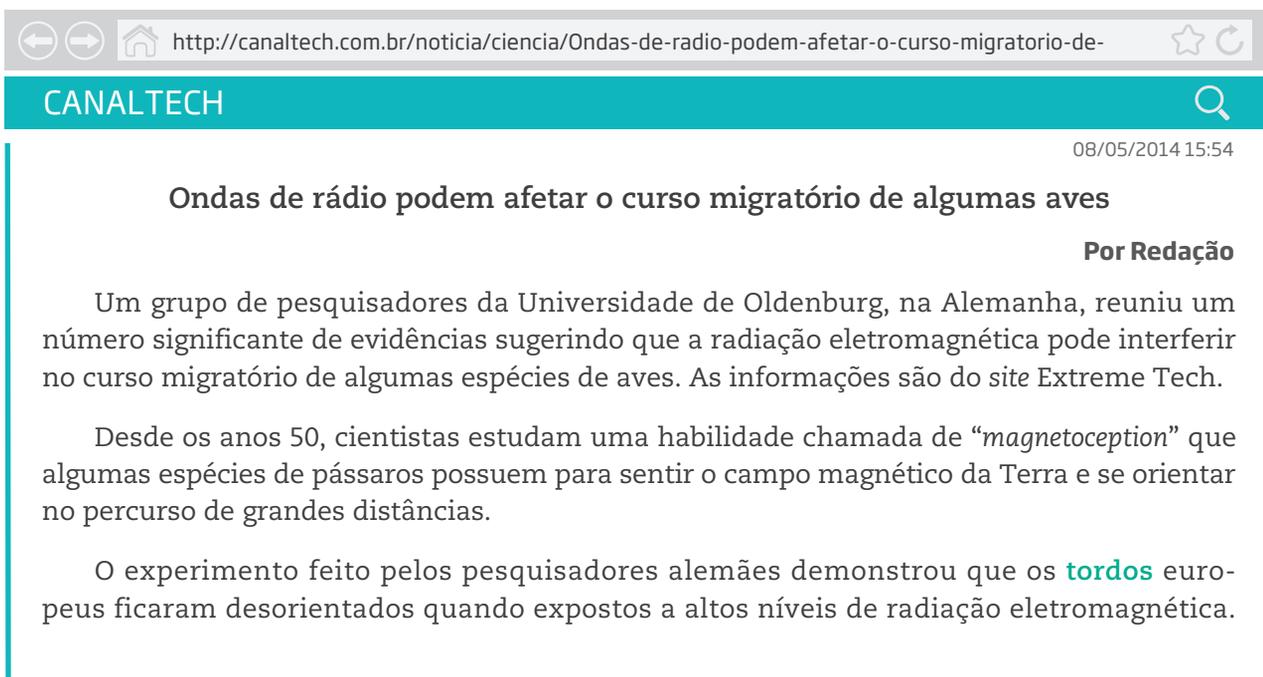
Alguns pássaros possuem cristais de magnetita em seu bico superior, que funcionam como as agulhas de uma bússola. Esses cristais se movimentam, alinhando-se com o campo magnético, e produzem pequenas correntes elétricas, que são transmitidas ao cérebro na forma de impulsos nervosos, o que permite aos pássaros criar uma espécie de “visão” das linhas do campo magnético terrestre, fazendo que possam se orientar em direção ao Norte ou ao Sul.

Já os insetos possuem esses cristais misturados em alguns neurônios, no cérebro deles. Tubarões também se orientam com auxílio do magnetismo, porém, usando a variação da intensidade do campo magnético terrestre, percebida por alguns poros localizados na boca e no nariz. Além deles, outros animais como ornitorrincos e tartarugas (entre outros) também se orientam pelo campo geomagnético.

Outros seres vivos que possuem receptores magnéticos são algumas espécies de bactérias magnéticas, encontradas em ambientes aquáticos por todo o mundo, que se orientam por meio do campo magnético da Terra. Elas possuem magnetossomos: pequenas organelas magnetizadas, que funcionam como microímãs. Atualmente essas bactérias vêm sendo pesquisadas para aplicações em computação e biomedicina.

**ATIVIDADE****1****Radiação eletromagnética e curso migratório**

Leia o texto a seguir e, depois, responda ao que se pede.



The image shows a screenshot of a news article from CanalTech. The browser address bar shows the URL: http://canaltech.com.br/noticia/ciencia/Ondas-de-radio-podem-afetar-o-curso-migratorio-de-. The article title is "Ondas de rádio podem afetar o curso migratório de algumas aves" and it is dated 08/05/2014 15:54. The author is listed as "Por Redação". The text discusses research from Oldenburg University in Germany, showing that electromagnetic radiation can interfere with the migration of some bird species. It mentions a specific ability called "magnetoception" and notes that an experiment with European starlings showed they became disoriented when exposed to high levels of electromagnetic radiation.

← → 🏠 http://canaltech.com.br/noticia/ciencia/Ondas-de-radio-podem-afetar-o-curso-migratorio-de- ☆ ↻

**CANALTECH** 🔍

08/05/2014 15:54

### Ondas de rádio podem afetar o curso migratório de algumas aves

**Por Redação**

Um grupo de pesquisadores da Universidade de Oldenburg, na Alemanha, reuniu um número significativo de evidências sugerindo que a radiação eletromagnética pode interferir no curso migratório de algumas espécies de aves. As informações são do site Extreme Tech.

Desde os anos 50, cientistas estudam uma habilidade chamada de “*magnetoception*” que algumas espécies de pássaros possuem para sentir o campo magnético da Terra e se orientar no percurso de grandes distâncias.

O experimento feito pelos pesquisadores alemães demonstrou que os **tordos** europeus ficaram desorientados quando expostos a altos níveis de radiação eletromagnética.

As frequências estavam na faixa das ondas médias usadas na rádio AM, não utilizada nos celulares, que tem a segurança contestada por alguns ativistas.

Como se dá esse processo nas aves ainda é um mistério para os cientistas, mas um estudo realizado com pombos-correio sugere que a habilidade possa estar associada a um cristal rico em ferro presente no bico das aves chamado de magnetita.

O estudo começou quando, sete anos atrás, os cientistas da Universidade de Oldenburg perceberam que a maioria dos tordos ficava confusa quando passava pelo *campus* da universidade. Eles então isolaram uma espécie de cabana com papel-alumínio, eliminando a radiação eletromagnética em um raio de 50 quilohertz a 20 Mega hertz, e observaram que quando a blindagem funcionava as aves adotavam a sua posição migratória normal. Mas quando a blindagem era removida ou as aves eram expostas a um dispositivo emitindo ruído de fundo eletromagnético, elas ficavam desorientadas.

A pesquisa vem alimentar a polêmica sobre os efeitos das ondas de rádio a que estamos expostos diariamente na nossa saúde.



## Tordo

Espécie de ave.

Canaltech, 8 maio 2014, 15h54. Disponível em: <<http://canaltech.com.br/noticia/ciencia/Ondas-de-radio-podem-afetar-o-curso-migratorio-de-algumas-aves/>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

**1** De acordo com o texto e usando seus conhecimentos, como os pombos-correio se orientam?

---

---

**2** O que motivou os cientistas da Universidade de Oldenburg a pesquisar se as ondas de rádio interferem no voo das aves?

---

---



Cada vez mais o aparelho celular está presente na vida das pessoas. Há algumas vantagens imediatas decorrentes desse uso: a comunicação entre quem está longe ficou muito mais fácil, e seu custo, atualmente, mais acessível. Por outro lado, você já parou para refletir sobre o lado negativo de usar celular o dia todo, tanto do ponto de vista dos aspectos sociais (isolamento, distração ao volante e ao andar ou atravessar ruas etc.) como biológicos (longa exposição a altas intensidades sonoras e campos magnéticos próximos ao cérebro etc.)?

Na sua opinião, o uso excessivo de aparelho celular pode prejudicar a saúde?



## Magnetismo humano

No século XV, o conhecido médico suíço Paracelso disseminou na Europa a crença sobre o poder de cura do magnetismo. Usando ideias originadas na China, Paracelso acreditava que os ímãs seriam capazes de atrair e repelir as doenças do corpo humano e, portanto, teriam a propriedade de curar doenças.

Dando sequência a esse raciocínio, o padre jesuíta italiano Maximilian Hell tratou seus pacientes com ímãs de ferro, que tinham o mesmo formato da parte do corpo que não estava bem. Seu discípulo Mesmer, por sua vez, acreditava que podia controlar o fluxo de um “fluido universal” (que ele acreditava passar no interior do corpo de cada ser vivo) utilizando os ímãs do jesuíta, e passou a realizar “curas” com os “magnetos de Hell”. Como diversas curas foram atribuídas a eles, a crença no poder de cura dos ímãs foi fortalecida por toda a Europa no início do século XIX.

Por conta disso, ainda é possível identificar resquícios dessa crença em propriedades de cura relacionadas ao magnetismo. Atualmente, muitas empresas vendem os mais variados objetos magnéticos, como pulseiras, colchões com ímãs etc., com a promessa de que eles curam doenças e/ou trazem benefícios para a saúde, mas ainda não há comprovação científica de seus supostos efeitos benéficos à saúde humana.

### ATIVIDADE

**2**

### Colchões magnéticos

Leia o texto a seguir e depois responda às questões propostas.

A captura de tela mostra uma barra de endereço com o URL <http://www.proteste.org.br/casa/colchoes/noticia/colchao-tirar-o-sono>. Abaixo, há uma barra de busca com o texto "PROTESTE" e um ícone de lupa. O conteúdo principal da página apresenta o título "Colchão de tirar o sono" e o texto: "Não se deixe enganar por tudo que vê no mercado. Você pode pagar caro por um produto que vai te dar pesadelos." e "O mercado está repleto de oferta de colchões que prometem resolver milagrosamente qualquer problema muscular. Para tanto, eles se valem de algumas características extras".

além da espuma tradicional ou das molas, como magnetismo (com uso de pastilhas magnéticas), raios infravermelhos longos, terapias quânticas e vibroterapia. Cuidado, não acredite em tudo o que vê por aí, pois não existe colchão que faça milagres.

Veja o que você precisa saber para não ser enganado.

**Magnetismo** – Existem poucas evidências da eficácia do magnetismo para alívio da dor. Diversos estudos mostraram que as terapias magnéticas para esse fim não são eficazes, nem mesmo recomendam esse tipo de tratamento.

**Infravermelho longo** – Não existem estudos em humanos que comprovem que os raios infravermelhos longos tenham propriedades terapêuticas.

**Tratamentos quânticos, equilíbrio energético, entre outros** – Usar nomes de teorias científicas não é uma garantia de que o tratamento funciona. Os que usam esses nomes estão mais próximos da superstição do que da ciência. Equilíbrio energético, purificação e limpeza de toxinas são palavras muito usadas para seduzir o consumidor.

PROTESTE. Disponível em: <<http://www.proteste.org.br/casa/colchoes/noticia/colchao-tirar-o-sono>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

**1** De acordo com o texto, o magnetismo ajuda a curar doenças e aliviar dores?

---

---

**2** O texto apresenta outros conceitos utilizados pela mídia para vender tratamentos e produtos, como infravermelho longo, tratamentos quânticos e equilíbrio energético. Você conhece o significado desses termos? Em algum momento você já efetuou uma compra porque a eficácia de um produto pareceu cientificamente comprovada?

---

---

---

---

---

**3** Como é possível proceder para analisar a veracidade de uma propaganda?

---

---

---

---

---



O sangue tem uma substância chamada hemoglobina, que contém ferro. Reflita sobre a seguinte questão: Se fosse aplicado um campo magnético intenso sobre uma pessoa, seria possível atraí-la ou expulsá-la de algum lugar com um ímã?



## DESAFIO

Biomagnetismo estuda a geração e interação de campos magnéticos com a matéria viva. Uma de suas mais recentes aplicações é o uso de partículas magnéticas – as nanopartículas, em especial – na administração de medicamentos. Em vez de deixar uma medicação circulando livremente pelo corpo humano, com o risco de efeitos colaterais prejudiciais à saúde, a ideia é “grudar” a medicação em partículas magnéticas, injetá-las na corrente sanguínea e guiá-las com um ímã até o local foco da doença.

Organizar esses materiais exige habilidades multidisciplinares para escolher e preparar as partículas magnéticas apropriadas; escolher e preparar o invólucro e o modo como os medicamentos serão absorvidos. Geralmente os farmacêuticos é que lidam com os materiais do invólucro, enquanto os médicos investigam a reação nos seres vivos. Aos físicos, químicos e engenheiros de materiais, cabe a preparação das partículas magnéticas.

Sobre os conceitos e aplicações da Eletricidade e do Magnetismo, é CORRETO afirmar que:

- a) As linhas de indução do campo magnético geradas pelo ímã são linhas contínuas que, fora do ímã, vão do polo norte para o polo sul.
- b) O medicamento associado à partícula magnética pode ser guiado até o local da doença através de um campo elétrico constante.
- c) Se o campo magnético orientador se formasse devido a uma corrente elétrica contínua, ele teria variação proporcional ao quadrado da distância entre o fio que conduz a corrente e as partículas magnéticas.
- d) Qualquer substância metálica pode ser utilizada como partícula magnética.
- e) A única forma de se obter um campo magnético para orientar a medicação é através da utilização de ímãs permanentes.

Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC - PR), 2010. Disponível em: <<http://vestibular.brasilecola.com/baixar/11144/>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Radiação eletromagnética e curso migratório

- 1 Os pombos-correio têm cristais de magnetita no bico, que funcionam como pequenas bússolas.
- 2 Eles observaram que as aves pareciam desorientadas quando atravessavam o *campus* da universidade.

### Atividade 2 - Colchões magnéticos

- 1 Existem poucas evidências da eficácia do magnetismo para o alívio da dor. Diversos estudos mostraram que as terapias magnéticas para esse fim não são eficazes, e eles nem sequer recomendam esse tipo de tratamento.



## TEMAS

1. O que é campo?
2. Campos magnéticos gerados por corrente elétrica
3. Produção de corrente elétrica em larga escala

## Introdução

Durante muito tempo, fenômenos elétricos e magnéticos foram considerados distintos e independentes. Entretanto, depois que o professor dinamarquês Hans Christian Oersted percebeu que a passagem de corrente elétrica por um fio é capaz de gerar um campo magnético, essa interpretação dos fenômenos foi modificada. Atualmente, eletricidade e magnetismo estão tão interligados que é comum se referir a eles como uma coisa só: o eletromagnetismo.

Nesta Unidade, você estudará o que é eletromagnetismo. Verá que correntes elétricas podem gerar campos magnéticos e vice-versa. Esse fenômeno permitiu a produção e utilização, em larga escala, da energia elétrica.

## TEMA 1 O que é campo?

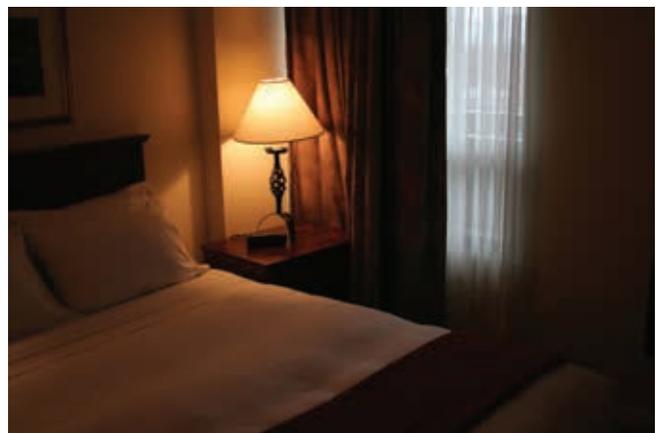
O conceito de campo pode variar de acordo com a cultura e o contexto. Na Física, o conceito de campo é extremamente importante e pode ser representado matematicamente. Neste tema, você estudará o conceito científico de campo e aprofundará o conceito de campo elétrico.



## O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Observe a figura a seguir e responda:

- Se a lâmpada não estivesse acesa, seria possível enxergar o que está no ambiente?
- Se um objeto for colocado nesse ambiente, como uma cadeira, ele seria visível?



- Como uma lâmpada acesa afeta o espaço a sua volta de forma a torná-lo diferente de quando ela estava apagada?
- O que acontece com a intensidade da luz à medida que uma pessoa se afasta de sua fonte?
- O que acontece com a intensidade da luz quando se troca a lâmpada do abajur por outra de maior potência?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e veja se você alteraria suas respostas.

---

---

---

---

---

---



## O conceito de campo

Quando se fala em campo, alguém pode pensar em um espaço rural, diferente da cidade, onde se encontram fazendas, sítios, plantações, galinhas, gado. Pode-se pensar, ainda, em um campo de futebol, um campo de batalha etc. Se você procurar no dicionário, verá que a palavra “campo” pode ter vários significados: pode ser o oposto de um centro urbano; um grande terreno de cultivo; um terreno marcado para a prática de algum esporte; uma área de combate; ou mesmo uma área de conhecimento.

Contudo, o significado físico de campo é muito diferente. Por exemplo, quando uma pessoa está em um quarto escuro e acende a luz, a lâmpada gera uma claridade que se espalha por todo o espaço ao redor, permitindo que a pessoa em questão possa ver os objetos iluminados. Pode-se dizer, nesse caso, que a lâmpada gera um “campo de luz” ou “campo de visão”, ou seja, ela modifica o



espaço a sua volta de tal forma que os objetos que estão sob o efeito desse “campo de luz” tornam-se visíveis para um observador.

Quanto mais longe um objeto estiver da lâmpada acesa (fonte de luz), menor será a claridade nessa região do ambiente e, conseqüentemente, a intensidade desse “campo de luz” também será menor. Isso significa que, quanto mais longe da fonte luminosa, menor é a intensidade com a qual ela modifica o espaço.

O mesmo acontece quando uma pessoa está em um local tranquilo e silencioso e, em algum momento, liga um rádio com alta intensidade de som (volume alto). O som emitido pelo alto-falante modifica o espaço de tal forma que a pessoa passa a escutar o som gerado pelo aparelho. Pode-se dizer que o rádio criou um “campo de som”, ou seja, ele modificou o espaço a sua volta, criando uma região na qual é possível escutar o que está sendo emitido pela fonte. As pessoas que estão “mergulhadas” nesse campo de som podem ouvir o que está sendo emitido pelo rádio. Quanto mais longe as pessoas estiverem do rádio, menor será a intensidade do “campo de som”, ou seja, a percepção do volume ficará cada vez menor.



© Anton Guozdikov/123RF

Ao tocar, uma banda cria um “campo de som”, ou seja, modifica o espaço a sua volta, espalhando o som da música.

## ATIVIDADE 1 Campo falante

É possível dizer que, quando uma pessoa fala, ela cria um “campo de informação” a seu redor? Por quê?

---

---

---

---

---

---

---

---



## O campo elétrico e a diferença de potencial

Como já visto na Unidade 1 deste Volume, a matéria é composta de diversas substâncias que podem ser descritas por meio de um modelo que utiliza átomos e moléculas, que se agrupam em diferentes formas e proporções. Os átomos são compostos (simplicadamente) de três partículas ainda menores, chamadas prótons (com carga elétrica positiva), elétrons (com carga elétrica negativa) e nêutrons (com carga elétrica nula). Cada uma dessas partículas com carga elétrica não nula (prótons e elétrons) pode modificar o espaço a sua volta criando um campo elétrico, ou seja, cada uma delas modifica o espaço de modo que outra carga elétrica, suficientemente próxima, passe a sofrer a ação de uma força gerada pelo campo da partícula carregada.

Assim como ocorre com a claridade gerada por uma lâmpada, a intensidade do campo elétrico é inversamente proporcional à distância, ou seja, quanto maior a distância entre as cargas elétricas, menor será a intensidade do campo elétrico. Também pode-se pensar que, quanto maior a potência da lâmpada, mais iluminado ficará o espaço a sua volta. Da mesma maneira, quanto maior for a carga elétrica, maior será o campo elétrico gerado por ela.

Na linguagem matemática, essa relação pode ser escrita do seguinte modo:

$$E = k \cdot \frac{q}{d^2}$$

**E:** intensidade do campo elétrico, que é medido em newtons por coulomb (N/C);

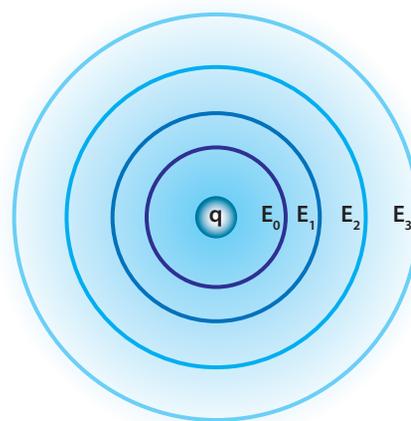
**k:** chamada constante eletrostática, que depende do meio onde está a carga elétrica;

**q:** carga elétrica que gera o campo elétrico;

**d:** distância de um ponto qualquer do espaço até a carga elétrica que gera o campo.

### Exemplo

Determine a intensidade do campo elétrico gerado por uma carga elétrica de 2 mC (milicolomb) em um ponto do espaço situado a 1 m e outro situado a 2 m dessa carga, supondo que ela esteja no ar, onde a constante eletrostática vale  $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$ .



© Daniel Benevanti

As superfícies do espaço submetidas à mesma intensidade do campo elétrico correspondem a superfícies esféricas (círculos) com centro na carga elétrica puntiforme que gera o campo.

Para calcular, basta substituir, na equação, os valores dados. Dessa forma, obtém-se:

$$\text{Para a distância de 1 m: } E = 9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot \frac{10^{-3}}{1^2} = 18 \cdot 10^6 \text{ N/C.}$$

$$\text{Para a distância de 2 m: } E = 9 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot \frac{10^{-3}}{2^2} = 4,5 \cdot 10^6 \text{ N/C.}$$

Como a distância de 1 m (ou 2 m, ou qualquer outra) pode ser em qualquer direção do espaço, pode-se dizer que pontos na superfície de uma esfera em torno de uma carga elétrica pontual estão submetidos à mesma intensidade de campo elétrico. Essas superfícies esféricas, por sua vez, estão submetidas a um mesmo potencial elétrico e por isso são chamadas de superfícies equipotenciais. Entre elas há uma diferença de potencial (ddp) ou tensão elétrica.

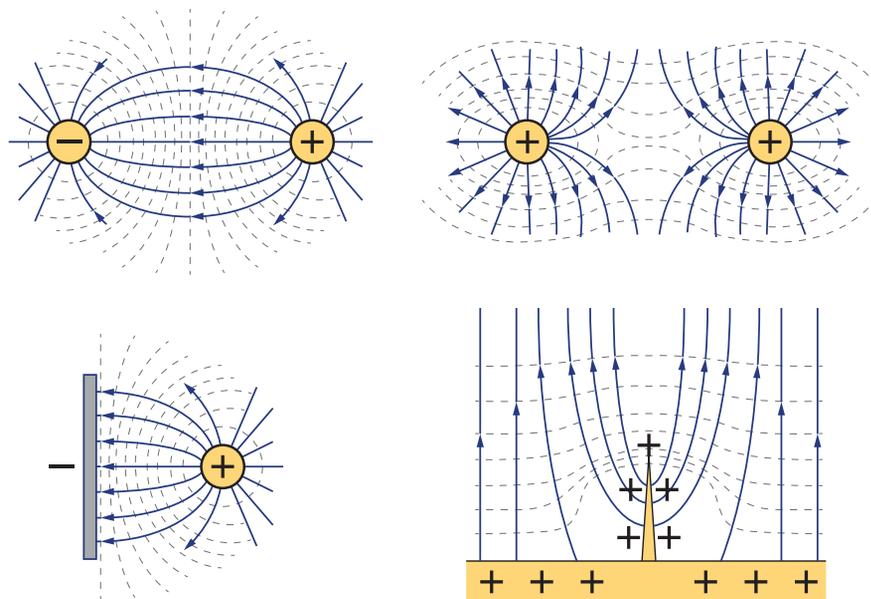
### RELAÇÃO CAMPO-FORÇA

Assim como o “campo de luz” e o “campo de som” estão relacionados à visão e à audição, respectivamente, de um observador, o campo elétrico origina forças que terão efeito sobre cargas expostas a ele, de acordo com a simples relação:

$$F = q \cdot E$$

Ou seja, a força tem mesma direção do campo, e seu sentido e sua intensidade são definidos pelo produto da carga pelo campo.

### Equipotenciais



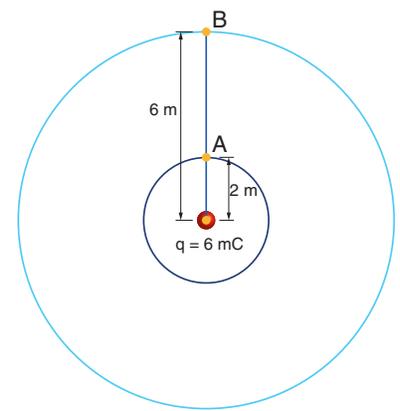
© Daniel Beneventi

As linhas equipotenciais (tracejadas) representam regiões do espaço submetidas ao mesmo potencial elétrico. Dependendo da configuração das cargas elétricas, as regiões do espaço submetidas ao mesmo potencial terão formas distintas.

**ATIVIDADE 2** Campo elétrico

Observe a figura ao lado e responda ao que se pede.

- 1** Determine a intensidade do campo elétrico gerado por uma carga elétrica positiva de 6 mC nos pontos A e B mostrados na figura.



- 2** Se for colocada uma carga elétrica negativa entre o ponto A e o ponto B, ela permanecerá parada ou vai se movimentar em direção a algum dos pontos? Por quê?

---

---

---

- 3** Se for colocada uma carga elétrica positiva entre o ponto A e o ponto B, ela permanecerá parada ou vai se movimentar em direção a algum dos pontos? Por quê?

---

---

---

**HORA DA CHECAGEM****Atividade 1 - Campo falante**

Sim, pois a fala dessa pessoa “preenche” o espaço ao redor dela com as informações que ela está emitindo. Se alguém passar suficientemente perto, poderá ouvir o que está sendo falado. Caso ela estivesse em silêncio, seria diferente, pois quem passasse pelo mesmo lugar não estaria sob efeito do seu “campo de informações” e, portanto, não perceberia nenhum som vindo dessa pessoa.



Você já deve ter observado uma série de fenômenos elétricos e outros tantos fenômenos magnéticos. Ambos envolvem ação a distância. Será que existe alguma relação entre eles? Neste tema, você aprofundará o estudo desses fenômenos e identificará se existe ou não essa relação.

## ? O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Observe a figura ao lado. Ela mostra um guindaste sendo utilizado para erguer e carregar sucata de um lado a outro de um depósito.

Agora, responda:

- Nesse caso, o ímã utilizado é um ímã permanente?
- Como se solta o material preso no ímã que está na ponta do guindaste?
- Um ímã pode ser ligado e desligado?
- É possível produzir um campo magnético sem ímãs?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e veja se você alteraria suas respostas.



© Leslie Garland Picture Library/Alamy/Glow Images

## 📖 Uma descoberta importante

Numa tarde do ano de 1819, durante uma aula de Física, o professor Hans Christian Oersted observou, surpreso, que a agulha da bússola se movimentava quando era aproximada de um fio metálico pelo qual passava uma corrente elétrica. Ele notou ainda que, ao inverter o sentido da corrente elétrica, a bússola girava em sentido contrário.

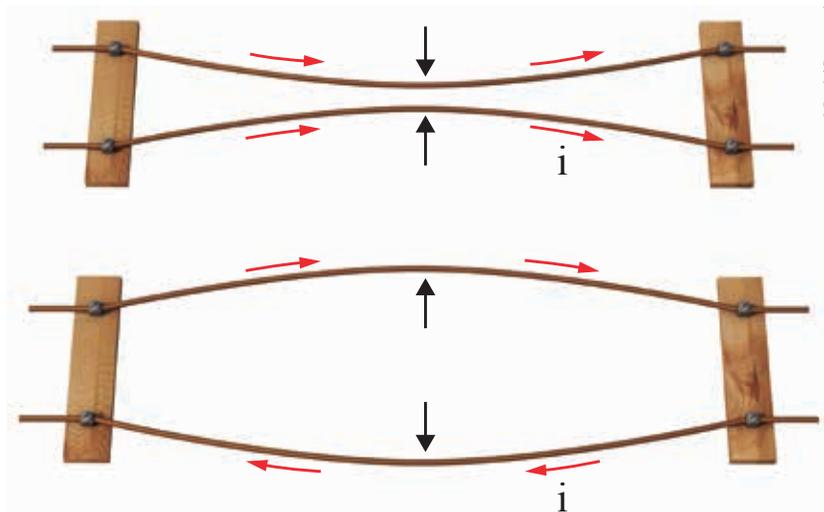
Essa descoberta acidental, ocorrida durante uma aula, revolucionou o conhecimento científico: foi empiricamente comprovado que existe uma relação entre eletricidade e magnetismo, ou seja, **carga elétrica em movimento produz campo magnético**. Mas ainda faltava analisar e descrever como isso acontecia.

Em complemento a essa descoberta, o francês André-Marie Ampère imaginou então que, se um fio que era percorrido por uma corrente elétrica era capaz de produzir um campo magnético que afetasse uma bússola, dois fios semelhantes também deveriam interagir magneticamente. Para comprovar suas hipóteses, realizou uma série de experimentos usando dois fios retos e paralelos entre si, com os quais demonstrou que tal interação era simples e fundamental: quando os fios eram percorridos por corrente elétrica no mesmo sentido, eles se atraíam; quando eram percorridos por correntes elétricas em sentidos opostos, se repeliam.



© Look and Learn/Bridgeman Images/Keystone

Oersted faz uma demonstração da sua experiência e afirma que, quando uma corrente elétrica passa pelo fio, a agulha gira até encontrar uma direção igual à do fio. Quando a corrente é invertida, a agulha gira 180°, permanecendo perpendicular ao fio.



© Daniel Beneventi

Dois fios percorridos por corrente elétrica passam a se repelir ou a se atrair, dependendo do sentido da corrente em cada fio.

Verificou também que a força magnética entre os dois fios era proporcional à intensidade da corrente elétrica que os percorria, mas inversamente proporcional à distância entre eles. Nascia, assim, um novo campo de estudo na Física: o eletromagnetismo.

## ATIVIDADE 1 Onde estão os campos magnéticos?

De acordo com os experimentos de Oersted e Ampère, todo fio percorrido por uma corrente elétrica gera um campo magnético. Então, por que não se percebem esses campos magnéticos nos cabos elétricos que distribuem energia para casas, comércios e indústrias, e percorrem todos os aparelhos elétricos?

---

---

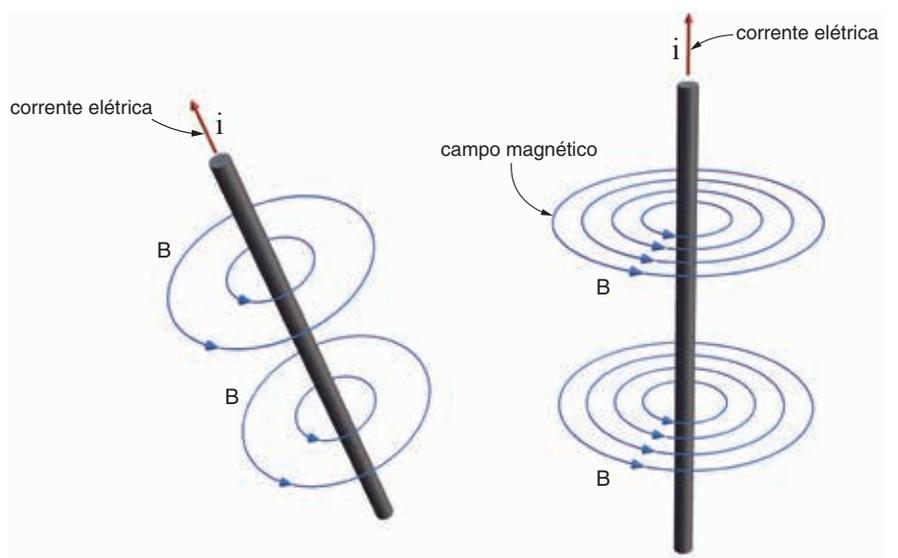
---

---

---

### Campo magnético gerado por um fio condutor longo e retilíneo que é percorrido por uma corrente elétrica

Quando um fio condutor retilíneo é percorrido por uma corrente elétrica, ele produz um campo magnético. A intensidade desse campo é diretamente proporcional à intensidade da corrente elétrica que percorre o fio (quanto maior o valor da corrente, maior o valor do campo), mas inversamente proporcional à distância do campo ao fio (quanto mais longe do fio, menor será o valor do campo). Como a distância de um ponto qualquer em relação ao fio não depende da direção na qual o ponto se afasta dele, as linhas sujeitas à mesma intensidade do campo magnético (gerado pela corrente elétrica que percorre o fio) corresponderão a círculos no espaço cujo centro é o fio.



A intensidade do campo magnético (**B**) gerado por uma corrente elétrica de intensidade *i* num ponto qualquer, a uma distância *d* do fio, pode ser determinada pela equação:

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

**B**: intensidade do campo magnético (medida em tesla – T);

$\mu$ : permeabilidade magnética do meio no qual o fio condutor está mergulhado  $\left(\frac{T \cdot m}{A}\right)$ ;

*i*: intensidade da corrente elétrica (A);

*d*: distância do ponto ao fio (m).

No vácuo, o valor da permeabilidade magnética é de  $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$ , que é aproximadamente o mesmo do ar.

### Exemplo 1



Imagine um fio de transmissão na atmosfera terrestre percorrido por uma corrente de intensidade constante igual a 50 A. Determine a intensidade de campo magnético num ponto situado a 2 m do fio.

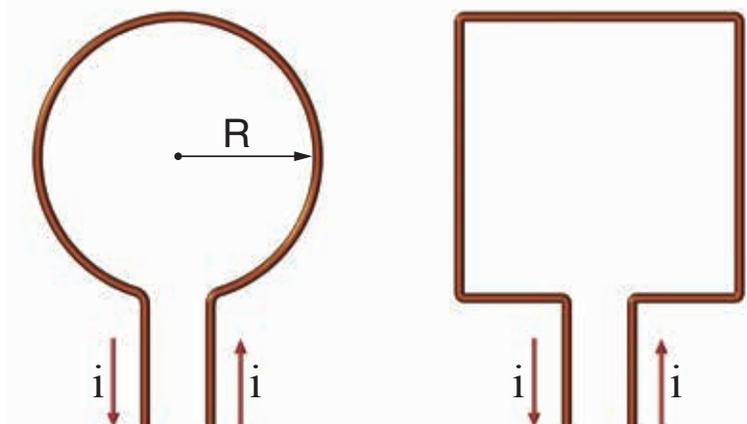
De acordo com o texto, as grandezas são:  $i = 50$  A,  $d = 2$  m. Substituindo na equação, obtém-se:

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{50}{2} = 50 \cdot 10^{-7} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ ou } 5 \mu\text{T (5 microtesla)}$$



## Campo magnético gerado por uma espira circular

Uma espira circular é um fio enrolado em formato circular, com raio definido, como mostra a figura a seguir. Se esse fio for percorrido por uma corrente elétrica, ele vai gerar um campo magnético que será o campo magnético da espira.



Um fio não retilíneo, por onde passa uma corrente elétrica, constitui uma espira. As mais utilizadas são a espira circular (A) e a espira quadrada ou retangular (B).

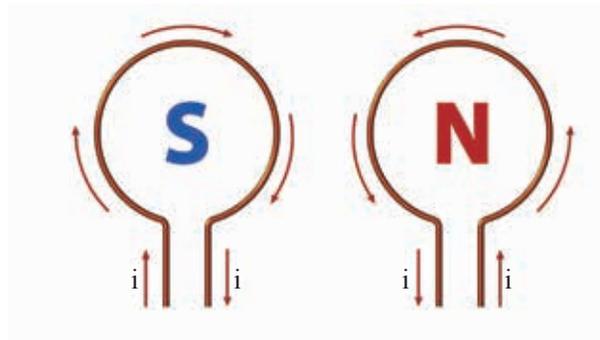
A imagem ao lado mostra a disposição que assume a limalha de ferro quando colocada sobre um papel cortado por uma espira.

Quando uma corrente elétrica percorre uma espira, ela gera um campo magnético. A disposição assumida pela limalha de ferro sugere que cada lado da espira funciona como um polo magnético.

Colocando duas espiras frente a frente, nota-se que, quando são percorridas por correntes no mesmo sentido, elas se atraem, mas, com correntes em sentido contrário, elas se repelem. Isso só é possível se cada lado da espira assumir uma polaridade magnética. Um lado dela fica com polaridade Norte e outro com polaridade Sul. O lado da espira a partir do qual se observa a corrente elétrica circular no sentido horário é o polo Sul, e, no sentido anti-horário, é o polo Norte.



Linhas de campo magnético geradas por uma espira circular.



© Daniel Beneventi

A polaridade da espira depende do sentido de rotação da corrente elétrica. Se a corrente circular no sentido horário, então o lado observado da espira representa o polo Sul. Senão, será o polo Norte.

A intensidade do campo magnético no centro da espira pode ser determinada pela equação:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2 \cdot R}$$

B: campo magnético no interior da espira (T);

$\mu$ : permeabilidade magnética  $\left(\frac{T \cdot m}{A}\right)$ ;

i: intensidade da corrente elétrica (A);

R: raio da espira (m).

### Exemplo

A espira circular mostrada na figura ao lado é percorrida por uma corrente de 0,3 A.

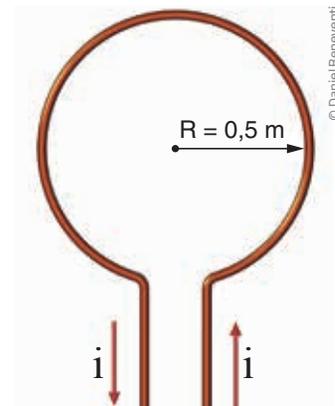
- Qual é a intensidade do campo magnético no centro dessa espira?
- A face mostrada na figura corresponde ao polo Norte ou ao polo Sul magnéticos?
- Se um pedaço de ferro fosse colocado nas proximidades dessa espira, ele sofreria a ação de uma força de atração ou de repulsão magnética?

Os dados são:  $i = 0,3$  A, e o raio R da espira é 0,5 m.

- Então, a intensidade do campo será:

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,3}{2 \cdot 0,5} = 3,77 \cdot 10^{-7}$$

ou aproximadamente  $0,38 \mu\text{T}$ .



© Daniel Beneventi

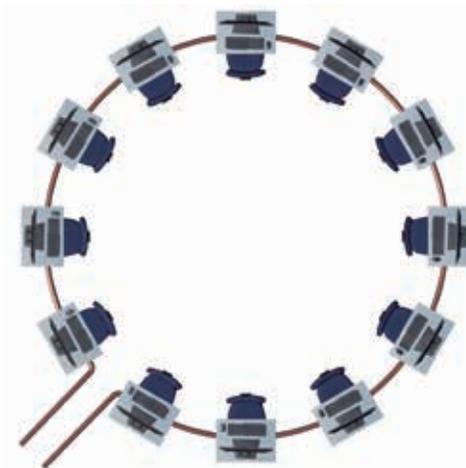
b) Como a corrente circula pela espira no sentido anti-horário, a face mostrada na figura é a face Norte.

c) Independentemente de ser polo Norte ou polo Sul, a força entre um ímã e um material ferromagnético não imantado é sempre de atração.

### ATIVIDADE 3 Intensidade na espira

Numa sala de pré-atendimento para marcar consultas médicas, há uma instalação elétrica para 12 computadores, dispostos em uma mesa circular de raio 1,5 m. A instalação elétrica passa por baixo das mesas e delimita um círculo também de raio 1,5 m, conforme a figura ao lado.

**1** Calcule a intensidade do campo magnético no centro da sala quando a corrente elétrica que circula na instalação elétrica for de 3 A.



© Daniel Berrevent

**2** Esse campo seria capaz de alterar a direção de uma bússola? Por quê? (Consulte a tabela *Valores típicos de campos magnéticos*, p. 59).

---

---

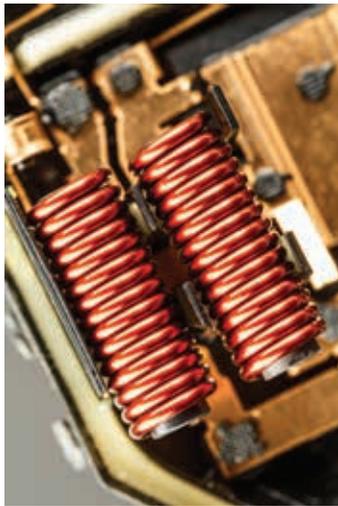
---

---

---

### Campo magnético gerado por um solenoide

Chama-se de solenoide, ou bobina, um fio condutor longo e enrolado em espiral, de forma que se pareça com um tubo formado por espiras iguais e dispostas uma ao lado da outra, igualmente espaçadas.



© MarekUszynski/123RF

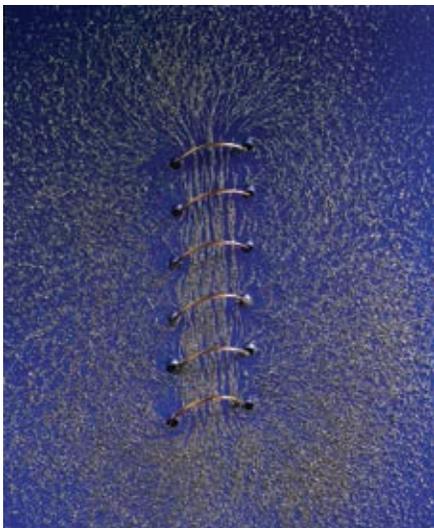


© jultud/123RF

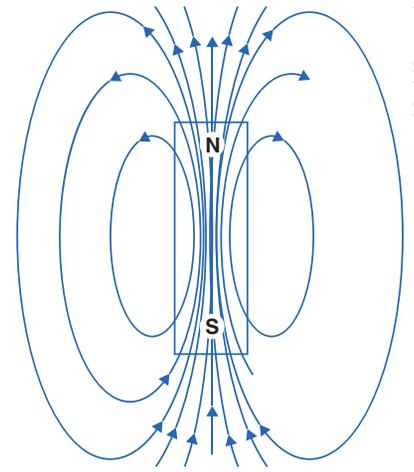
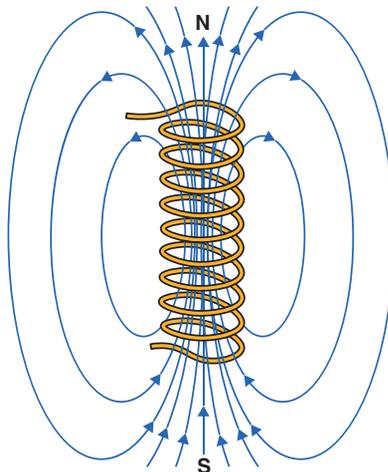
Bobinas ou solenoides são uma sucessão de espiras. Eles podem ter diversos tamanhos e formatos.

O solenoide, então, comporta-se como uma superposição de espiras, uma em seguida a outra. Ao ser percorrido por uma corrente elétrica, surge, no interior do solenoide, um campo magnético cuja intensidade é a soma do campo magnético gerado por cada uma das espiras que o compõem.

Um solenoide se comporta de modo semelhante a um ímã em forma de barra, já que suas extremidades apresentam os polos magnéticos Norte e Sul, dependendo do sentido de circulação da corrente elétrica.



© 1990 Richard Megna - Fundamental Photographs



© Daniel Beneventi

O campo magnético no interior do solenoide é praticamente uniforme.

A limalha de ferro espalhada pelo campo magnético permite perceber que, no interior do solenoide (bobina), o campo magnético é uniforme, com um desenho de linhas retas e paralelas.

Um solenoide percorrido por uma corrente elétrica apresenta campo magnético semelhante ao gerado por um ímã e se comporta também de forma semelhante. Porém, quando o circuito é desligado e a corrente elétrica para de circular, o solenoide perde suas propriedades magnéticas, diferentemente do que ocorre com um ímã permanente.

Se um solenoide for retilíneo e compacto, composto de um número muito grande de espiras justapostas, de maneira a formar uma espécie de tubo, o campo magnético gerado no seu interior, quando for percorrido por uma corrente elétrica, é praticamente constante. Esse campo magnético depende do número de espiras, do comprimento do solenoide, da intensidade da corrente elétrica e do material no qual o solenoide está mergulhado. Formalmente, esse conceito é escrito da seguinte maneira:



© GIPhotoStock/Getty Images

$$B = \frac{\mu \cdot n \cdot i}{\ell}$$

**B:** intensidade do campo magnético (em T);  
 **$\mu$ :** permeabilidade magnética do meio  $\left(\frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}\right)$ ;  
**n:** número de espiras do solenoide;  
**i:** intensidade da corrente elétrica (em A);  
 **$\ell$ :** comprimento do solenoide (em cm).

### Exemplo 1

Uma bobina utilizada num circuito elétrico é formada por 50 espiras e tem 10 cm de comprimento. Determine a intensidade do campo magnético gerado quando ela é percorrida por uma corrente de 100 mA.

Os dados são:  $i = 100 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ ;  $n = 50$ ;  $\ell = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$ ; e  $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$ . Então, a intensidade do campo será:

$$B = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 50 \cdot 100 \cdot \frac{10^{-3}}{0,1} = 628 \cdot 10^{-7} \text{ T}, \text{ ou aproximadamente } 62,8 \mu\text{T}.$$

### Exemplo 2

Se for colocado, no interior desse solenoide, um material ferroso (como uma barra de ferro) cuja permeabilidade magnética vale  $16\pi \cdot 10^{-4} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$ , a intensidade do campo magnético vai aumentar ou diminuir? Quantas vezes?

Nesse caso, os dados são:

$$i = 100 \cdot 10^{-3} \text{ A}; n = 50; \ell = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}; \text{ e } \mu = 16\pi \cdot 10^{-4} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}.$$

Então, a intensidade do campo será:

$$B = 16\pi \cdot 10^{-4} \cdot 50 \cdot 100 \cdot \frac{10^{-3}}{0,1} = 2.512 \cdot 10^{-4} \text{ T}, \text{ ou aproximadamente } 251,2 \text{ mT}.$$

Portanto, a intensidade do campo magnético aumenta quase 4.000 vezes:

$$\frac{251,2 \cdot 10^3}{62,8} = 4.000$$

## ATIVIDADE 4 Ampliando campos

**1** Um solenoide está ligado a uma bateria que pode fornecer até 40 mA de corrente elétrica. Para que ele possa produzir um campo magnético de intensidade 90 mT, enrolado num tubo de 20 cm, quantas voltas seriam necessárias?

**2** Se for colocado no interior desse solenoide um material ferroso (como uma barra de ferro) cuja permeabilidade magnética vale  $16\pi \cdot 10^{-4} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$ , quantas voltas seriam necessárias para obter o mesmo campo magnético?

### ELETROÍMÃ

O eletroímã é um dispositivo que utiliza um fio condutor enrolado ao redor de um núcleo de ferro ou aço, como um solenoide preenchido por material ferroso. Ele utiliza corrente elétrica para gerar um campo magnético semelhante àqueles encontrados nos ímãs naturais, porém muito mais potente. São muito utilizados em motores, campainhas, computadores, ferros-velhos, na indústria e nos portos, para separar e carregar materiais ferrosos.



© Doug Martin/Getty Images

Quando uma corrente elétrica circula por um fio enrolado num prego, esse prego se torna um eletroímã e passa a atrair alguns materiais metálicos, como os cliques.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Onde estão os campos magnéticos?

Como percebeu André-Marie Ampère, os campos magnéticos gerados por corrente elétrica dependem da intensidade dela e da distância entre eles. Assim, os valores de corrente elétrica residencial são relativamente pequenos, e as distâncias podem ser grandes, o que torna a intensidade dos campos magnéticos bastante baixa e imperceptível.

### Atividade 2 - Intensidade magnética

Com base no gráfico, observa-se que, quando  $B = 8 \cdot 10^{-7} \text{ T}$ , a distância é  $d = 2 \text{ m}$ . Então, substituindo na equação, tem-se:

$$8 \cdot 10^{-7} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{i}{2}; \text{ portanto, } i = 8 \text{ A.}$$



Como já foi visto, uma corrente elétrica é capaz de gerar um campo magnético. Mas será que o contrário também é possível? Neste tema, você aprofundará seu conhecimento sobre o eletromagnetismo e poderá identificar se há ou não essa possibilidade.

## O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Observe a figura abaixo. Ela mostra uma usina hidroelétrica.



© Delfim Martins/Pulsar Imagens

- Quais são as formas de energia envolvidas na produção da energia elétrica numa usina hidroelétrica?
- Por que é necessário construir uma barragem e represar a água do rio?
- Por que é necessário fazer as turbinas da usina girarem?
- Como funciona o gerador de energia elétrica?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---

---

---

---

---

## Indução eletromagnética

Depois de perceber que correntes elétricas podiam criar campos magnéticos, os físicos quiseram saber se o inverso também podia acontecer, ou seja: seria possível, então, um campo magnético criar uma corrente elétrica?

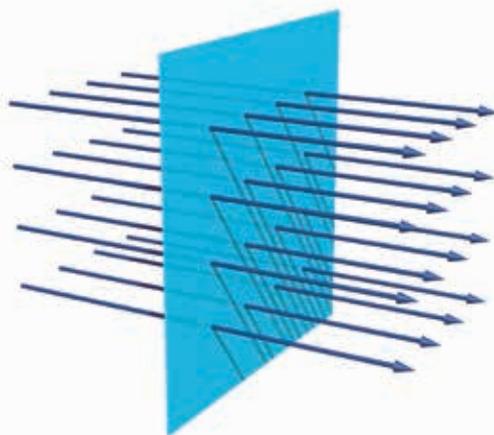
Após seis anos de pesquisa intensa, o físico inglês Michael Faraday conseguiu provar empiricamente que sim. Essa descoberta foi uma das mais importantes e revolucionárias para a ciência do mundo moderno, pois esse é o princípio de funcionamento de geradores que convertem energia mecânica em energia elétrica. Além disso, a indução eletromagnética possibilitou o desenvolvimento de tecnologias como a gravação e a leitura de dados em fitas magnéticas, a emissão e recepção de ondas de rádio e de TV e diversas aplicações no universo da informática, tão importantes na vida contemporânea.



Faraday apresenta seus resultados a uma plateia atenta.

## Fluxo de campo magnético

O conceito de fluxo pode ser familiar para muitas pessoas. O tempo flui, a água flui pelo encanamento e se diz que “o trabalho está fluindo bem”. O verbo “fluir” transmite a ideia de que algo se movimenta. No caso do campo magnético não é diferente. Imagine que você pega uma bobina que está desligada e, em seguida, a liga. Assim que a corrente elétrica começar a circular pelos fios da bobina, ela vai gerar um campo magnético que vai “passar” pelo espaço, espalhando o campo em várias direções, assim como a luz de uma lâmpada que acaba de ser acendida. Pode-se dizer, então, que o campo magnético está fluindo pelo espaço, ou seja, existe uma parte do campo magnético atravessando uma determinada área do espaço.

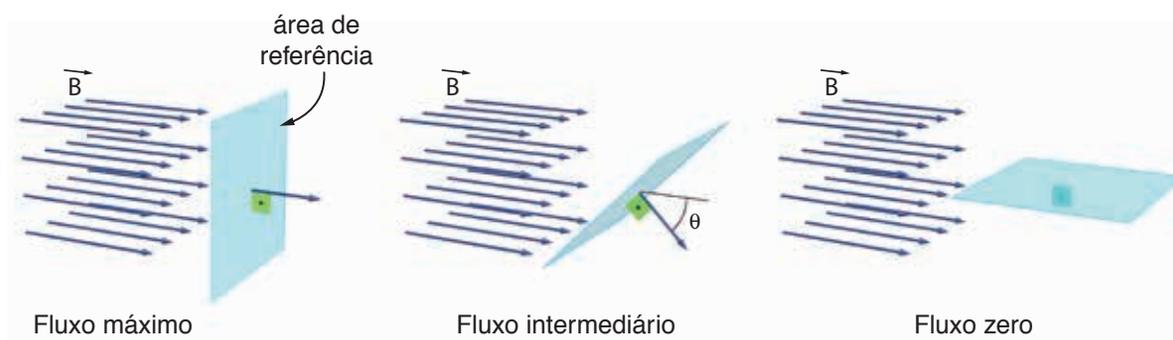


O fluxo do campo magnético associa a passagem do campo por uma superfície definida no espaço. Se a intensidade do campo magnético for de 1 T e a área for de  $1 \text{ m}^2$ , o fluxo será de 1 weber.

O fluxo do campo magnético depende de três grandezas:

- da intensidade do campo magnético (**B**): quanto maior a intensidade do campo magnético, maior será o fluxo (são diretamente proporcionais);
- da área (**A**) considerada para medir a intensidade do campo magnético: quanto maior a área, maior será o fluxo (são diretamente proporcionais);
- da inclinação ( $\theta$ ) entre a área considerada e a direção do campo magnético: quanto mais perpendicular a área considerada estiver em relação ao campo magnético, maior será o fluxo.

Como o fluxo  $\Phi$  depende de três grandezas, para haver variação é necessário que pelo menos uma delas varie.



O fluxo magnético depende da inclinação entre o campo magnético e a área considerada. Ele é máximo para área perpendicular ao campo e nulo para área paralela ao campo magnético.

Todos esses conceitos estão relacionados na seguinte equação:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

$\Phi$ : fluxo do campo magnético (medido em Wb);  
 $B$ : intensidade do campo magnético (em T);  
 $A$ : área considerada (em  $m^2$ );  
 $\theta$ : ângulo de inclinação dessa área em relação ao campo magnético.

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de fluxo magnético é tesla vezes metro quadrado ( $T \cdot m^2$ ), à qual dá-se o nome de weber (Wb), em homenagem ao físico alemão Wilhelm Weber, que estudou esse fenômeno.

### Exemplo

Uma espira quadrada de lado 10 cm está mergulhada num campo magnético de 3 T. Qual é a intensidade do fluxo magnético que passa pela espira quando:

a) ela está perpendicular ao campo?

Os dados são:  $B = 3 \text{ T}$ ;  $A = 10 \text{ cm} \cdot 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,01 \text{ m}^2$  e  $\theta = 0$  ( $\cos 0 = 1$ ), então:

$$\Phi = 3 \cdot 0,01 \cdot 1 = 0,03 \text{ Wb}$$

b) ela forma um ângulo de  $60^\circ$  com o campo?

Os dados são:  $B = 3 \text{ T}$ ;  $A = 10 \text{ cm} \cdot 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,01 \text{ m}^2$ ; e  $\theta = 60^\circ$  ( $\cos 60^\circ = 0,5$ ), então:

$$\Phi = 3 \cdot 0,01 \cdot 0,5 = 0,015 \text{ Wb}$$

c) ela está paralela o campo?

Os dados são:  $B = 3 \text{ T}$ ;  $A = 10 \text{ cm} \cdot 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,01 \text{ m}^2$ ; e  $\theta = 90^\circ$  ( $\cos 90^\circ = 0$ ), então:

$$\Phi = 3 \cdot 0,01 \cdot 0 = 0 \text{ Wb}$$

## ATIVIDADE

### 1 Ímãs e espiras

**1** Se um ímã girar em torno de uma espira fixa, o fluxo magnético vai variar? Justifique.

---

---

---

**2** Se uma espira girar próxima a um ímã fixo no espaço, o fluxo magnético vai variar? Justifique.

---

---

---



## Corrente induzida

Como já foi visto, após a descoberta de Oersted sobre os efeitos magnéticos gerados por uma corrente elétrica (que nada mais é do que um fluxo de elétrons num fio condutor), o físico inglês Faraday mostrou a possibilidade do fenômeno inverso, ou seja, de o fluxo magnético ter a capacidade de gerar uma corrente

elétrica. Após cinco anos de intensa pesquisa, Faraday percebeu que não era o fluxo de campo magnético que gerava uma corrente elétrica, mas sim a variação no fluxo.

Ele notou que, quando o fluxo magnético variava próximo a um circuito fechado, como um solenoide ligado a um aparelho, surgia uma corrente elétrica para a qual se deu o nome de corrente induzida. Esse fenômeno chama-se **indução eletromagnética**, em que a variação do fluxo de um determinado campo magnético movimenta os elétrons que estejam sob seu efeito, produzindo uma corrente elétrica.

Existem aparelhos capazes de transformar energia elétrica em outras formas de energia, e vice-versa. Um receptor elétrico é uma máquina projetada para transformar energia elétrica em outra forma de energia, como um motor que produz energia mecânica, enquanto um gerador faz exatamente o contrário: produz energia elétrica por meio da energia mecânica. A indução eletromagnética é o princípio fundamental que dá suporte ao funcionamento de geradores, motores elétricos e a maioria das máquinas elétricas.

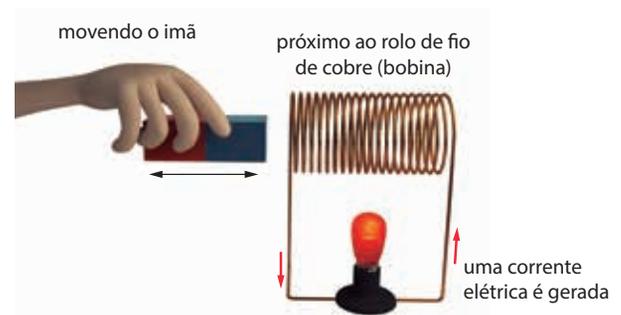


## Gerador elétrico

Com exceção das usinas fotossolares (que trabalham com células fotovoltaicas, alimentadas pelo Sol), toda usina elétrica utiliza o princípio da indução elétrica. Em toda usina existe uma turbina que gira, mas o que faz uma usina diferir de outra é como tal turbina gira: pode ser com a energia das águas, nas hidroelétricas; com a energia do vapor, nas termoelétricas; ou com a energia dos ventos, nas usinas eólicas. Cada turbina está ligada a um gerador. Mas o que o gerador faz? Como ele produz a corrente elétrica que chega até as residências?

Do ponto de vista elétrico, um gerador possui ímãs e uma bobina que gira nas proximidades do campo magnético gerado.

Do ponto de vista mecânico, o gerador é composto de um estator – uma estrutura metálica (carcaça) revestida com fios de cobre que formam um circuito – e de um rotor – um eixo que roda no interior do estator, acionado por um eixo ligado a uma turbina que fornece a energia mecânica. Esse rotor, em sua parte mais externa, tem um eletroímã alimentado por uma pequena corrente elétrica.





© Daniel Beneventi



© knochmaster/123RF

Quando o rotor gira, ocorre uma variação do fluxo magnético que produz um campo elétrico ao longo do fio, que, por sua vez, produz a corrente elétrica. A diferença de potencial entre os extremos, uma tensão elétrica, é também chamada força eletromotriz. O valor dessa força depende da velocidade de variação do fluxo magnético. Em linguagem matemática, escreve-se:

$$U = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

U: valor da tensão elétrica produzida pela variação do fluxo magnético;

$\Delta\Phi$ : variação do fluxo magnético;

$\Delta t$ : tempo necessário para que essa variação ocorra.

É importante deixar claro que não importa se é o ímã que se desloca em relação à bobina ou o contrário; o importante é que um se movimenta em relação ao outro.



© Vespasian/Alamy/Glow Images

Gerador de uma usina hidroelétrica.



**ASSISTA!**

Física – Volume 3

*Eletricidade: por dentro do gerador*

O vídeo analisa a produção de energia elétrica em uma usina. No início, retoma o conceito de eletricidade e eletrização por atrito para depois discutir a produção de eletricidade em maior escala, por meio da pilha de Alessandro Volta. Em seguida, apresenta os experimentos de Oestered e Faraday, que relacionam eletricidade com magnetismo, e analisa como se realiza a produção de corrente elétrica em larga escala. Por fim, o vídeo apresenta e analisa o funcionamento de uma usina hidroelétrica.

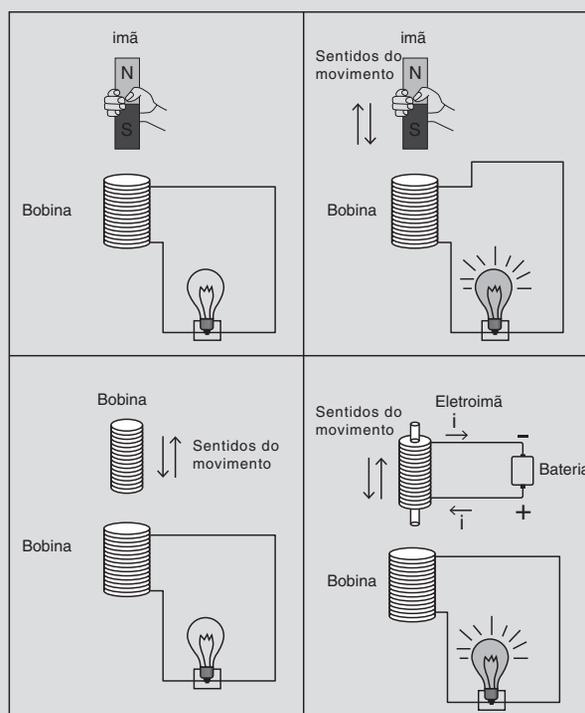


A energia elétrica propicia uma série de melhorias na qualidade de vida da população em geral, democratizando o acesso à energia. Então, por que nem todos os brasileiros têm acesso à energia elétrica?



## DESAFIO

**1** Uma das mais importantes formas de produção de energia elétrica, em nossa vida cotidiana, é proveniente de processos de transformação que envolvem a obtenção dessa energia pelo movimento. A construção de geradores de energia elétrica baseia-se nos estudos de Faraday, que observou correntes elétricas (induzidas) em circuitos fechados, sem que pilhas ou baterias estivessem conectadas aos mesmos. As figuras representam, esquematicamente, situações fundamentais para a compreensão das condições necessárias para a obtenção de corrente elétrica induzida.



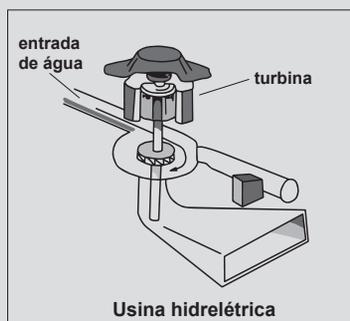
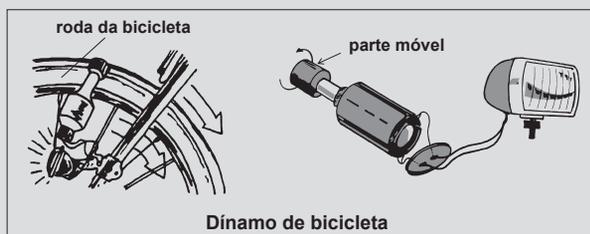
Correntes elétricas induzidas aparecem em um circuito fechado quando:

- I. um ímã ou uma bobina permanecem parados próximos ao circuito.
- II. um ímã ou um eletroímã movem-se na região do circuito.
- III. ocorrem variações, com o tempo, do campo magnético na região do circuito.

Está correto o que se afirma apenas em

- a) I
- b) II
- c) III
- d) I e III
- e) II e III

**2** Dínamos de bicicleta, que são geradores de pequeno porte, e usinas hidrelétricas funcionam com base no processo de indução eletromagnética, descoberto por Faraday. As figuras abaixo representam esquematicamente o funcionamento desses geradores.



Nesses dois tipos de geradores, a produção de corrente elétrica ocorre devido a transformações de energia

- mecânica em energia elétrica.
- potencial gravitacional em energia elétrica.
- luminosa em energia elétrica.
- potencial elástico em energia elétrica.
- eólica em energia elétrica.

Pasusp 2008. Disponível em: <<http://www.fuvest.br/vest2009/provas/pasusp2008v.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2014.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Ímãs e espiras

- Sim, pois, com o ímã girando, tanto a intensidade quanto o ângulo entre ele e a espira vão se alterar, fazendo que o fluxo magnético varie.
- Sim, pois, com a espira girando, o ângulo entre ela e o ímã se altera, fazendo o fluxo magnético variar.

### Desafio

- Alternativa correta: e. A afirmação I está incorreta, pois é necessário um movimento relativo entre ímã e bobina para induzir corrente elétrica. Por isso, as afirmações II e III estão corretas, dado que o movimento relativo entre o ímã ou eletroímã e os fios produz variação no fluxo magnético, o que induz uma corrente.
- Alternativa correta: a. Nos dois casos ocorre transformação de energia cinética (mecânica) em energia elétrica.



## TEMAS

1. Radiação eletromagnética
2. Radiação corpuscular
3. Física nuclear

## Introdução

A Física teve seu início no mundo grego, especialmente com o filósofo Aristóteles. A Física aristotélica era a principal fonte de explicações para os fenômenos observados naquela época e suas conclusões permaneceram aceitas por aproximadamente dois mil anos, até que novos cientistas como Galileu e Newton a reformulassem, criando a chamada Física clássica, entre os séculos XVI a XVIII. A partir da virada do século XIX para o século XX, novas descobertas abalaram as bases da Física clássica, o que levou a nova reformulação, dando origem à Física moderna. Esta passou a incluir a radioatividade, a relatividade e a mecânica quântica, entre outros novos alicerces.

O Tema 1 vai focar o que é radiação e quais são as formas de radiação eletromagnética. O Tema 2 abordará as radiações corpusculares. Por fim, o Tema 3 explorará as reações nucleares, que são a fonte de energia das estrelas e têm sido utilizadas, também, como fonte de energia, nas usinas nucleares.



### TEMA 1 Radiação eletromagnética

A física das radiações é uma parte importante do conhecimento científico. Ela envolve tanto as partículas emitidas por átomos como as ondas eletromagnéticas. Neste tema, você estudará um pouco mais sobre a radiação eletromagnética.



### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Atualmente, a comunicação entre pessoas é mais fácil, pois são várias as possibilidades disponíveis para os seres humanos se comunicarem uns com os outros. Observe a figura a seguir e responda o que se pede.



- Qual é a diferença entre os telefones fixos e os telefones celulares?
- Como é feita a conexão entre um telefone fixo e outro telefone fixo?
- Como é feita a comunicação entre aparelhos celulares?
- Ondas de TV, de rádio e micro-ondas são iguais, da mesma natureza? Por quê?
- Os raios gama são ondas ou matéria?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---

---

---

---

---

---

---

---

### O que é radiação?

Os físicos definem radiação como uma **forma de transmissão de energia que não depende necessariamente da presença de um meio material**, podendo ocorrer também no vácuo. A radiação pode ser de natureza ondulatória (quando a transmissão da energia ocorre por ondas eletromagnéticas) ou corpuscular (quando se dá por meio de partículas).



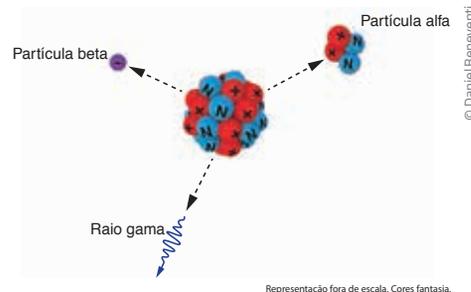
GSMA. *Comunicação Móvel Celular e Saúde*. Disponível em: <[http://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2014/02/Mobile-Communications-and-Health\\_2014\\_PORTUGUES\\_WEB.pdf](http://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2014/02/Mobile-Communications-and-Health_2014_PORTUGUES_WEB.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2014.

Espectro eletromagnético é o conjunto das radiações eletromagnéticas. Quanto maior a energia da onda, maior sua frequência e menor seu comprimento de onda, o que a torna mais penetrante na matéria. A radiação ionizante é aquela que possui energia suficiente para ionizar átomos e moléculas, ou seja, para arrancar seus elétrons, deixando-os positivamente carregados.

As radiações podem ser geradas por fontes naturais ou por mecanismos artificiais, construídos pelo ser humano. Elas possuem energia variável, desde valores pequenos ( $10^{-33}$  J) até valores muito elevados ( $10^{-7}$  J).

As radiações eletromagnéticas se caracterizam por sua frequência e, quanto maior ela for, maior a potência que transportam, ou seja, mais energia levam por unidade de tempo. As mais conhecidas são: luz visível, infravermelho, ultravioleta, ondas de rádio, micro-ondas, raios X e raios gama.

As radiações corpusculares, ou particuladas, caracterizam-se por: terem carga, massa e velocidade, sendo que as mais conhecidas são as radiações alfa e beta. A primeira (radiação alfa) corresponde ao núcleo do elemento Hélio; a segunda (radiação beta) corresponde a elétrons ( $\beta^-$ ) ou ao pósitron ( $\beta^+$ ), uma espécie de “gêmeo positivo” do elétron.



Representação fora de escala. Cores fantasia.

A radiação corpuscular, também conhecida como radioatividade, é uma emissão de partículas do núcleo atômico. As mais conhecidas são as partículas alfa e beta.

## ENERGIA E FREQUÊNCIA

A energia transportada por unidade de tempo por uma onda eletromagnética é diretamente proporcional à sua frequência, ou seja, quanto maior for a frequência de uma onda, maior será sua energia.

Para as micro-ondas, a frequência está em torno de 1 GHz (1 Gigahertz ou  $1 \cdot 10^9$  Hz), enquanto para os raios gama ( $\gamma$ ) a frequência é da ordem de 30 EHz (30 exahertz ou  $30 \cdot 10^{18}$  Hz).



## Raios ultravioleta

Os raios ultravioleta (UV) constituem parte importante das ondas eletromagnéticas emitidas pelo Sol e que atingem a Terra. Esses raios têm energia suficiente para ionizar os átomos da alta atmosfera, dando origem à ionosfera, onde as ondas de rádio são refletidas. Devido à sua alta energia, os raios ultravioleta (assim como os raios gama) também podem ser utilizados para esterilizar objetos, exterminando vários microrganismos.

A radiação ultravioleta proveniente do Sol nos atinge todos os dias. Os raios UV penetram profundamente em nossa pele e, além do bronzeamento, quando a exposição ao Sol é exagerada, podem causar queimaduras na pele, envelhecimento precoce e provocar alterações genéticas, podendo até desencadear o desenvolvimento de um câncer de pele. Por isso recomenda-se muito cuidado ao se expor ao Sol, além do uso de protetores solares, que ajudam a pele a bloquear a radiação e manter a saúde do indivíduo.



© Daniel Zgombic/E+/Getty Images

A radiação ultravioleta é capaz de eliminar boa parte das bactérias, fungos e vírus que contaminam instrumentos médicos.



© Jim Reed/SPL/Latinstock

O efeito da radiação ultravioleta na pele pode ser perigoso. A exposição prolongada ao Sol pode gerar queimaduras dolorosas e até mesmo câncer de pele. Por isso é importante utilizar o protetor solar (filtro ou bloqueador).

### ATIVIDADE 1 Índice UV

O esquema ao lado mostra o índice de radiação ultravioleta (IUV) divulgado constantemente por jornais, revistas e telejornais.

Você acredita que é necessário utilizar protetor solar para qualquer índice de radiação UV que for detectada? Justifique.

---



---



---



---



---



---



© Folhapress

Fonte: ÍNDICE UV. Folha de S. Paulo. Disponível em: <<http://tempo.folha.com.br/iuv>>. Acesso em: 20 out. 2014.

## Raios X

Raios X são outro tipo bastante conhecido de onda eletromagnética. Eles são capazes de atravessar muitas estruturas, como a pele e os músculos dos seres vivos, e são absorvidos por outras, como os ossos. Isso acontece porque os ossos são estruturas que têm grande concentração de cálcio, elemento capaz de absorver esse tipo de radiação. Em função dessa característica, os raios X são muito utilizados na medicina para análise das condições dos órgãos internos do corpo humano, diagnóstico de fraturas, localização e tratamento de tumores etc. Em Física, os raios são utilizados para analisar a estrutura atômica da matéria.



As imagens produzidas com os raios X são importantes instrumentos de diagnóstico na medicina. Contudo, a exposição continuada aos raios X pode causar queimaduras e, em casos mais graves, mutações no DNA e alguns tipos de câncer, como a leucemia.

© LivingArt Enterprises/Photosearchers/Latinstock

### ATIVIDADE 2 Excesso de raios X

1 Leia o texto abaixo e responda ao que se pede.

 [http://www.tst.jus.br/web/guest/noticias/-/asset\\_publisher/89Dk/content/id/2284285](http://www.tst.jus.br/web/guest/noticias/-/asset_publisher/89Dk/content/id/2284285)  

**TRIBUNAL SUPERIOR DO TRABALHO** 

13/08/2012 09:47

**Auxiliar de enfermagem exposta a raios X recebe adicional de periculosidade**

**Dirceu Arcoverde / RA**

A Primeira Turma do Tribunal Superior do Trabalho concedeu a uma auxiliar de enfermagem do Hospital Nossa Senhora da Conceição S.A. de Porto Alegre (RS), adicional de periculosidade após constatar a exposição da profissional a radiação ionizante emanada de um aparelho de raios X utilizado durante exames em pacientes no setor onde trabalhava.

O recurso da auxiliar de enfermagem, julgado pela Turma do TST, pedia a reforma da decisão do Tribunal Regional da 4ª Região (RS) que negou o adicional de periculosidade. Embora o Regional tenha reconhecido que a enfermeira estava exposta à radiação – já que eram realizados cerca de nove exames por noite no setor em que ela trabalhava –, decidiu que não era devido o adicional de periculosidade por “absoluta ausência de amparo em lei”.

A decisão Regional sustenta que a Portaria nº 3.393/87 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) – que define as atividades e operações perigosas com radiações ionizantes ou substâncias radioativas – não tem validade ou eficácia, pois pretende incluir uma nova

atividade considerada perigosa a aquelas já constantes no artigo 193 da CLT. Para o Regional, este procedimento somente poderia ocorrer com a edição de lei específica para o caso. Cita como exemplo a edição da Lei 7.396/85 regulamentada pelo Decreto 93.412/86 que trata especificamente do risco potencial a exposição de energia elétrica.

No recurso ao TST a auxiliar de enfermagem sustenta que o Ministério do Trabalho tem competência para enquadrar como perigosa a atividade que expõe o trabalhador a radiação. Alega que a decisão regional contrariaria o disposto na Orientação Jurisprudencial 345 da SBDI-1 do TST.

Em seu voto o relator ministro Lelio Bentes Correia observa que a Portaria nº 3.393/87 foi editada em função da autorização contida no artigo 200, *caput* e inciso VI, da CLT. Lelio Bentes lembra que o *caput* do referido artigo confere ao MTE a “competência para o estabelecimento de disposições complementares às normas de Segurança e Medicina do Trabalho” abrangendo dessa forma aquelas referentes às atividades perigosas.

Dessa forma conclui que o rol das atividades ou operações perigosas constantes do artigo 193 não é taxativo, pelo fato de a norma legal remeter a conceituação de periculosidade ao Ministério do Trabalho. Lembra ao final que uma vez comprovada a exposição da auxiliar a radiações ionizantes a decisão do Regional contraria o disposto na OJ 345 da SDI-1.

Processo: RR-600-96.2003.5.04.0028

TRIBUNAL Superior do Trabalho (TRT). Disponível em: <[http://www.tst.jus.br/web/guest/noticias/-/asset\\_publisher/89Dk/content/id/2284285](http://www.tst.jus.br/web/guest/noticias/-/asset_publisher/89Dk/content/id/2284285)>. Acesso em: 17 nov. 2014.

a) Qual é o motivo do processo aberto pela auxiliar de enfermagem?

---

---

---

---

b) Qual foi a decisão do Tribunal Superior do Trabalho sobre o processo? Essa definição favoreceu a auxiliar de enfermagem ou não?

---

---

---

---

c) Quais argumentos utilizou o relator para sustentar sua decisão?

---

---

---

---

## 2 Em seu trabalho, você está submetido a algum tipo de perigo?

---



---



---



---



---



### Raios gama

Os raios gama ( $\gamma$ ) constituem um tipo de radiação ionizante bastante energética, capaz de penetrar profundamente na matéria. São ondas eletromagnéticas com muita energia, produzidas em processos nucleares, especialmente aqueles envolvendo elementos radioativos, ou seja, átomos instáveis. São bastante prejudiciais aos tecidos vivos, podendo destruí-los. Devido à sua grande quantidade de energia, podem causar danos mortais ao núcleo das células, o que possibilita que sejam utilizados para esterilizar equipamentos médicos e alimentos, eliminando microrganismos.

A radiação gama também é utilizada na medicina para o tratamento de câncer e eliminação de tumores cerebrais, por meio da radioterapia. Contudo, sua principal aplicação é na tomografia por emissão de pósitrons (TEP em português, ou PET em inglês), na qual vários feixes de raios gama são lançados em direção a detectores que, posteriormente, remontam todo o corpo que será analisado, camada por camada.

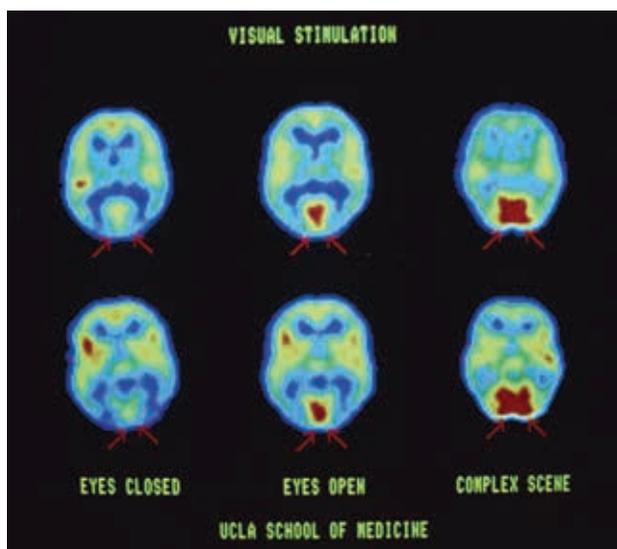
#### MATURAÇÃO

A radiação gama pode ser utilizada para esterilizar os alimentos. Assim, alimentos irradiados com raios gama demoram mais para amadurecer do que aqueles que não o foram.



© Cordelia Molloy/SPL/Latinstock

Morangos irradiados com raios gama (à esquerda) demoram mais para apodrecer do que aqueles que não o foram (à direita).



© Dr. M. Phelps & Dr. J. Mazziotta et al./Neurology/SPL/Latinstock

Imagem que mostra variação na atividade cerebral de um macaco recém-nascido utilizado em um experimento de neurociência, obtida por emissão de pósitrons.

## ATIVIDADE 3 Super-herói

O famoso herói dos quadrinhos, Hulk, foi criado devido a uma dose bastante alta de radiação gama, de acordo com sua história. Você acredita que é possível uma dose excessiva de radiação gama transformar uma pessoa comum em um super-herói como o Hulk? Justifique.

---

---

---



### Infravermelho

A radiação infravermelha é emitida por todo e qualquer corpo que possua algum tipo de energia térmica, por menor que seja. Qualquer corpo com temperatura acima do zero absoluto, pois emite calor e, portanto, infravermelho. Essa é uma radiação não ionizante, ou seja, que não consegue arrancar elétrons dos átomos. Devido a suas propriedades térmicas, o **infravermelho** tem inúmeras aplicações tecnológicas.

Esse tipo de radiação, ao interagir com algum corpo, fornece energia às suas moléculas. Estas começam a vibrar mais intensamente, o que eleva a temperatura desse corpo. Por esse motivo, a radiação infravermelha é amplamente utilizada em fisioterapia, para aquecer e relaxar a musculatura no tratamento de dores reumáticas e traumáticas.

Além disso, a radiação infravermelha vem sendo utilizada em termômetros digitais, sistemas de rede sem fio (*wireless*) e na localização de pessoas no escuro, e ainda na produção de sistemas de alarme em bancos, portas automáticas e elevadores, por exemplo. Outras aplicações tecnológicas incluem controles remotos e *lasers* (em leitores de CD, leitores de preços em caixas de supermercado etc.).



Devido a seu poder de aquecimento profundo, a luz infravermelha é bastante utilizada para relaxamento muscular e diminuição de dores.

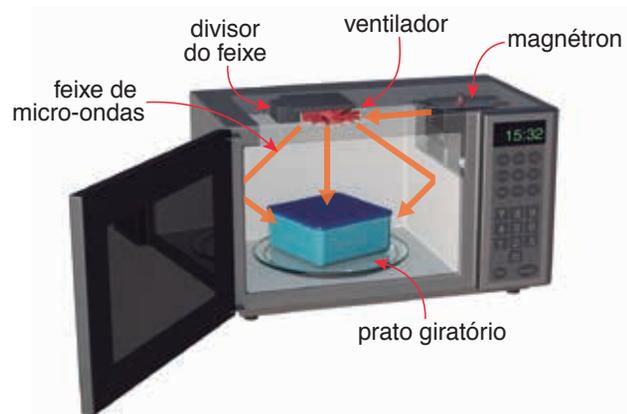
Se os olhos dos seres humanos pudessem enxergar a radiação infravermelha (como o das cobras), não seria preciso luz artificial para enxergar no escuro.



## Micro-ondas

As micro-ondas são ondas eletromagnéticas não ionizantes de alta frequência, muito utilizadas em telecomunicações, principalmente em telefonia e TV via satélite. Como a quantidade de informações transmitidas é proporcional à frequência, as micro-ondas podem carregar mais informações do que as ondas de rádio, por apresentarem frequências mais altas. Contudo, diferentemente das ondas de rádio, elas não sofrem reflexão na atmosfera, o que impõe a necessidade do uso de antenas repetidoras ou satélites de comunicação para tal.

O forno de micro-ondas é o exemplo mais comum de aplicação tecnológica das ondas eletromagnéticas. Esse tipo de forno tem um elemento, chamado magnétron, que produz micro-ondas de uma frequência particular. Elas entram em ressonância apenas com a água, transferindo energia cinética para as moléculas de água que existem nos alimentos, fazendo-as vibrar e girar 3,45 milhões de vezes por segundo (é por esse motivo que materiais sem água, como vidro e porcelana, não aquecem se não contiverem algo úmido). Toda essa vibração acaba aquecendo os alimentos que estão no interior do forno.



© Daniel Beneventi

O magnétron produz ondas de alta frequência (as micro-ondas) que um divisor de feixe se encarrega de espalhar pelo forno.

### ATIVIDADE 4 Cozinhando com infravermelho

Por que se utilizam fornos de micro-ondas, mas não de infravermelho?

---



---



---



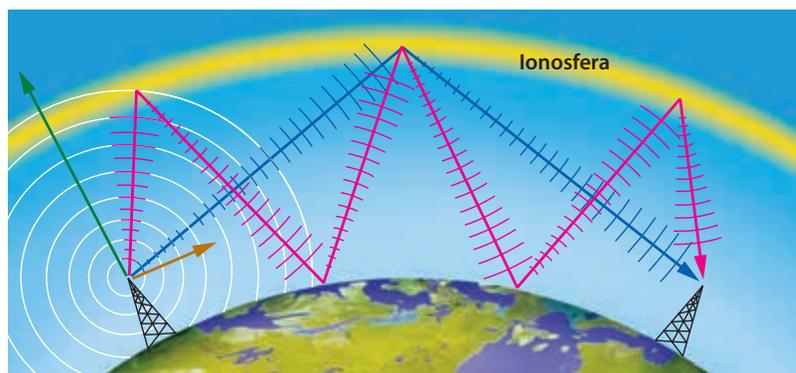
---



## Ondas de rádio

As ondas de rádio são as que apresentam maior comprimento de onda e menor frequência, portanto, são as que carregam menor energia no espectro eletromagnético.

Como têm comprimentos de onda maiores, conseguem contornar obstáculos com certa facilidade, se comparadas a outros tipos de radiação não ionizante. Além disso, elas podem ser refletidas na ionosfera (camada mais externa da atmosfera), o que facilita sua transmissão. Por isso foram muito utilizadas (e ainda são) nas telecomunicações em geral, uma vez que não têm grande necessidade de antenas retransmissoras ou satélites de comunicação.



As ondas de rádio podem ser refletidas na ionosfera, permitindo sua transmissão entre pontos distantes da Terra.



## DESAFIO

Considere um equipamento capaz de emitir radiação eletromagnética com comprimento de onda bem menor que a da radiação ultravioleta. Suponha que a radiação emitida por esse equipamento foi apontada para um tipo específico de filme fotográfico e entre o equipamento e o filme foi posicionado o pescoço de um indivíduo. Quanto mais exposto à radiação, mais escuro se torna o filme após a revelação. Após acionar o equipamento e revelar o filme, evidenciou-se a imagem mostrada na figura abaixo.

Dentre os fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e os átomos do indivíduo que permitem a obtenção desta imagem inclui-se a

- absorção da radiação eletromagnética e a consequente ionização dos átomos de cálcio, que se transformam em átomos de fósforo.
- maior absorção da radiação eletromagnética pelos átomos de cálcio que por outros tipos de átomos.
- maior absorção da radiação eletromagnética pelos átomos de carbono que por átomos de cálcio.
- maior refração ao atravessar os átomos de carbono que os átomos de cálcio.
- maior ionização de moléculas de água que de átomos de carbono.



Enem 2009. Prova azul. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/downloads/2009/dia1\\_caderno1.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2009/dia1_caderno1.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2014.

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - Índice UV

Embora para índices baixos não haja exigência de uso de protetor solar, é sempre melhor se prevenir contra possíveis danos.

## Atividade 2 - Excesso de raios X

**1**

- a) Ela gostaria de receber adicional de periculosidade por trabalhar com radiação ionizante de raios X, que havia sido negado anteriormente.
- b) O Tribunal Superior do Trabalho concedeu o adicional de periculosidade, e a enfermeira foi favorecida pela decisão.
- c) O relator afirmou que a auxiliar de enfermagem estava comprovadamente trabalhando em um ambiente perigoso, já que realizava várias radiografias por dia de trabalho, e que o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) teria competência para decidir sobre o tema.

**2** Resposta pessoal. Você pode refletir sobre suas atividades e verificar quais são os riscos envolvidos em seu dia a dia de trabalho, se é possível minimizá-los e como, e ainda verificarem se, de acordo com a legislação trabalhista, você tem direito ou não a adicionais de periculosidade pelas condições em que trabalha.

## Atividade 3 - Super-herói

Não. Uma dose excessiva de radiação mataria qualquer ser vivo. Não há nenhum fenômeno que seja capaz de transformar, subitamente, um ser comum em um “super ser vivo”.

## Atividade 4 - Cozinhando com infravermelho

As micro-ondas aquecem o alimento de dentro para fora, enquanto o infravermelho aqueceria de fora para dentro. Por conta disso, os alimentos aquecidos no micro-ondas ficam bem cozidos, mas não crocantes. Já em fornos infravermelhos, o alimento se tostaria na superfície e ficaria cru por dentro.

## Desafio

Alternativa correta: **b**. A imagem mostrada resulta da interação entre radiação e matéria. As áreas mais claras correspondem aos ossos, que são ricos em cálcio, o que permite concluir que houve maior absorção da radiação eletromagnética nos átomos de cálcio do que nos de outros elementos.



## Registro de dúvidas e comentários

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

No final do século XIX, novas formas de radiação foram observadas e descritas pelos cientistas da época. Começava, então, um novo campo da ciência, que culminou na criação do atual modelo atômico e no uso da energia nuclear. Neste tema, você estudará algumas dessas descobertas, quais são as partículas emitidas pelo núcleo atômico e como esses conhecimentos são aplicados.

### ? O QUE VOCÊ JÁ SABE?

- Você já viu o símbolo ao lado? Onde?
- O que ele pode significar?
- Toda radiação é prejudicial à saúde?
- É possível se proteger da radiação?

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e veja se você alteraria suas respostas.



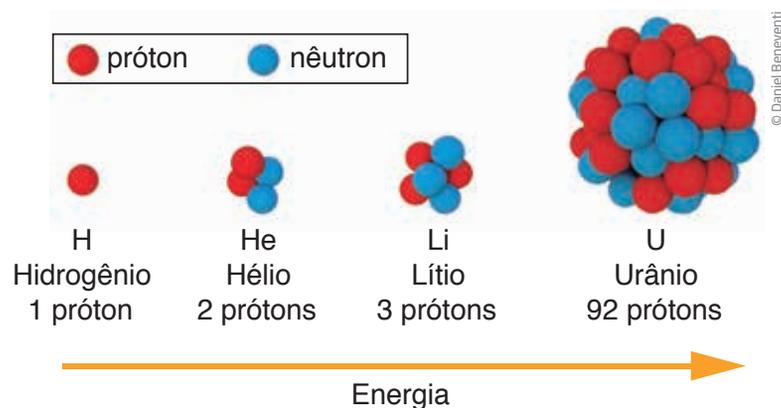
© grumil/23RF



### Emissão corpuscular

Chama-se de radiação corpuscular a radiação constituída por partículas elementares (prótons, elétrons, nêutrons etc.) ou que possuem massa e carga elétrica, como as partículas alfa ( $\alpha$ ), iguais a núcleos do elemento Hélio, ou as partículas beta ( $\beta$ ), iguais a elétrons.

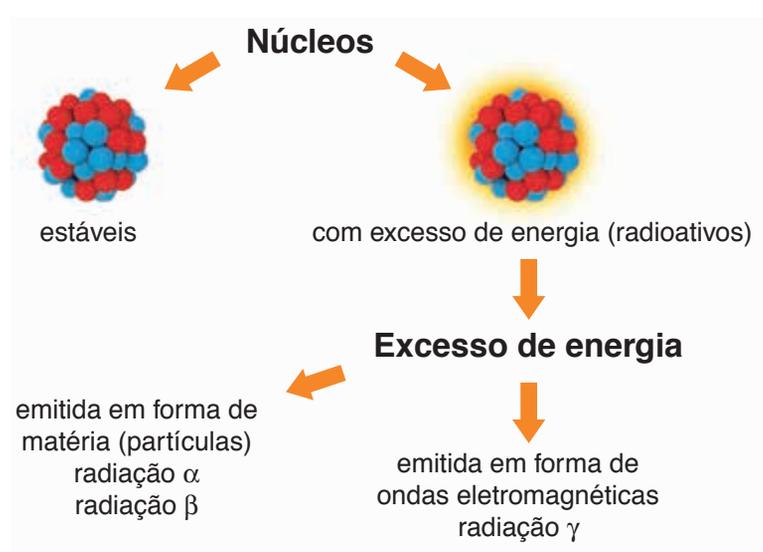
Esse tipo de radiação se origina nos núcleos de átomos que têm grande concentração de prótons e nêutrons. Quando há muitos deles juntos, eles ocupam um espaço relativamente grande em relação ao tamanho de cada um, e a força nuclear não é forte o bastante para mantê-los unidos. Então o núcleo se torna instável e seus componentes se separam. Durante a divisão desses núcleos instáveis em núcleos menores, ocorre a emissão das partículas que constituem a radiação corpuscular.



Representação fora de escala. Cores fantasia.

Núcleos atômicos de elementos pesados, como o Urânio, são muito grandes em relação aos seus constituintes (prótons e nêutrons) e ficam instáveis. Por isso, eles decaem e emitem partículas.

Existem várias partículas que podem ser emitidas durante o decaimento (processo pelo qual átomos com núcleos instáveis se dividem em núcleos menores), mas as mais conhecidas e utilizadas são as partículas alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ).



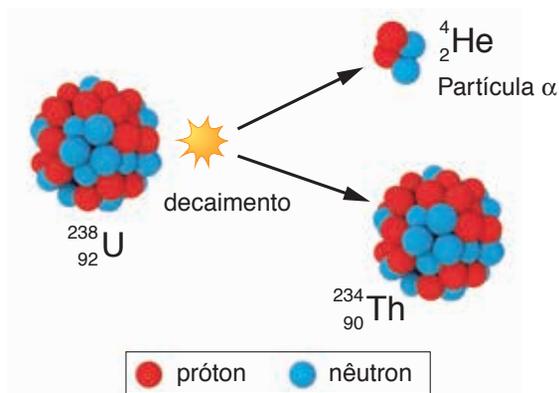
Representação fora de escala. Cores fantasia.

Um núcleo com excesso de energia (que tem muitas partículas concentradas nele) se torna instável e emite radiação para ficar estável. Nesse processo, ele pode emitir prótons, elétrons, nêutrons, outras partículas e também ondas eletromagnéticas.

## Partícula alfa ( $\alpha$ )

A emissão da partícula alfa ( $\alpha$ ) é uma consequência do decaimento radioativo que ocorre quando um núcleo atômico instável se transforma em outro núcleo menor. Pode-se dizer que o núcleo maior (original) transmutou em outro menor. O novo núcleo tem 2 prótons e 2 nêutrons a menos, como se pode ver pela redução do número da massa (-4 unidades) e do número de carga (-2 unidades).

### Decaimento do Urânio 238



Representação fora de escala. Cores fantasia.

O decaimento do Urânio 238 resulta em um átomo de Tório e uma partícula alfa. Note que o Urânio deixou de ser Urânio e tornou-se outro elemento, o Tório.

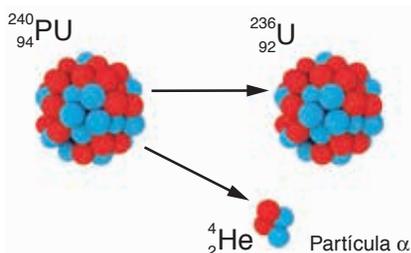
A partícula alfa é formada por 2 prótons e 2 nêutrons, ou seja, o equivalente a um núcleo do elemento químico Hélio. É uma partícula grande, com massa relativamente alta, o que lhe confere baixa velocidade e pouco poder de penetração na matéria em geral. Após ser emitida, ela percorre uma curta distância ao se deslocar pela maioria das substâncias (incluindo o ar), uma vez que perde energia cinética cada vez que colide com outras partículas. Uma folha de papel grosso, por exemplo, já seria suficiente para impedir seu avanço. Contudo, as partículas alfa apresentam grande poder de ionização devido a sua carga. Isso significa que uma partícula alfa pode causar muitos danos às células do tecido biológico que ela atinge.

Fontes de partículas alfa são normalmente encontradas entre os **isótopos radioativos pesados**, incluindo alguns de Urânio e de Rádio.

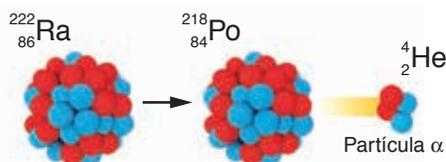
### Isótopo

Termo formado pelos radicais iso (igual) e topo (lugar) – o que está “no mesmo lugar” na tabela periódica dos elementos químicos; é uma variante de um mesmo elemento químico. O que distingue um do outro, basicamente, é a quantidade de nêutrons no núcleo atômico. Enquanto todos os isótopos de um dado elemento compartilham o mesmo número de prótons, cada isótopo difere dos outros em seu número de nêutrons.

### Decaimento do Plutônio



### Decaimento do Rádio

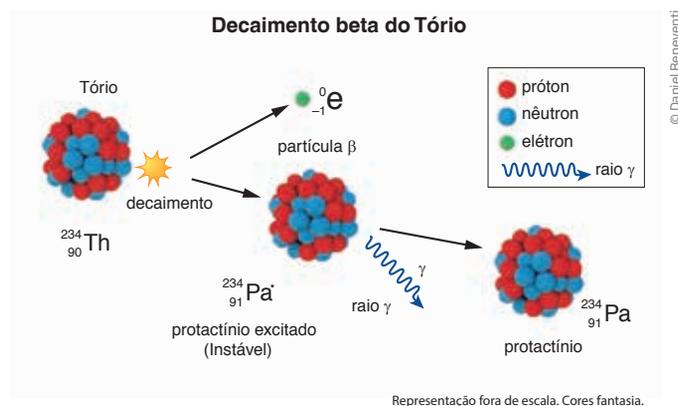
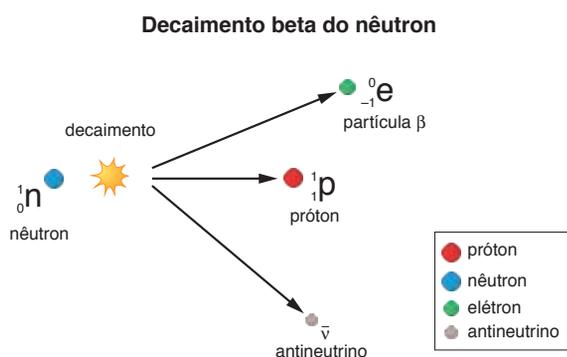


© Daniel Beneventi

Representação fora de escala. Cores fantasia.

## Partícula beta ( $\beta$ )

A partícula beta surge quando um nêutron livre, ou no núcleo de um átomo radioativo (radioisótopo), decai espontaneamente gerando um próton, um elétron e outras partículas. O elétron emitido tem elevada energia cinética e é chamado de partícula beta. A partícula beta é uma forma de radiação ionizante emitida por certos tipos de núcleos radiativos.



O decaimento do Tório 234 resulta em uma partícula beta e em um átomo instável (com muita energia) de Protactínio (o asterisco é indicativo do estado de excitado). Depois há emissão de raios gama, e o átomo de Protactínio se torna estável. O novo núcleo tem um próton a mais, pois a emissão de um beta (elétron) faz aumentar a carga.

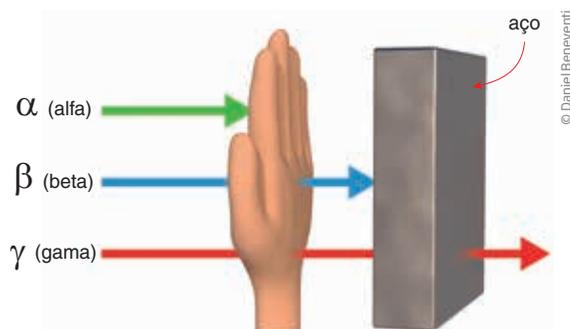
Resumindo, a radiação beta é a emissão de um elétron, uma partícula pequena com pouca massa e grande velocidade. Por isso, ela pode penetrar na matéria com certa facilidade, mas uma parede fina de concreto já é suficiente para impedir seu deslocamento.

O decaimento beta é bastante utilizado na medicina em fontes de radioterapia, no tratamento contra o câncer e em diagnósticos médicos.

### ATIVIDADE 1 Partículas $\alpha$ e $\beta$

A tabela abaixo mostra o poder de penetração e de ionização das partículas  $\alpha$  e  $\beta$ .

Radiação	Carga	Poder de penetração na matéria	Poder de ionização
${}^2_2\alpha^4$	+2	baixo	alto
${}^{-1}_1\beta^0$	-1	moderado	moderado



**1** Se a pessoa tirar a mão da frente da placa de aço, a partícula  $\beta$  conseguirá passar pela placa? Justifique.

---



---



---

**2** Considerando que as partículas  $\alpha$  não atravessam a mão, o que acontece quando elas colidem com as moléculas da mão?

---



---



---



## DESAFIO

**1** Um problema ainda não resolvido da geração nuclear de eletricidade é a destinação dos rejeitos radiativos, o chamado lixo atômico. Os rejeitos mais ativos ficam por um período em piscinas de aço inoxidável nas próprias usinas antes de ser, como os demais rejeitos, acondicionados em tambores que são dispostos em áreas cercadas ou encerrados em depósitos subterrâneos secos, como antigas minas de sal. A complexidade do problema do lixo atômico, comparativamente a outros lixos com substâncias tóxicas, se deve ao fato de

- emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.
- acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim locais para reunir tanto material.
- ser constituído de materiais orgânicos que podem contaminar muitas espécies vivas, incluindo os próprios seres humanos.
- exalar continuamente gases venenosos, que tornariam o ar irrespirável por milhares de anos.
- emitir radiações e gases que podem destruir a camada de ozônio e agravar o efeito estufa.

Enem 2005. Prova amarela. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/provas/2005/2005\\_amarela.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2005/2005_amarela.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2014.

**2** Em 1995, o elemento de número atômico 111 foi sintetizado pela transformação nuclear:



Esse novo elemento, representado por Rg, é instável.

Sofre o decaimento:



Nesse decaimento, liberam-se apenas

- nêutrons.
- prótons.
- partículas  $\alpha$  e partículas  $\beta$ .
- partículas  $\beta$ .
- partículas  $\alpha$ .

Fuvest 2006. Disponível em: <<http://www.fuvest.br/vest2006/provas/p1f2006v.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2014.



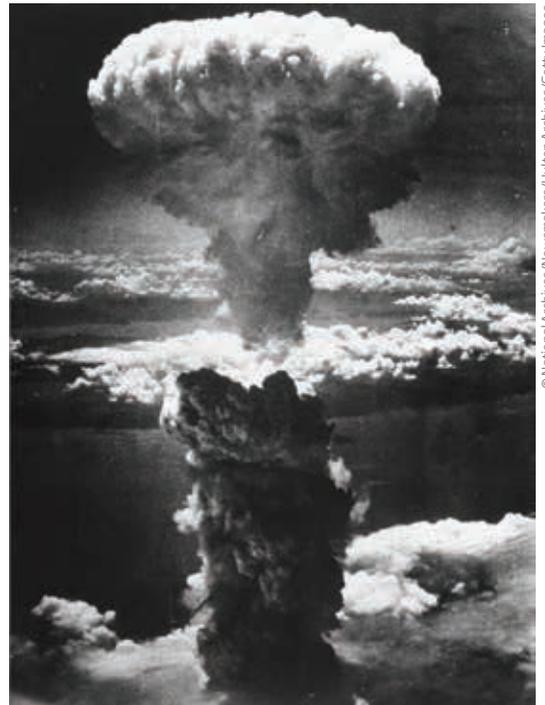
Embora Demócrito e Leucipo tenham formulado a hipótese atômica há cerca de 2.500 anos, a ideia de que a matéria seria composta de átomos só foi aceita pela comunidade científica há pouco mais de 200 anos.

Inicialmente pensado como uma bolinha maciça, o átomo foi ganhando uma estrutura interna aos poucos: se descobriria que era formado por um núcleo rodeado por elétrons. As pesquisas sobre o núcleo dos átomos fazem parte da chamada física nuclear, que busca entender e explicar essa pequena estrutura que é o núcleo atômico, assunto estudado neste tema.

### O QUE VOCÊ JÁ SABE?

Observe a foto ao lado. Ela foi tirada em 8 de agosto de 1945, na cidade japonesa de Nagasaki. Os estadunidenses acabavam de explodir a segunda bomba atômica sobre o Japão, três dias depois de destruir a cidade de Hiroshima.

- Qual é o poder de destruição de uma bomba atômica? Ela seria capaz de destruir um estado inteiro?
- Além de matar imediatamente milhares de pessoas, plantas e animais, a bomba atômica tem um efeito que perdura por muito tempo. Que efeito é esse?
- Quais são os tipos de bomba atômica que existem?
- De onde vem a energia das bombas atômicas?



© National Archives/Newsmakers/Hulton Archives/Getty Images

Depois de estudar o tema, releia seus apontamentos e pense se você alteraria suas respostas.

---

---

---

---

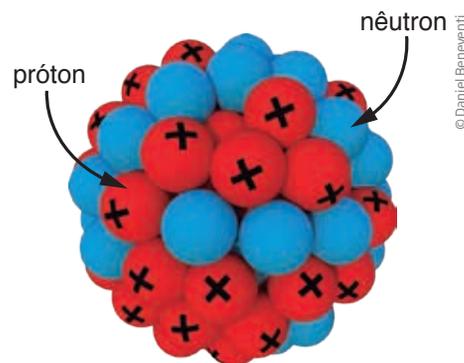


## O núcleo atômico e as forças nucleares

No início do século XX, os físicos adotaram um modelo atômico análogo à estrutura do sistema solar, proposto por Ernest Rutherford. Como já foi visto, considerava-se que os átomos teriam um núcleo bastante massivo, composto por partículas “pesadas” com carga elétrica positiva (prótons) e outras com carga elétrica nula (nêutrons), em torno das quais orbitariam partículas “leves”, com carga elétrica negativa (elétrons). Assim, na década de 1920, começaram as pesquisas em física nuclear.

A primeira questão a ser resolvida foi: Se cargas elétricas de mesmo sinal se repelem, então por que os núcleos atômicos, compostos de vários prótons, todos com carga positiva, não explodiam naturalmente? O que manteria essas cargas positivas juntas?

Não tardou para que essa questão fosse respondida. Em algumas décadas, considerou-se que, além das forças elétrica, magnética e gravitacional, já conhecidas, deveria existir outra força, mais intensa, que atuasse atrativamente no sentido contrário ao da força eletromagnética. Essa força, responsável pela coesão e estabilidade do núcleo atômico, foi observada experimentalmente e recebeu o nome de força nuclear forte. Diferente das outras forças conhecidas, ela era extremamente intensa, mas tinha um raio de ação muito pequeno, isto é, só atuava em distâncias infinitesimais (isto é, infinitamente pequenas). Essa era a razão para os átomos muito grandes, como os do Urânio e do Plutônio, serem instáveis: a força nuclear não conseguia segurar todos os componentes do núcleo, tornando muitos elementos pesados (átomos “grandes”) instáveis. Por terem essa natureza, eles emitiam, entre outras, as radiações alfa, beta e gama.



Representação fora de escala. Cores fantasia.

O núcleo atômico é composto de prótons, com carga elétrica positiva, e de nêutrons, com carga elétrica nula. Se cargas de mesmo sinal se repelem, então por que o núcleo não explode? O que mantém tantos prótons juntos?

## Fusão e fissão nuclear

Os núcleos atômicos podem passar por dois tipos de transformação:

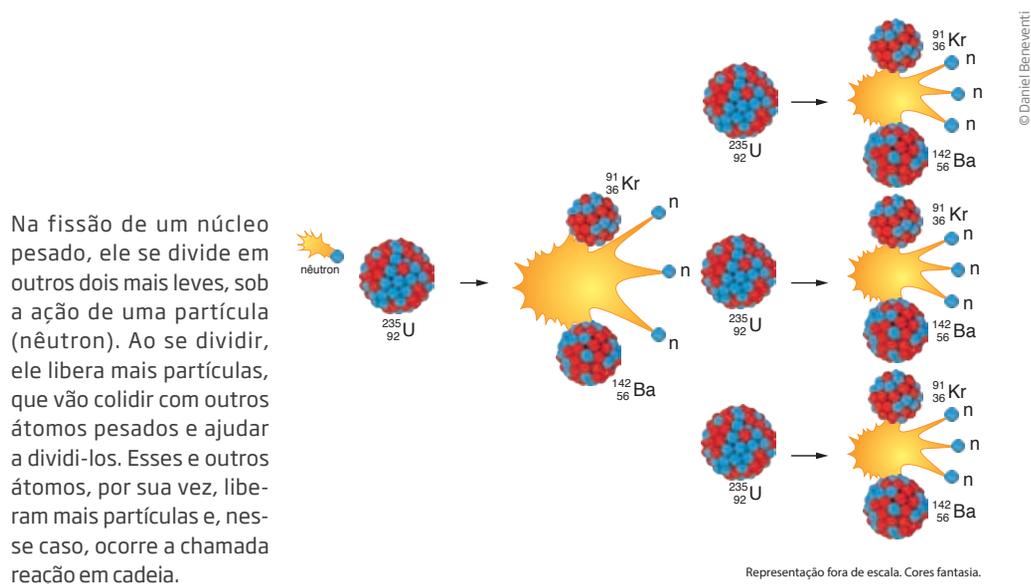
- núcleos muito grandes podem se dividir em núcleos menores; e
- núcleos pequenos podem se fundir em um núcleo maior.

Em ambos os processos, ocorre liberação de energia.

Quando dois núcleos atômicos pequenos se aproximam muito, a ponto de provocar sua **fusão**, ou quando se divide um núcleo grande (induzindo sua **fissão**), a estrutura da matéria é modificada e novos elementos são produzidos. Em ambos os processos, ocorre grande liberação de energia, à qual se dá o nome de energia nuclear.

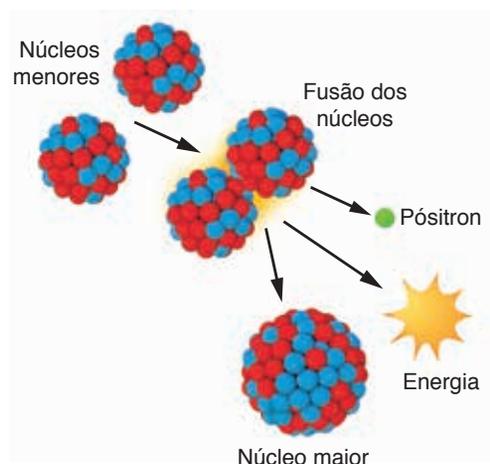
Se esses processos ocorrerem em uma sequência encadeada sem controle, haverá uma explosão, o que pode ser usado para originar uma bomba atômica, por exemplo. Por outro lado, quando se produz fissão nuclear de forma controlada, tem-se a liberação gradual de energia, que pode ser utilizada para gerar energia elétrica em uma usina, ou mesmo para fins medicinais, como na cura do câncer ou na esterilização de materiais e alimentos.

No processo de **fissão nuclear** ocorre a **quebra** do núcleo de um átomo instável em dois átomos menores, pelo bombardeamento de nêutrons. Ao se dividir em dois, o núcleo original libera energia, que pode ser utilizada tanto para procedimentos médicos, na cura de pacientes (o princípio desta terapia é aniquilar as células cancerosas, ao lado de células sãs, que se recuperam mais facilmente), como para gerar energia elétrica. Já a reação em cadeia resulta em uma bomba atômica, como aquelas lançadas pelos estadunidenses em Hiroshima e Nagasaki, no final da 2ª Guerra Mundial.



No processo de  **fusão nuclear**  ocorre a  **formação**  de um núcleo maior a partir da junção de dois ou mais núcleos menores. A liberação de energia é ainda maior que na fissão, permitindo a produção das chamadas bombas H. Nesse processo, ocorre uma perda de massa, já que a massa final do núcleo formado é menor do que a soma das massas dos dois núcleos que lhe deram origem; essa diferença é a origem da energia produzida na fusão nuclear. Esse mesmo processo é o que ocorre no interior das estrelas e lhes fornece energia para brilhar.

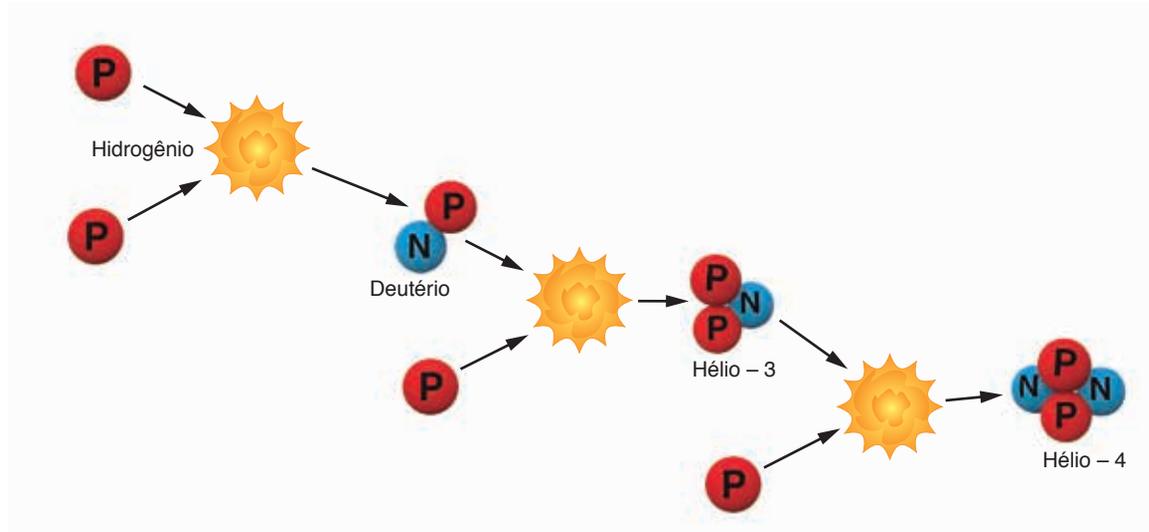
As estrelas são as mães dos elementos químicos. Todos eles, dos mais leves até se chegar ao ferro, são produzidos em seu interior, por meio das reações de fusão nuclear. No centro das estrelas, núcleos de Hidrogênio fundem-se para formar um núcleo de Hélio. Em seguida, núcleos de Hélio juntam-se com outros de Hidrogênio para formar o Lítio, e este se funde a outros, formando todos os elementos químicos que o ser humano conhece, até o Ferro. Elementos mais pesados que o Ferro só se formam em explosões de grandes estrelas, fenômeno chamado “supernova”.



Representação fora de escala. Cores fantasia.

Na fusão nuclear, dois núcleos pequenos (ou leves) se juntam para formar um núcleo maior (mais pesado). A massa do núcleo resultante é ligeiramente menor do que a massa dos dois núcleos iniciais. Portanto, ocorre uma perda de massa nuclear. É essa massa “perdida” que gera a energia liberada na fusão.

© Daniel Beneventi



Representação fora de escala. Cores fantasia.

Em estrelas jovens como o Sol, a principal fonte de energia são as reações de fusão entre núcleos de Hidrogênio para formar núcleos de Hélio. Esse processo de fusão ocorre até a formação do ferro. Elementos mais pesados do que o ferro precisam de mais energia para serem criados, por isso só surgem em explosões estelares.

© Daniel Beneventi

**ATIVIDADE 1 De onde viemos?**

Se os elementos químicos são produzidos no interior das estrelas, e o Sol ainda está produzindo predominantemente o Hélio (por meio do Hidrogênio), procure explicar onde foi produzida toda a variedade de elementos químicos que compõem a Terra e os seres que nela vivem.

---

---

---

---

---

**A transformação de matéria em energia**

Durante muito tempo, os físicos pensaram que matéria e energia seriam elementos da natureza totalmente diferentes, cuja transmutação de um em outro seria impossível. Coube ao físico alemão Albert Einstein unificar as pesquisas de seus colegas e formular uma teoria que relacionasse de forma relativamente simples matéria e energia, mostrando que podem ser transformadas uma na outra. Ou seja, matéria pode se transformar em energia, e energia pode se transformar em matéria.

Essa ideia pode ser representada em uma equação, conhecida como relação de Einstein:

$$E = m \cdot c^2$$

**E:** energia de repouso associada a uma massa;  
**m:** massa que pode ser convertida em energia;  
**c:** valor constante que equivale à velocidade da luz no vácuo, que vale  $c = 300.000 \text{ km/s} = 300.000.000 \text{ m/s}$ , ou seja,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

**Exemplo**

Determine a energia de repouso associada a uma massa de 1 kg.

Nesse caso, basta substituir os valores na equação:  $E = 1 \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 9 \cdot 10^{16} \text{ J}$ , ou seja, 90 milhões de bilhões de joules. Isso é energia suficiente para evaporar um enorme lago. Por isso, a energia das bombas nucleares é medida em megatons, ou seja, em milhões de toneladas de dinamite.

**ATIVIDADE 2** Energia na fusão

Com valores aproximados, a massa do Hidrogênio é de  $1,67 \cdot 10^{-27}$  kg e a do Hélio é  $6,65 \cdot 10^{-27}$  kg. Calcule a energia liberada na fusão de 4 núcleos de Hidrogênio para formar 1 núcleo de Hélio.

**DESAFIO**

Segundo uma obra de ficção, o Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN) teria recentemente produzido vários gramas de antimatéria. Sabe-se que, na reação de antimatéria com igual quantidade de matéria normal, a massa total  $m$  é transformada em energia  $E$ , de acordo com a equação  $E = mc^2$ , onde  $c$  é a velocidade da luz no vácuo.

**NOTE E ADOTE:**

$$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W.}$$

A explosão de “Little Boy” produziu  $60 \cdot 10^{12}$  J (15 quilotons).

$$1 \text{ mês} \cong 2,5 \cdot 10^6 \text{ s.}$$

Velocidade da luz no vácuo,  $c = 3,0 \cdot 10^8$  m/s.

Indique a resolução da questão. Não é suficiente apenas escrever as respostas.

- a) Com base nessas informações, quantos joules de energia seriam produzidos pela reação de 1 g de antimatéria com 1 g de matéria?
- b) Supondo que a reação matéria-antimatéria ocorra numa fração de segundo (explosão), a quantas “Little Boy” (a bomba nuclear lançada em Hiroshima, em 6 de agosto de 1945) corresponde a energia produzida nas condições do item a)?
- c) Se a reação matéria-antimatéria pudesse ser controlada e a energia produzida na situação descrita em a fosse totalmente convertida em energia elétrica, por quantos meses essa energia poderia suprir as necessidades de uma pequena cidade que utiliza, em média, 9 MW de potência elétrica?



A energia nuclear foi utilizada, inicialmente, para produzir bombas de destruição em massa, e até o momento apenas os estadunidenses a utilizaram. Poucos países no mundo têm, hoje em dia, tecnologia para fabricar esse tipo de bomba.

Na sua opinião, esse tipo de bomba deveria ser absolutamente abandonado ou o acesso a essa tecnologia deveria ser democratizado, de forma que vários países pudessem produzir suas bombas atômicas?

## HORA DA CHECAGEM

### Atividade 1 - De onde viemos?

Resposta pessoal. A intenção é que você reflita sobre o assunto e tente imaginar como os elementos químicos podem ter se formado.

Uma hipótese que pode explicar isso é a de que antes do Sol já deve ter existido uma estrela próxima dessa região do espaço, que produziu todos os elementos e depois explodiu, dando origem ao Sol e ao sistema solar, já com uma variedade de elementos produzidos.

### Atividade 2 - Energia na fusão

4 núcleos de Hidrogênio terão massa de  $4 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} = 6,68 \cdot 10^{-27}$  kg.

Portanto, a diferença de massa é de  $0,03 \cdot 10^{-27}$  kg.

Aplicando a equação ( $E = m \cdot c^2$ ), tem-se que  $E = 0,03 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 0,27 \cdot 10^{-9}$  J.

### Desafio

a) A massa total  $m$  é transformada em energia  $E$ , segundo a equação  $E = mc^2$ .

Então:  $E = 2 \cdot 10^{-3} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 1,8 \cdot 10^{14}$  J.

A reação de 1 g de antimatéria com 1 g de matéria produziria  $1,8 \cdot 10^{14}$  J de energia.

b) Fazendo uma regra de três:

1 “Little Boy”	—	$60 \cdot 10^{12}$ J
x	—	$1,8 \cdot 10^{14}$ J

Então  $x = \frac{1 \cdot 1,8 \cdot 10^{14}}{60 \cdot 10^{12}}$  e  $x = 3$  “Little Boy”

A energia produzida nas condições do item a corresponde à energia de 3 bombas do tipo “Little Boy”.

