

**MATERIAL DE APOIO A PROFESSORES
DE FÍSICA DA EDUCAÇÃO BÁSICA PARA
AUXILIAR NA IMPLEMENTAÇÃO DO
MÉTODO INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS**

CIRCUITOS ELÉTRICOS

EDUARDO DANCLER HENNEMANN

Coautor: Tobias Espinosa



**Programa de Pós-Graduação
em Ensino de Ciências Exatas**



Ficha Catalográfica

H515m Hennemann, Eduardo Dancler.

Material de apoio a professores de Física da Educação Básica para auxiliar na implementação do método instrução pelos colegas: circuitos elétricos [Recurso Eletrônico] / Eduardo Dancler Hennemann. – Santo Antônio da Patrulha, RS: FURG, 2023.
63 f. : il. color.

Produto Educacional da Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Exatas, sob a orientação do Dr. Tobias Espinosa.

Disponível em: <https://ppgece.furg.br/>
<https://educapes.capes.gov.br/>

1. Crenças de autoeficácia 2. Instrução pelos colegas
3. Aprender física 4. Trabalhar colaborativamente I. Espinosa, Tobias
II. Título.

CDU 37:53

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

Caros(as) professores(as),

Este material didático, denominado "Material de apoio a professores de Física da Educação Básica para auxiliar na implementação do método Instrução pelos Colegas", é parte da dissertação de mestrado intitulada "CRENÇAS DE AUTOEFICÁCIA E APRENDIZAGEM DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA: O ensino de circuitos elétricos de corrente contínua com o método Instrução pelos Colegas", desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas (PPGECE) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), sob orientação do prof. Dr. Tobias Espinosa.

Este material foi desenvolvido tendo como objetivo uma proposta de material didático, com a finalidade de auxiliar os professores de Física na implementação do método Instrução pelos Colegas (IpC), focando na temática de circuitos elétricos.

Com isso, apresento o material e quais as estratégias de aprendizagem desenvolvidas para compor esse material.

Eduardo Dancler Hennemann

APRESENTAÇÃO

(Produto Educacional)

Este produto educacional destina-se a auxiliar professores de Física na Educação Básica com a implementação do método IpC na temática de circuitos elétricos.

O foco deste material está nas atividades prévias que serão realizadas pelos alunos durante o método IpC e nos testes conceituais que são aplicados em sala de aula.

Este material foi implementado em uma turma de terceira série do ensino médio de uma escola da rede privada da educação básica, do estado do Rio Grande do Sul.

Este material foi elaborado para ser utilizado no aplicativo Notion* e pode ser acessado através dos links abaixo:

LINK 1: Tarefa de Leitura 1

<https://eduardohennemann.notion.site/Corrente-el-trica-tens-o-pot-ncia-e-resist-ncia-6f3bfe58f64f46a58393ed5d0ab04328>

LINK 2: Tarefa de Leitura 2

<https://eduardohennemann.notion.site/Circuitos-el-tricos-29b2af08ba654d15a4791ad5df755127>

*** Notion:** é um aplicativo gratuito e customizável onde podemos fazer uso de ferramentas para criação de páginas, textos, blogs etc. Pode ser encontrado no endereço <https://www.notion.so/>

Além de textos sobre o conteúdo a serem abordados, apresentamos simulações e vídeos feitos pelo próprio autor para contextualizar a temática com o cotidiano dos alunos.

Este produto educacional está vinculado à dissertação de mestrado antes citada e para maiores esclarecimentos sobre as informações apresentadas, acesse a dissertação completa, disponível no site do PPGECE e no ARGO (Sistema de Administração de Bibliotecas) da FURG.

SUMÁRIO

- **Como funciona o método Instrução pelos Colegas?... 6**
- **Sugestões para professores: antes, durante e depois da implementação do IpC8**
- **Comentários dos alunos sobre o método IpC11**
- **Tarefa de Leitura 1 - Corrente elétrica, tensão, potência e resistência 12**
 - Introdução 12
 - Corrente Elétrica 13
 - Tensão Elétrica 19
 - Potência Elétrica 19
 - Resistência Elétrica 21
 - Textos Complementares 29
 - Questões 30
 - Referências 31
- **Tarefa de Leitura 2 - Circuitos elétricos 32**
 - Introdução 32
 - Circuito Elétrico 32
 - Associação de Resistores 41
 - Associação em Série 41
 - Associação em Paralelo 44
 - Associação Mista 47
 - Curto-circuito 48
 - Sobrecarga de um Circuito 49
 - Textos Complementares 50
 - Questões 51
 - Referências 52
- **Testes Conceituais 53**
 - Corrente elétrica, tensão, potência e resistência..... 53
 - Referências57
 - Circuitos elétricos 58
 - Referências61
 - Gabarito dos Testes Conceituais 62
- **Contato 63**



Como funciona o método Instrução pelos Colegas?

MÉTODO INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (IpC)

O Método IpC (Instrução pelos Colegas) envolve a utilização de uma Tarefa de Leitura (TL) prévia e a aplicação de testes conceituais durante as aulas. A TL consiste em um conjunto de textos, vídeos e simulações relacionados ao conteúdo a ser abordado. Os alunos devem estudar o material indicado e responder eletronicamente a algumas questões, enviando as respostas ao professor antes da aula.

Ao receber as respostas dos alunos, o professor analisa as principais dificuldades manifestadas por eles e elabora a aula levando em consideração essas dificuldades. Dessa forma, o professor planeja a aula com exposições orais breves e seleciona os testes conceituais de acordo com as necessidades dos alunos.

Durante a aula, o professor faz uma breve explanação oral sobre um conceito, que dura aproximadamente de dez a quinze minutos. Em seguida, apresenta uma questão conceitual de múltipla escolha, na qual os alunos refletem e votam individualmente na alternativa que consideram correta.

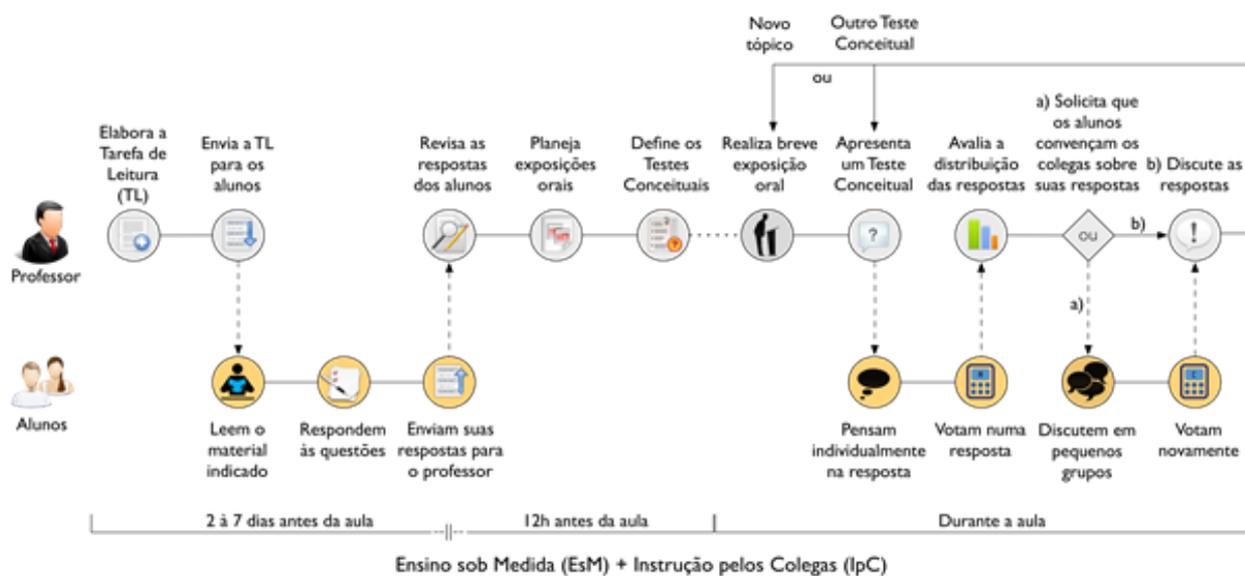
Com base nas respostas da turma, o professor toma algumas ações. Se 70% ou mais dos alunos acertarem a questão, o professor explica a solução e inicia a exposição oral de um novo conceito. Caso menos de 30% dos alunos acertem, o professor percebe que o conceito não foi compreendido suficientemente e aborda novamente o tema por meio de uma nova explanação oral, seguida de uma nova questão conceitual. Se os acertos ficarem entre 30% e 70%, o professor forma grupos de 2 a 5 pessoas, preferencialmente com alunos que tenham escolhido respostas diferentes, para que discutam o conceito entre si. Cada integrante do grupo tenta convencer os demais da resposta correta. Após alguns minutos de discussão, o professor abre novamente a votação individual com a mesma questão. Com base nos novos percentuais de acertos, o professor decide como prosseguir (explicação da solução, nova explanação oral ou nova discussão em grupo).



A principal vantagem do Método IpC é a promoção da discussão entre os alunos. Quando as respostas ficam entre 30% e 70%, os debates nos grupos permitem que alunos que estão corretos, mas inseguros, ganhem confiança ao perceberem que outros colegas compartilham da mesma ideia. Além disso, ao explicarem o conceito aos colegas, os alunos fortalecem sua compreensão e contribuem para a construção do conhecimento.

A interação com os colegas também é ressaltada como um fator importante para o aprendizado. Quando os alunos expõem suas ideias e tentam convencer os colegas sobre a resposta correta, eles organizam seus pensamentos e desenvolvem um argumento mais consistente, o que contribui para uma interação eficaz. Apresentamos abaixo, o fluxograma do método IpC.

Fluxograma do método Instrução pelos Colegas

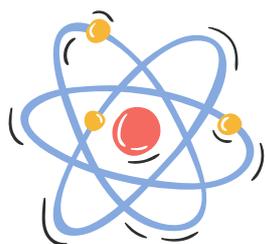


Fonte: Araujo e Mazur (2013, p. 13).

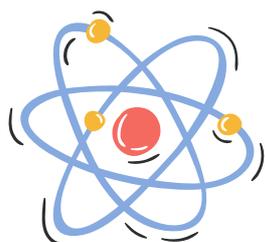
Sugestões para os professores: antes, durante e depois da implementação do IpC



ANTES (PREPARAÇÃO)

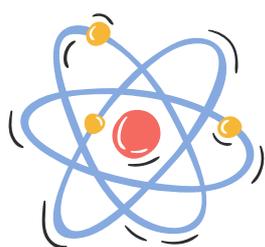


Ao explicar a metodologia para os alunos, fazer uma simulação dos testes conceituais. Pode-se utilizar conteúdos que os alunos já tiveram. O importante é eles se familiarizem com a proposta, principalmente se a ferramenta de resposta utilizada for o *Plickers* (que pode ser novo para os alunos).

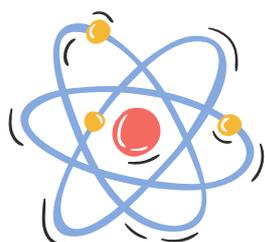


Enviar as Tarefas de Leituras (TLs) com uma semana de antecedência, para que os alunos consigam ler e responder o questionário em até 24 horas antes da aula presencial.

As TLs podem ser enviadas via link, email ou impressas, de acordo com as condições e contexto da escola.

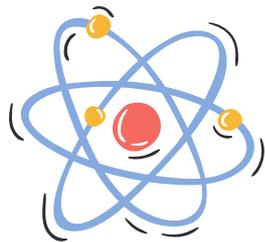


Sempre sinalizar aos alunos a importância de expressarem suas dúvidas através do questionário da TL. Ressaltar que os alunos serão avaliados por sua participação, argumentação e criticidade ao responder as perguntas do questionário e não se está certo ou errado!

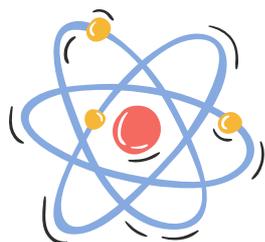


Abordar apenas um conceito por vez em cada teste conceitual. Propor alternativas passíveis de respostas para que o aluno não descarte opções imediatamente.

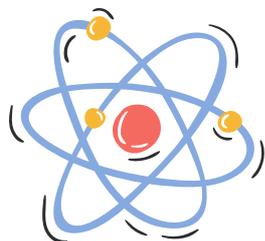
DURANTE (IMPLEMENTAÇÃO)



Os alunos, logo após a primeira votação das respostas, querem saber qual a alternativa correta. Primeiro o professor deve realizar a discussão em pequenos grupos.

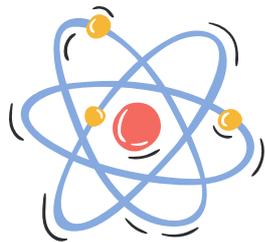


Durante a etapa de discussão com os colegas, pode haver resistência dos alunos para a montagem dos pequenos grupos. Importante que o professor conduza alunos que escolheram alternativas diferentes para a montagem dos grupos. Afinal, a discussão com os colegas é a etapa que dá nome ao método!

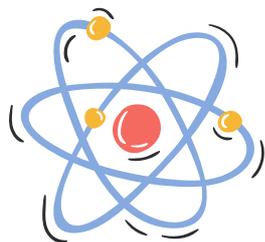


Abordar as respostas que os alunos deram no questionário da TL durante as exposições breves. Isso faz com que os alunos sintam-se engajados e participantes da atividade.

DEPOIS (FINALIZAÇÃO)



Retomar os conceitos da aula de forma breve.



Caso houver outra Tarefa de Leitura a ser enviada, destacar para os alunos a importância da leitura, o cumprimento do prazo de envio e a criticidade/argumentação nas respostas do questionário.



Comentários dos alunos sobre o método IpC

Eu gostei bastante da didática e conjunto de atividades propostas foram ótimas, pois os exemplos e os vídeos ajudaram muito na compreensão dos textos.



Tenho prestado mais atenção nas aulas e buscado mais tirar minhas dúvidas com o professor sobre o conteúdo, além de gostar das atividades, principalmente com QR Code.



Eu gostei muito, foi muito diferente. Nunca tive aulas assim, porque elas sempre foram seguindo o padrão de didática normal, básica. Então esta metodologia me surpreendeu muito e positivamente.



Foi uma experiência muito boa, foram aulas bem dinâmicas e sinto que através da interação consegui participar da aula ativamente.



Gostei muito dessa metodologia de ensino. Achei diferente de qualquer coisa que já tínhamos visto antes e achei que favoreceu nosso aprendizado, sem ser maçante ou chato.



A dinâmica das aulas tem sido mais eficaz para compreensão e fixação do conteúdo. A diferente forma de aplicação (QR Code) torna as aulas mais interativa e motiva a participar. Tenho gostado mais das aulas dessa forma.

Tarefa de Leitura 1 - Corrente elétrica, tensão, potência e resistência



INTRODUÇÃO

A aplicação doméstica da eletricidade pode ser considerada um dos maiores avanços tecnológicos. Você já parou para pensar em como seria nossa vida ou mesmo alguns dias sem eletricidade? Normalmente lembramos da importância das coisas quando ficamos sem elas, certo? A aplicação tecnológica da eletricidade modificou e continuará modificando o nosso modo de vida e para isso vamos procurar entender alguns conceitos que fazem parte da eletricidade.

Podemos considerar que a utilização de eletricidade abrange toda a população brasileira? A iluminação pública chega na casa de todos? No vídeo abaixo exemplificamos alguns casos em que a falta de iluminação pública gera desafios e algumas alternativas emergenciais para a população, como o projeto litro de luz. Isso mesmo, um litro de luz! Uma alternativa realizada por grupos de voluntários e empresas para levar luz para comunidades distantes.



Link: <https://youtu.be/G33Bv-ykI9U>.

Quando usamos equipamentos elétricos em nosso dia a dia, não imaginamos o que ocorre em seu interior para que funcionem adequadamente. No interior desses equipamentos, como o litro de luz, existem condutores elétricos, fios e circuitos organizados em um arranjo específico, denominado circuito elétrico. Para um circuito elétrico funcionar, precisamos de uma corrente elétrica.

CORRENTE ELÉTRICA

Vamos supor um carregador de celular, se conectarmos o carregador em uma tomada, teremos uma diferença de potencial. Se temos uma diferença de potencial entre dois pontos, teremos também um campo elétrico. Como vimos em estudos anteriores, quando temos um campo elétrico e cargas elétricas nesse campo, temos uma força de interação elétrica (FIGURA 1). Essa força provocará um movimento das cargas elétricas negativas em direção ao polo positivo da fonte, fazendo com que os elétrons se desloquem de forma ordenada, ou seja, passará a existir uma corrente elétrica.

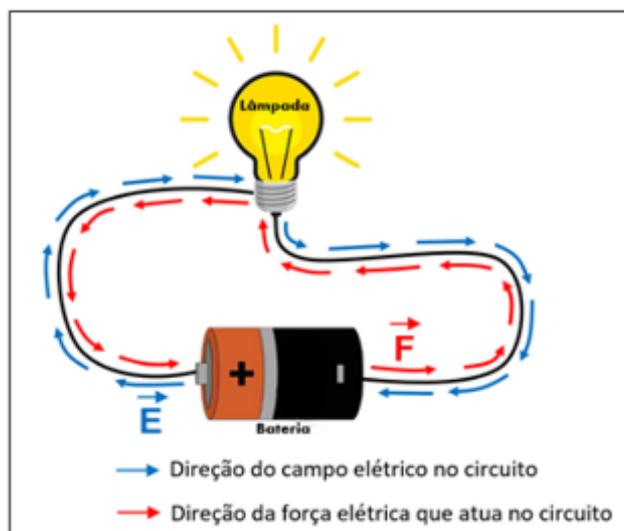


Figura 1: Direção do campo elétrico e da força elétrica em um circuito.

O termo "corrente elétrica" advém de uma antiga concepção (e errônea) de que a eletricidade age como um fluido, que poderia ser canalizada por condutores, semelhante à água corrente canalizada. Apesar de nomenclaturas semelhantes, elas possuem características diferentes uma da outra.

Enquanto na água encanada o que se movimenta é o líquido e qualquer partícula que esteja nele, na corrente elétrica quem se movimenta são os portadores de carga que representam uma pequena parte do que é constituído o condutor, isto é, os elétrons livres dos átomos que compõem o material.

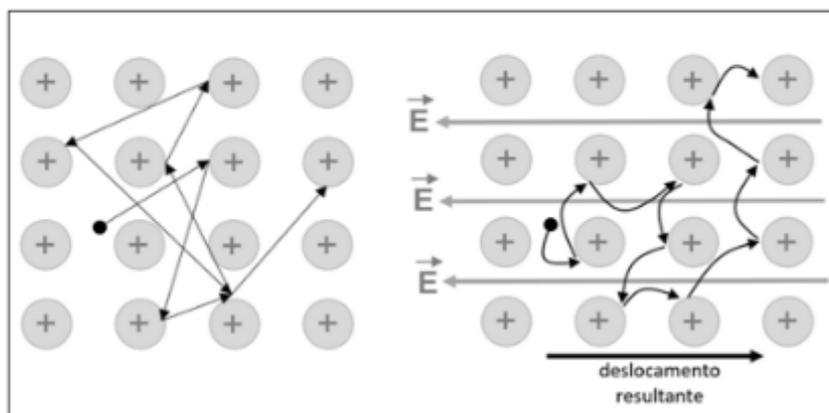


Figura 2: Movimento dos elétrons em um condutor. Movimento desordenado (a) e movimento devido atuação de um campo elétrico (b).

Importante: Os elétrons são os portadores de cargas quando nos referimos aos metais. Outros tipos de condutores possuem outros portadores de cargas. Iremos nos concentrar nos elétrons em função de sua importância nos circuitos, mas eles não são os únicos tipos de portadores de carga.

Como podemos verificar na Figura 2a, os condutores possuem elétrons livres que estão sempre em movimento desordenado em sua estrutura. Já na Figura 2b temos um campo elétrico atuando no condutor, o que provoca um movimento ordenado entre os elétrons, sendo contrário ao campo elétrico.

A corrente elétrica é a imposição de um movimento ordenado decorrente do campo elétrico que atua no condutor devido à diferença de potencial. Esse movimento ocorre do polo negativo da fonte geradora de energia para o polo positivo. Isso acontece pelo fato de cargas negativas, tanto do polo negativo como os elétrons do condutor se afastarem e cargas de sinais opostos se atraírem (elétrons e o polo positivo). Esse movimento ordenado dos elétrons não anula o movimento desordenado, mas se superpõe a ele. Podemos fazer uma analogia com um enxame de mosquitos: cada mosquito (elétron livre) voa desordenadamente enquanto o enxame como um todo se encontra parado. Então uma leve brisa passa a carregar o enxame como um todo. A partir deste instante cada mosquito ainda possui o movimento desordenado, mas é arrastado ordenadamente junto com o enxame.

Essa velocidade com que os elétrons vão sendo levados (enxame) é chamada de velocidade de deriva.

Um aumento da velocidade de deriva significa que mais elétrons estão atravessando um mesmo segmento de fio a cada segundo.

Por incrível que pareça essa velocidade é muito baixa (em torno de 1 metro por hora). Mas então, por que ao desligarmos um interruptor, o aparelho ou lâmpada desliga quase que imediatamente? Um fato importante que devemos considerar é que os elétrons não são fornecidos ao fio, mas o fio já está cheio deles. Podemos fazer uma analogia com uma mangueira cheia de água. No momento que uma gota entra em uma ponta da mangueira, outra gota precisa sair do outro lado. Assim que ocorre com os elétrons.

Em um circuito, o sentido real da corrente elétrica corresponde ao sentido dos elétrons que estão se movendo com certa velocidade. Esse movimento é do polo negativo (potencial menor) para o polo positivo (potencial maior) da fonte geradora de energia. Todo circuito para estar em funcionamento precisa de uma fonte geradora de energia, seja ela uma bateria, pilha ou mesmo a tomada da residência.

Quando em funcionamento, devido essa energia, as cargas fluem do potencial menor para o potencial maior desta fonte.

Entretanto, quando estudamos corrente elétrica, adotamos o sentido convencional da corrente elétrica, que corresponde ao movimento de uma carga positiva, deslocando-se em sentido contrário. Isso ocorre porque, historicamente, o sentido convencional foi estabelecido antes da descoberta de qual das cargas, positiva ou negativa, se deslocava dentro dos condutores. Os cientistas consideraram que seria uma complicação desnecessária adotar o sentido real para a corrente, pois teriam que modificar todas as leis estabelecidas até então. Assim, em um condutor metálico, apesar de sabermos que a corrente real é constituída por elétrons em movimento, vamos imaginá-la composta pela corrente convencional, de cargas positivas, movendo-se no sentido do campo elétrico. Na Figura 3 demonstramos os sentidos real e convencional da corrente elétrica em um circuito.

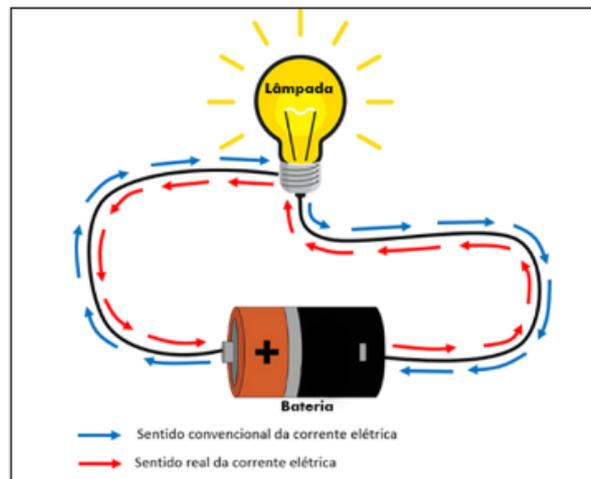


Figura 3: Sentido convencional (azul) e real (vermelho) da corrente elétrica em um circuito.

Como determinamos a intensidade da corrente elétrica?

A intensidade da corrente elétrica é dada pela razão entre a quantidade de carga que atravessa uma região do condutor e o intervalo de tempo considerado, seguindo a seguinte equação:

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

Ou seja, intensidade da corrente elétrica é a quantidade de carga que atravessa um determinado ponto do condutor em um certo intervalo de tempo. Um aparelho que possui uma corrente elétrica de 1 A significa que em um determinado ponto passa a quantidade de 1 C por segundo de carga. Lembrando que 1 C é a carga elétrica de $6,25 \times 10^{18}$ elétrons.

A unidade de corrente elétrica é o Ampère em homenagem ao cientista André-Marie Ampère. Ele é considerado o “Newton da eletricidade”.



Figura 4: Cientista que foi homenageado com o nome da unidade ampère.

Fonte: adaptado de PIETROCOLA et al., 2016.

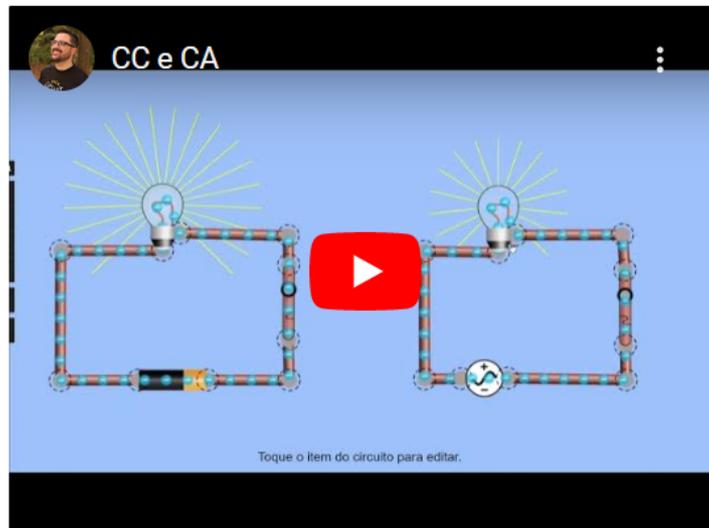
Para intensidades de corrente elétrica muito pequenas, utilizamos seus múltiplos: miliampere [mA], que corresponde a 10^{-3} A; microampère [μ A], que corresponde a 10^{-6} A; e ainda nanoampere [nA], que equivale a 10^{-9} A. Em nosso dia a dia nos referimos à corrente elétrica de miliampere nos carregadores de celulares e tablets, por exemplo.

Quais tipos de corrente elétrica utilizamos no dia a dia?

Temos dois tipos de correntes elétricas: (i) corrente contínua e (ii) corrente alternada.

(i) A corrente contínua (CC) ocorre em situações em que a corrente elétrica, independente do tempo analisado, se mantém constante. É o caso de aparelhos que utilizam pilhas ou baterias, por exemplo. Em uma pilha, as polaridades positivo e negativo são fixas e, por essa razão, o campo elétrico terá sempre o mesmo sentido, neste caso, a intensidade da corrente elétrica no aparelho em operação se mantém constante.

ii) A corrente alternada (CA) ocorre em situações em que os dispositivos possuem uma variação da corrente elétrica ao longo do tempo. A grande maioria dos aparelhos eletrodomésticos funcionam através da corrente alternada, conectados a uma tomada. A eletricidade da rede elétrica que provém das estações de geração de energia é produzida em fontes que não possuem os polos negativos e positivos fixos. Por essa razão o campo elétrico é variável e o sentido de movimentação dos elétrons se alterna a cada ciclo, oscilando precisamente 60 Hz.



Vídeo 2: Comparação entre corrente contínua e corrente alternada em um circuito.

Link: https://youtu.be/v9_wTkWpCY0

TENSÃO ELÉTRICA

Conforme vimos, a corrente elétrica no interior de um condutor é devido à existência de um campo elétrico. Na prática esse campo é fornecido por fontes de energia externa, como tomadas ou baterias, que são caracterizadas pela tensão elétrica. Essa caracterização está expressa quando nos referimos a pilhas de 1,5 V, baterias de 12 V ou tomadas de 110 V ou 220 V. Lembra quando falamos sobre potencial elétrico? A diferença entre os dois polos de uma pilha, bateria ou dos pinos da tomada é esta diferença de potencial ou tensão. Tensão e campo elétrico são conceitos diferentes, mas estão relacionados entre si. Para nos familiarizarmos com esses conceitos, convém notar que o campo elétrico está associado à noção de força enquanto tensão à de energia.

O valor do campo elétrico depende da tensão, quanto maior ela for, maior será a intensidade da força exercida pelo campo sobre os elétrons livres, proporcionando maior variação da energia cinética dos elétrons.

Quanto maior a energia cinética mais choques ocorrem entre os elétrons e condutor, transformando a energia cinética em energia térmica, ocasionando o aquecimento do material. Isso nos permite interpretar, por exemplo, o fato de um chuveiro, projetado para funcionar na tensão de 220 V, produzir menos aquecimento quando instalado a uma tensão de 110 V.

POTÊNCIA ELÉTRICA

Potência elétrica é a quantidade de energia consumida em determinado intervalo de tempo por um aparelho elétrico.

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Sendo P a potência desenvolvida pelo dispositivo (medida em watts [W]), ΔE a energia consumida (medida em joules [J]) e Δt o intervalo de tempo (medido em segundos [s]).

O desempenho de um aparelho está relacionado com a potência que ele é capaz de desenvolver. Assim podemos relacionar o consumo de energia elétrica com corrente e potência. Um exemplo prático que temos no dia a dia é a torradeira elétrica. Uma torradeira com uma potência maior que outra irá aquecer em um tempo menor e deixar a torrada pronta mais rápido.

Para entender a relação entre essas grandezas, é necessário compreender como funciona o efeito joule. Macroscopicamente, efeito joule é a transformação da energia elétrica em calor.

Todos esses aparelhos possuem em seu interior um fio, conhecido popularmente como resistência, cuja principal característica é transformar energia elétrica em energia térmica.

Observação: Alguns livros representam a tensão como letra “V”, outros com a letra “E”. Em nosso estudo utilizaremos principalmente a letra “U”.

Podemos imaginar que quanto maior a tensão estabelecida, maior é a quantidade de energia que esse elétron pode transferir ao condutor. Dessa forma, a potência será ao mesmo tempo proporcional a tensão e a intensidade de corrente elétrica.

$$P = U \cdot i$$

Sendo P a potência desenvolvida pelo dispositivo [W], U a tensão a que o aparelho está submetido [V] e i a corrente elétrica [A].

Um aparelho resistivo em funcionamento transforma continuamente energia elétrica em energia térmica. Essa energia que o aparelho transfere para o ambiente é chamada de energia dissipada e geralmente é indicada nos aparelhos. Por exemplo, a informação 2800 W que aparece no chuveiro indica que ele, quando em funcionamento, transforma 2800 joules de energia elétrica em térmica por segundo. Como não existe acúmulo de energia no interior do aparelho, a potência dissipada por ele é igual à potência que lhe é fornecida pela fonte de energia externa.

RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Macroscopicamente os elementos que influenciam o movimento de avanço dos elétrons livres estão representados pelo tipo de material de que é feito o condutor, suas características geométricas, a tensão elétrica a que ele está submetido e a corrente elétrica em seu interior. Essas características definem um outro conceito denominado resistência elétrica. Este conceito será de grande utilidade na compreensão do modo como são obtidas as diferentes potências dissipadas nos aparelhos resistivos.

A equação abaixo, chamada também de 1ª lei de Ohm determina que a resistência é a razão entre a diferença de potencial entre dois pontos de um resistor e a corrente elétrica que é estabelecida.

$$R = \frac{U}{i}$$

Podemos verificar que em um determinado circuito onde a resistência é constante e tivermos o dobro de tensão, teremos o dobro de corrente elétrica, ou seja, tensão e corrente elétrica são proporcionais entre si.

Uma outra relação podemos fazer é com o chuveiro elétrico. Se a tensão em nossa residência é de 220V, conseguimos controlar a corrente elétrica do chuveiro alterando sua resistência. Portanto, se queremos um banho mais quente precisamos diminuir a resistência, aumentando assim, a corrente elétrica do aparelho.

$$P = R.i^2$$

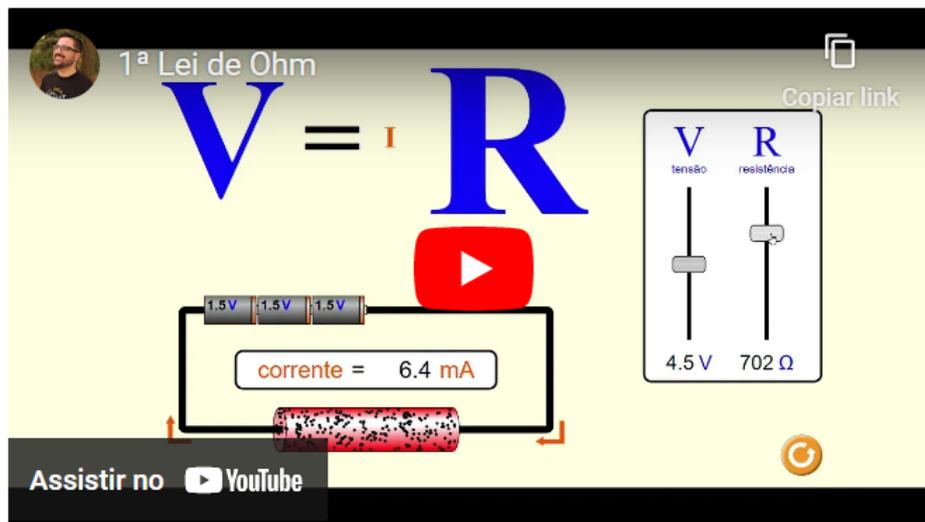
E ainda, fazendo uma relação com tensão e resistência, podemos obter o valor da potência através da equação abaixo:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Sendo R a resistência do dispositivo (medida em ohms [Ω]), U a tensão a que o aparelho está submetido (medida em volts [V]), P a potência dissipada (medida em watts [W]) e i a corrente elétrica (medida em amperes [A]).

Além de um fio como exemplo de resistor, no interior dos dispositivos elétricos temos elementos do circuito chamados de resistores, como lâmpadas, potenciômetros e pequenas peças produzidas de pó de carbono ou cerâmica.

Neste vídeo demonstramos as relações entre tensão, resistência e corrente elétrica.



Vídeo 3: Relação entre as propriedades tensão, corrente elétrica e resistência através da 1ª Lei de Ohm.

Link: <https://youtu.be/fisLBUTY7tc>

Sintetizando todas as equações mencionadas, mostramos na Figura 5 uma compilação das equações e suas relações com cada propriedade elétrica mencionada.

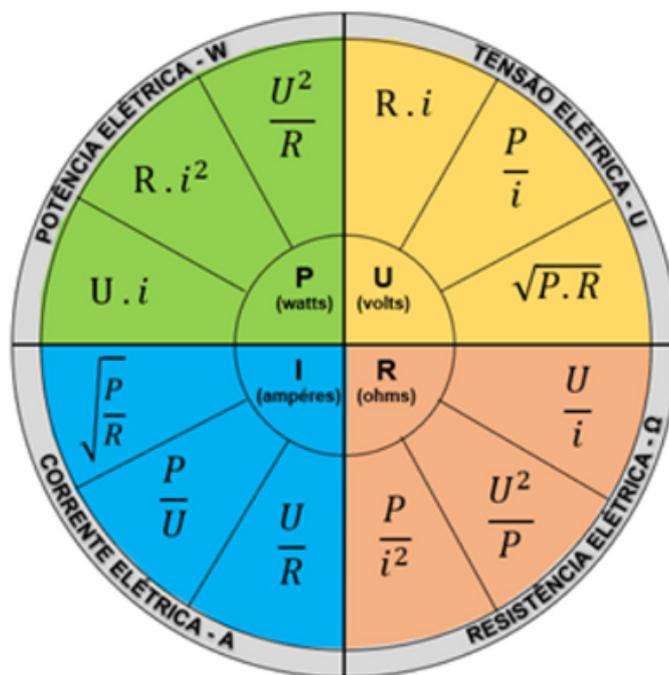


Figura 5: Compilação e síntese das equações.
 Fonte: adaptado de <https://ohmic.com.br/lei-de-ohm/>.

A 2ª lei de Ohm estabelece que para um condutor à temperatura constante, a razão entre a diferença de potencial entre dois pontos do condutor e a corrente elétrica que o atravessa é constante. Essa constante é designada resistência elétrica R do condutor entre os pontos onde se aplica a diferença de potencial. A variação da resistência depende do material, do comprimento e da área. Apresentamos na Figura 6 algumas situações para comparação.

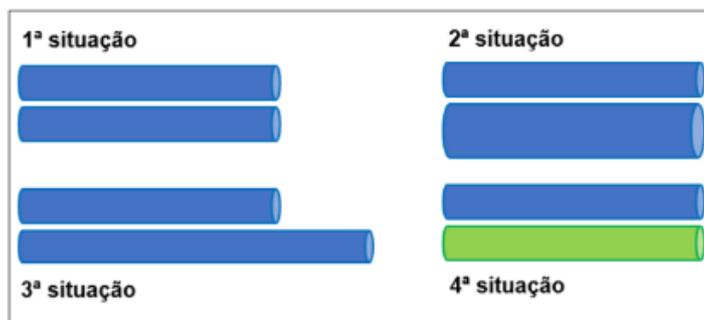


Figura 6: Diferentes situações que influenciam na variação da resistência.

Fonte: adaptado de SILVA, 2015.

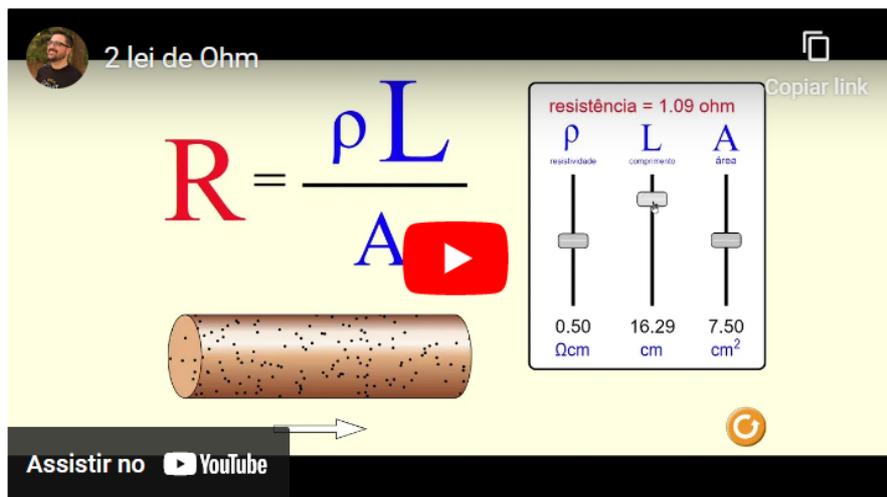
Na 1ª situação podemos perceber que os dois materiais são iguais, portanto, possuem a mesma resistência. Na 2ª situação temos áreas diferentes, o que acarreta diferentes resistências. O mesmo ocorre nas 3ª e 4ª situações, as quais possuem comprimento e resistividades diferentes (material do condutor), respectivamente.

Com essas propriedades, temos a 2ª lei de Ohm, a qual determina que a resistência elétrica do condutor é diretamente proporcional ao seu comprimento (L), inversamente proporcional a sua seção (A) e depende ainda do material com que é feito este condutor (ρ). Podemos verificar que além da resistividade, que depende do material condutor, a resistência se torna maior quanto maior for seu comprimento ou quanto mais fino for o condutor. Assim como se torna menor quanto mais curto for seu comprimento ou mais espesso for o fio.

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

Sendo R a resistência do dispositivo (medida em ohms [Ω]), ρ a resistividade (medida em ohms metro [$\Omega \cdot m$]), L o comprimento (medido em metros [m]) e A a seção transversal do dispositivo (medido em metros quadrados [m^2]).

No vídeo abaixo demonstramos a relação entre a resistência, resistividade, comprimento e área de um resistor.



Vídeo 4: Relação entre resistência, resistividade, comprimento e área através da 2ª Lei de Ohm.

Link: <https://youtu.be/XBzcyBvdtUc>

Na Figura 7 apresentamos um dispositivo que simula uma resistência. Ele possui na parte inferior uma haste envolvida por um fio, o que representa a resistência do circuito.

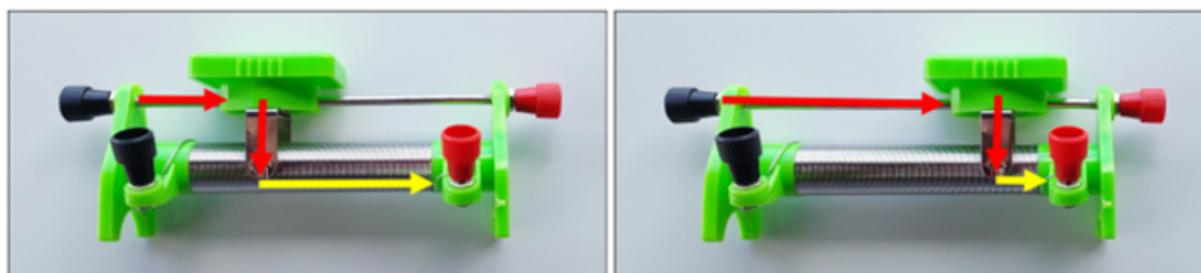


Figura 7: Comprimentos diferentes de uma resistência. Resistência de comprimento maior (a) e comprimento menor (b).

Como podemos perceber, na Figura 7a o caminho do circuito é determinado pelas setas. A seta amarela corresponde ao comprimento desta resistência (lembrando que ela ainda está enrolada na haste, aumentando ainda mais esse comprimento da seta). Na Figura 7b diminuimos esse comprimento significativamente.

Vamos ver o que isso influencia na prática? No vídeo abaixo temos um circuito que demonstra a relação entre resistência e potência.



Vídeo 5: Relação entre comprimento da resistência e intensidade do brilho de uma lâmpada em um circuito.

Link: <https://youtu.be/l1au5EKUlaw>

A resistência do resistor aumenta à medida que seu comprimento aumenta. Isso parece bem coerente, já que deve ser mais difícil empurrar elétrons através de um fio longo ao invés de um fio curto. Diminuir a área da seção também aumenta a resistência, já que o mesmo campo elétrico pode empurrar mais elétron em um fio largo do que em um fio fino.

Ouro: $2,44 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

Cobre: $1,72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

Ar: $1,3 \times 10^{16} \Omega \cdot m$ a $3,3 \times 10^{16} \Omega \cdot m$

A resistividade de um material é a oposição que ele oferece ao fluxo da corrente elétrica que o atravessa. Ou seja, quanto maior a resistividade, mais difícil para uma carga elétrica passar dentro do corpo. Cada material possui sua resistividade. Abaixo listamos alguns materiais e suas respectivas resistividades quando medidas a uma temperatura de $20^\circ C$.

Prata: $1,59 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

Vidro: $1,0 \times 10^{10} \Omega \cdot m$ a $1,0 \times 10^{14} \Omega \cdot m$

Podemos perceber que dentre esses materiais, prata e cobre possuem uma menor resistividade. Por possuírem uma baixa resistividade eles possuem uma menor resistência, sendo o cobre usualmente utilizado como condutores na fiação elétrica de residências.

Como podemos obter diferentes potências dissipadas, produzidas pelo mesmo aparelho, sem alterar a tensão?

Quando se varia o comprimento do resistor, como nos chuveiros, estamos produzindo uma alteração na intensidade da corrente elétrica e conseqüentemente na potência dissipada, sem variar a tensão. Desse modo, para o chuveiro, com a variação do resistor, a energia cinética dos elétrons livres e a dos íons da rede serão diferentes e conseqüentemente os aquecimentos obtidos serão diferentes. Assim como as lâmpadas incandescentes, que possuem uma maior potência quando possuem filamentos mais espessos.

Após esse primeiro contato com as propriedades elétricas, determinamos conceitos de corrente elétrica, tensão, potência e resistência. Agora pense antes de verificar a resposta:

Por que é perigoso manejar um dispositivo que é ligado na rede elétrica com as mãos molhadas?

A possibilidade de dano a um sujeito que manipula equipamentos elétricos conectados à rede cresce com a intensidade da corrente que ele estará sujeito caso toque em alguma parte energizada. A intensidade da corrente depende de dois fatores: da tensão elétrica (medida em volts) que é aplicada através de seu corpo e da resistência elétrica do seu corpo. Crescendo a tensão e/ou diminuindo a resistência elétrica do corpo, cresce a corrente através do corpo. Esta situação está relacionada com a 1ª lei de Ohm, vista anteriormente.

A resistência do corpo humano é usualmente elevada (podendo chegar a cerca de 500.000Ω), pois a pele seca é má condutora de eletricidade e o interior do corpo, devido aos fluidos corporais que contêm sais dissolvidos, possui condutividade maior, portanto uma baixa resistência (cerca de 100Ω). Ao molhar a pele ela passa a conduzir muito melhor e, portanto, para a mesma tensão elétrica (digamos que seja 220 V) aplicada no corpo a intensidade da corrente é maior do que com a pele seca.

Por isso, deve-se evitar o manejo de qualquer equipamento elétrico com as mãos molhadas pois se for tocada uma parte eletrificada, o fato de estar com a pele úmida determinará uma maior corrente através do corpo. O perigo é maior ainda se a pessoa estiver descalça e com os pés molhados.

Fonte: SILVEIRA, 2020 (CREF – Centro de Referência para o Ensino de Física).

Outra indagação interessante é considerar para onde vão os elétrons já que falamos tanto em corrente elétrica e movimento dos elétrons (do polo negativo para o polo positivo da fonte). Eles se acumulam todos no polo positivo? Tente pensar em uma resposta antes de seguir com texto. O texto abaixo foi extraído da página do CREF (Centro de Referência para o Ensino de Física) e retrata esse questionamento.

Para onde vão os elétrons?

Fontes ou geradores elétricos NÃO produzem cargas elétricas. As cargas elétricas existem independentemente da existência da corrente elétrica; a corrente elétrica é o “fluxo ordenado de elétrons”. As fontes ou geradores energizam eletricamente os circuitos produzindo uma corrente elétrica. Podemos fazer uma analogia com a roda de água em um moinho. A roda de água NÃO consome água, isto é, a água passa pela roda lhe transferindo energia mecânica. A água desce através de uma diferença de potencial gravitacional e transfere energia à roda. De maneira análoga, as cargas livres nos condutores permitem transferência de energia da fonte para o consumidor, mas neste processo NÃO há consumo das cargas assim como a água que passa pela roda não é consumida. As cargas se movem através de uma região onde existe uma diferença de potencial elétrico.

Nesta analogia mecânica os processos de absorção de energia solar pela água, a consequente evaporação, a condensação e a queda da água (chuva) na parte alta do reservatório do qual sai a água para a roda cumprem o papel da fonte ou gerador de energia elétrica em circuitos elétricos. Portanto, assim como a água é a “substância de trabalho” que permite a transferência de energia para a roda, as cargas livres nos condutores permitem que a energia elétrica proveniente do gerador seja transformada em outras formas de energia.

Fonte: SILVEIRA, 2015 (CREF – Centro de Referência para o Ensino de Física).

TEXTOS COMPLEMENTARES

- Chuveiro elétrico: por que não levamos choque se a água está em contato com a parte eletrificada do resistor de aquecimento?

<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=chuveiro-eletrico-por-que-nao-levamos-choque-se-agua-esta-em-contato-com-a-parte-eletrificada-do-resistor-de-aquecimento>

- O que causa o choque elétrico no corpo humano: a corrente elétrica ou a tensão?

<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=choque-eletrico-no-corpo-humano>

- Energia elétrica: inesgotável em uma tomada “T”

<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=energia-eletrica-inesgotavel-em-uma-tomada-t>

- Para-raios na praia?

<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=para-raios-na-praia>

QUESTÕES SOBRE A TAREFA DE LEITURA 1

1) (Oliveira, 2012) Após a leitura do texto, você achou alguma coisa confusa?

() Sim

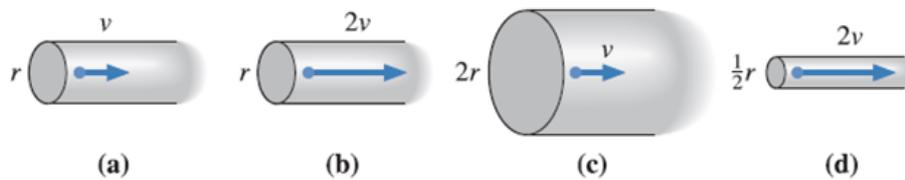
() Não

a) Em caso afirmativo na pergunta acima, você poderia informar qual(is) parte(s) do texto você achou confuso?

b) Dentre os conceitos que você aprendeu, qual o que achou mais importante?

2) (Hewitt, 2015) Qual será o efeito sobre a corrente em um fio se tanto a voltagem através dele quanto sua resistência forem dobradas? E se ambas forem reduzidas à metade?

3) (Knight, 2009) Os quatro fios apresentados são feitos de metal. Ordene em sequência decrescente as correntes elétricas de "a" até "d".



4) (Hewitt, 2015) Um amigo seu afirma que uma bateria fornece os elétrons para um circuito elétrico. Você concorda ou discorda dele? Justifique sua resposta.

REFERÊNCIAS

GRF: Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Física 3: Eletromagnetismo. 2 ed. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

HEWITT, P. G. Física conceitual. 12 ed. Porto Alegre: Bookmann, 2015.

LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. da C. Física: contexto & aplicações. 2 ed. São Paulo: Scipione, 2016.

OLIVEIRA, V.; Uma proposta de ensino de tópicos de eletromagnetismo via instrução pelos colegas e ensino sob medida para o ensino médio. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação vinculado ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS. p. 236, 2012.

SILVA, M. F. da. Eletricidade. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria: Rede e-Tec Brasil, 2015.

PIETROCOLA, M. et al. Física em contextos 3. 1 ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

Tarefa de Leitura 2 - Circuitos Elétricos



INTRODUÇÃO

Em nosso dia a dia podemos afirmar que um dos aparelhos que mais nos surpreende é o computador. E até mesmo os telefones, que com o avanço da tecnologia são pequenos computadores. As diversas funções e tarefas que são executadas por ambos em curtos espaços de tempo são impressionantes. Mas, por mais surpreendente que possa parecer, o poder destes aparelhos é obtido simplesmente pelo fluxo de cargas controlados através de fios e elementos de circuitos minúsculos. Mas como isso funciona? Neste texto vamos descrever os princípios físicos fundamentais de como os circuitos funcionam

CIRCUITO ELÉTRICO

Circuito elétrico é um conjunto de componentes elétricos ligados entre si que formam um percurso fechado através do qual pode circular corrente elétrica. No circuito elétrico demonstrado na Figura 1 apresentamos alguns elementos já conhecidos, abordados na aula anterior: uma fonte geradora (pilha) e um componente resistivo (lâmpada), juntamente com uma chave liga/desliga.

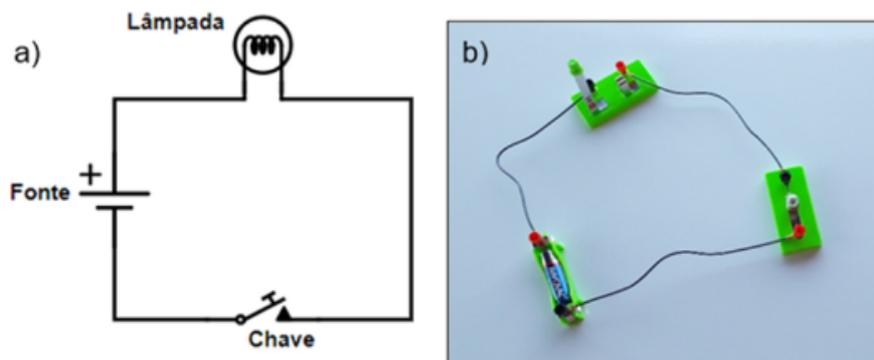


Figura 1: Circuito simples e alguns elementos.

Como podemos perceber na Figura 1a, temos um diagrama de circuito elétrico que substitui as peças reais de um circuito. Alguns exemplos dos principais símbolos dos componentes de um circuito em um diagrama são apresentados na Figura 2.

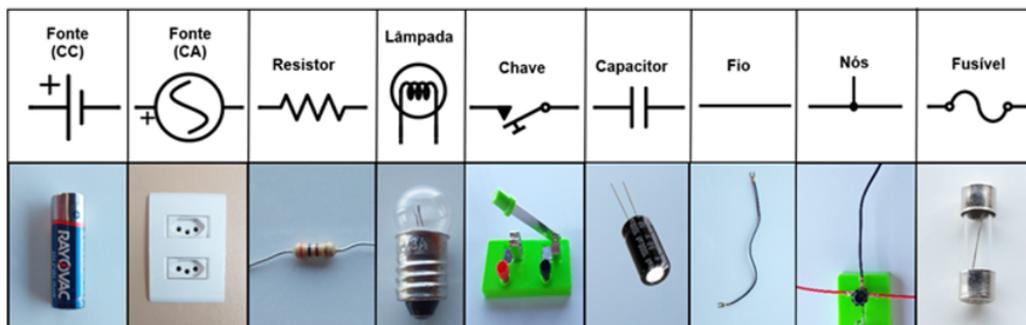


Figura 2: Principais símbolos utilizados em um diagrama de circuitos e fotos de seus componentes reais.

As lâmpadas são importantes elementos de um circuito e veremos elas várias vezes neste capítulo. Geralmente, falamos de lâmpadas como um resistor que emite luz quando há uma corrente, ou seja, ela pode ser representada com o símbolo do resistor caso o objetivo for analisar ela como tal.

Como vimos anteriormente, adotamos o sentido convencional da corrente elétrica (do polo positivo para o negativo) e representamos o sentido da corrente em um diagrama com uma seta, de acordo com a Figura 3.

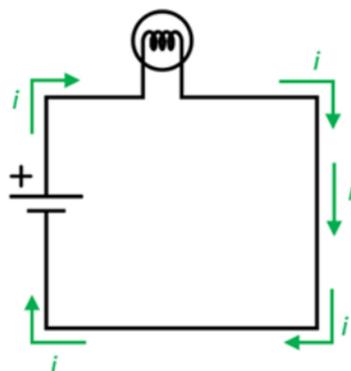


Figura 3: Sentido convencional da corrente elétrica em um circuito.

Quando a chave é aberta, ocorre a interrupção da corrente elétrica e a lâmpada apaga. Quando fechamos a chave, o fluxo de cargas volta a existir e a lâmpada acende, conforme podemos verificar na Figura 4.

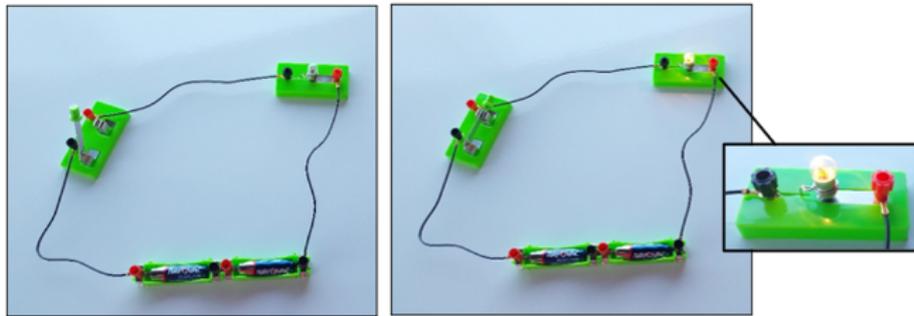


Figura 4: Circuito simples com chave desligada (a) e ligada (b).

No circuito da Figura 4 temos duas fontes geradoras de energia associadas em série. Para que tenhamos uma associação em série, o polo positivo de uma das fontes deve estar conectado no polo negativo de outra e assim sucessivamente para quantas fontes necessitar. Uma associação de fontes geradoras em série resulta em uma maior tensão, pois ocorre a soma de cada tensão de cada fonte individualmente. Importante ressaltar que se uma das fontes estiver invertida na série (polo positivo com polo positivo), haverá uma subtração, ou seja, duas pilhas estariam somando suas tensões e a que está invertida estaria diminuindo. Podemos verificar isso na Figura 5, que representa uma associação de três pilhas de 1,5 V de maneira correta (FIGURA 5a) e outra onde uma delas está invertida (FIGURA 5b).

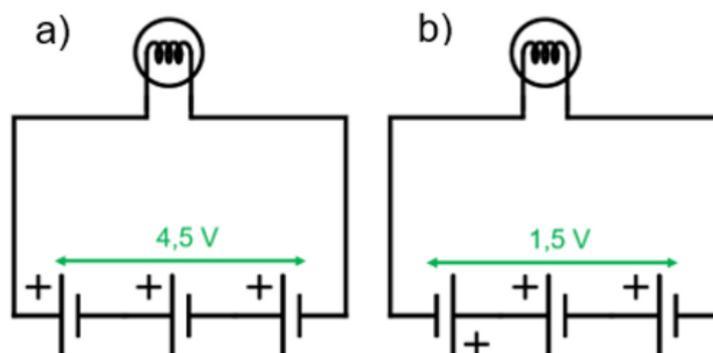


Figura 5: Circuito com associação de fontes em série de maneira correta (a) e de maneira incorreta (b).

O que aconteceria se uma das pilhas for retirada do circuito da Figura 4?

Como as duas pilhas estão associadas em série, temos uma tensão de 3 V (1,5 V de uma das pilhas e 1,5 V da outra). Ao retirarmos uma delas teremos no circuito uma tensão de 1,5 V, o que diminui a corrente elétrica e consequentemente o brilho da lâmpada, conforme demonstrado pela intensidade luminosa das lâmpadas na Figura 6.

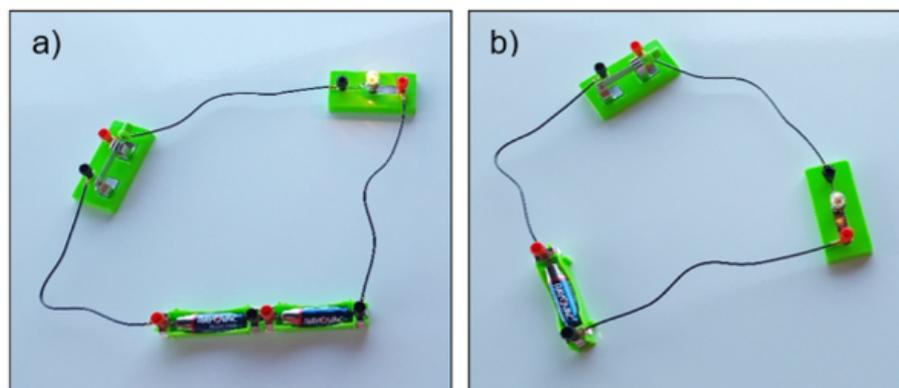


Figura 6: Intensidade da lâmpada em um circuito com duas pilhas (a) e com uma pilha (b).

E se associarmos essas fontes em paralelo?

Na associação das fontes em paralelo os polos positivos serão conectados juntos, da mesma forma que todos os polos negativos. Com a associação em paralelo não temos um aumento de tensão, mas sim um aumento de corrente elétrica. Este tipo de associação é pouco usual, pois caso alguma das fontes esteja com tensão diferente das demais (seja por ser diferente ou por ter gastado durante o tempo) ela ocasiona um desequilíbrio no circuito e começará a drenar energia ao invés de fornecer. Podemos verificar esta associação na Figura 7.

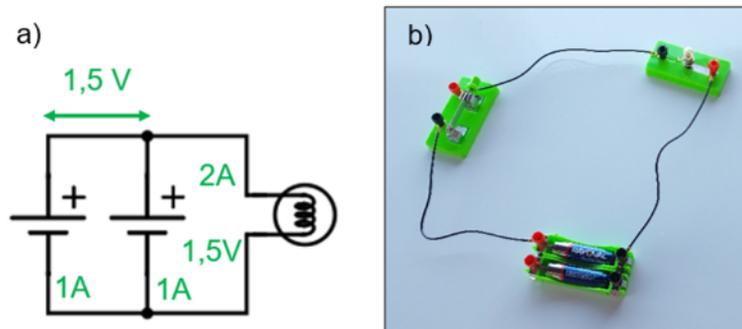


Figura 7: Diagrama (a) e circuito real (b) com associação de fontes em paralelo.

Podemos verificar que apesar de uma associação em paralelo aumentar a intensidade da corrente elétrica, a lâmpada no circuito está brilhando menos do que a do circuito da Figura 6. Isso ocorre porque a lâmpada utilizada no circuito necessita de uma ddp de 3,8V. Como na Figura 6 temos uma associação em série, a ddp do circuito é de 3 V, fazendo com que a lâmpada brilhe intensamente, mas não no seu máximo. Com a associação em paralelo da Figura 7, a ddp no circuito é de 1,5 V, sendo menos da metade exigida pela lâmpada para que brilhe intensamente, ocasionando um brilho bem baixo.

Os principais elementos que compõem um circuito são: gerador, armazenador, receptor, dispositivos de manobra, dispositivos de proteção e condutores.

(i) Gerador: é um dispositivo que transforma uma modalidade qualquer de energia em energia elétrica. Nos seus terminais é mantida uma diferença de potencial (ddp) que é derivada dessa transformação. Como exemplos temos pilhas, baterias, tomadas.

(ii) Armazenador: é o dispositivo capaz de armazenar uma certa quantidade de carga no circuito. O exemplo mais comum que encontramos em nosso dia a dia é o capacitor.

(iii) Receptor: é um dispositivo capaz de transformar energia elétrica em outra modalidade qualquer de energia que não seja unicamente calor, como as lâmpadas. Um receptor que transforma energia elétrica unicamente em calor é chamado receptor passivo (resistor).

(iv) Dispositivos de manobra: são elementos que servem para acionar ou desligar um circuito elétrico como as chaves e os interruptores.

(v) Dispositivos de proteção: são dispositivos que ao serem atravessados por uma corrente de intensidade maior que a prevista, interrompem a passagem da corrente elétrica, preservando muns são fusíveis e disjuntores.

(vi) Condutores: são os elementos que possibilitam a movimentação das cargas elétricas em seu interior com bastante facilidade. Os fios de cobre são os mais comuns em nosso dia a dia.

Na Figura 8 apresentamos um circuito elétrico contendo os principais componentes de um circuito. Já abordamos esses componentes separadamente no início do texto, agora apresentamos eles em um circuito elétrico.

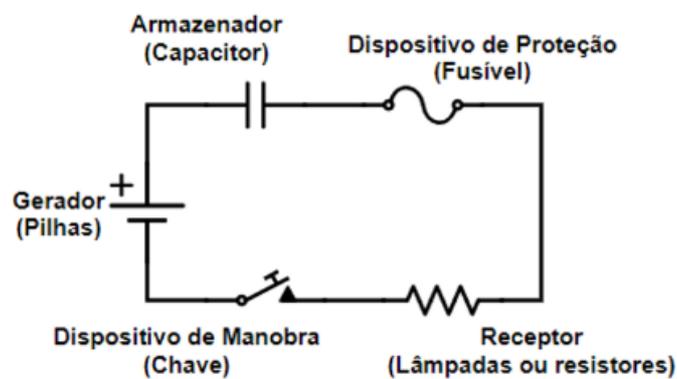


Figura 8: Circuito elétrico e seus principais componentes.

APARELHOS DE MEDIDA

Os principais aparelhos de medidas para um circuito são o galvanômetro, o amperímetro, o voltímetro, o ohmímetro e o multímetro.

O galvanômetro (FIGURA 9a) é um dispositivo eletromagnético utilizado para medir pequenas correntes elétricas, da ordem de miliamperes e é bastante preciso. O amperímetro (FIGURA 9b) possui a mesma função do galvanômetro, porém mede correntes elétricas mais elevadas. Ele deve ser em série no circuito elétrico. Com o voltímetro (FIGURA 9c) conseguimos medir a tensão entre dois pontos de um circuito. O aparelho deve ser posicionado paralelo ao circuito para verificar a tensão entre dois pontos. O ohmímetro (FIGURA 9d) tem o objetivo de fazer a leitura de resistências elétricas do circuito. Já o multímetro (FIGURA 9e) é o aparelho onde conseguimos medir a corrente elétrica, tensão e resistência, ou seja, é a junção de todos os aparelhos descritos anteriormente em um só.

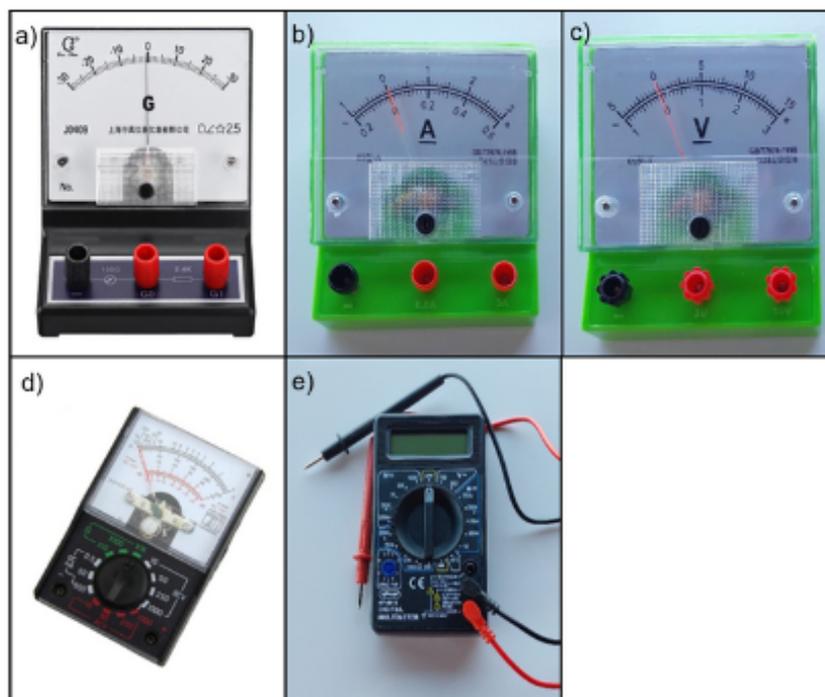


Figura 9: Aparelhos de medição de um circuito elétrico.

Apresentamos nas figuras abaixo um circuito (diagrama e montagem real) onde são medidas as tensões e corrente elétrica com o voltímetro (FIGURA 10) e amperímetro (FIGURA 11), respectivamente.

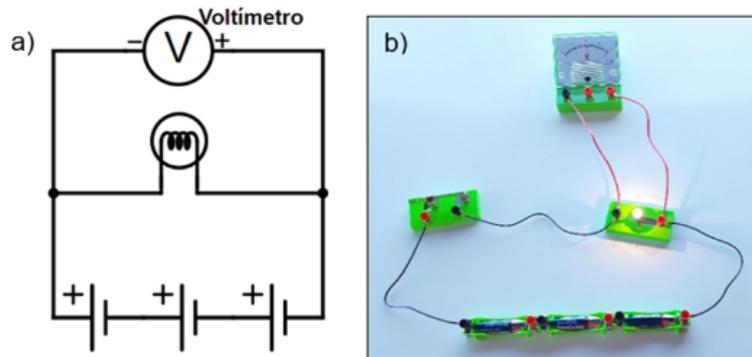


Figura 10: Diagrama (a) e circuito real (b) com um voltímetro para medição.

Podemos verificar, como dito acima no texto que o voltímetro foi conectado em paralelo com a lâmpada.

O que aconteceria se o voltímetro fosse conectado em série no circuito?



Link: <https://youtu.be/uGHRYfyYGwg>

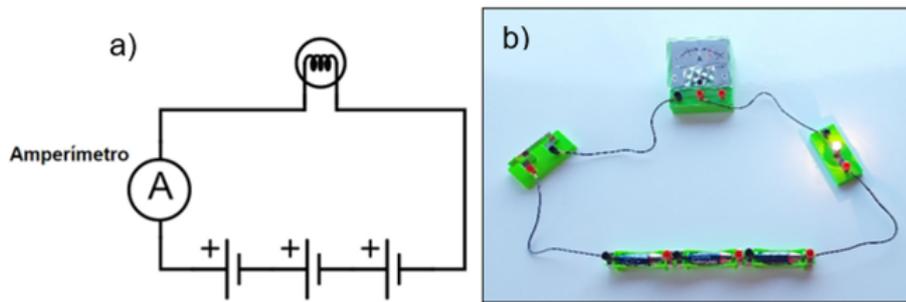
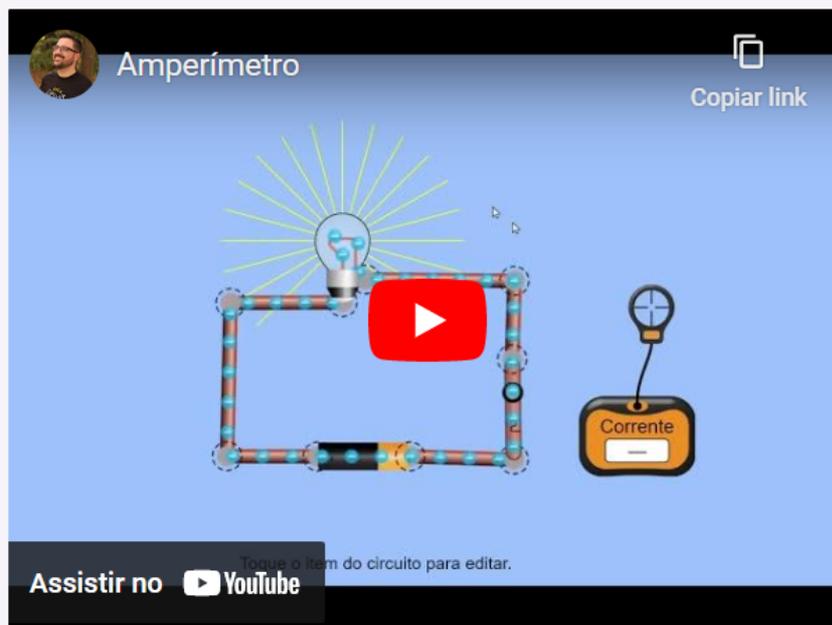


Figura 11: Diagrama (a) e circuito real (b) com um amperímetro para medição.

Podemos verificar que o amperímetro foi conectado em série com o circuito de acordo com o que foi mencionado anteriormente.

Por que o amperímetro não pode ser posicionado em paralelo com a lâmpada?



Vídeo 2: Amperímetro conectado em paralelo em um circuito.

Link: <https://youtu.be/KCziQ0rc5H4>

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Um circuito elétrico pode ter três tipos de associações de resistores: associação em série, associação em paralelo e associação mista. Cada uma dessas associações possui características próprias e veremos essas características com detalhes. Também visualizaremos como ocorre um curto-circuito e uma sobrecarga de um circuito.

Associação em Série

Dois ou mais resistores constituem uma associação em série quando estão ligados, de modo que a mesma corrente percorra cada um deles. Ou seja, em circuitos elétricos que possuem associação em série, temos apenas um caminho para o fluxo de elétrons.

O Circuito representado na Figura 12 contém duas lâmpadas (R_1 e R_2). Qual delas é a mais brilhante? Ou elas brilham igualmente? Pense na resposta antes de prosseguir com a leitura.

Talvez você tenha sido tentado a responder que R_1 seja mais brilhante, afinal a corrente elétrica “chega” primeiro nela e parte dela é “consumida”, deixando o restante para a lâmpada R_2 . Como existe apenas um caminho entre as lâmpadas, as correntes são as mesmas e, portanto, elas brilham igualmente. Como podemos observar, todos os elementos dos circuitos estão conectados ponta a ponta formando um único caminho.

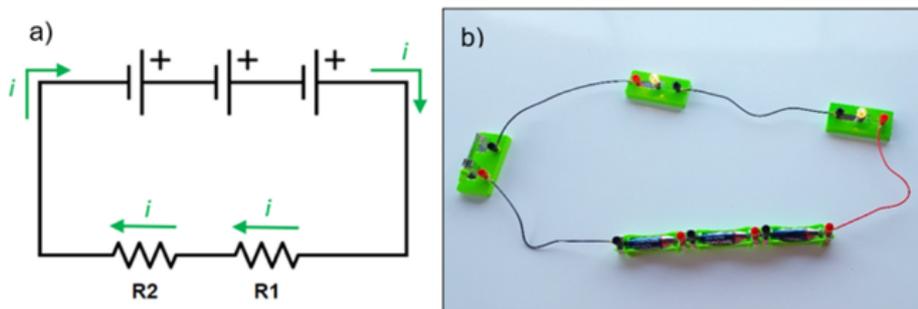


Figura 12: Diagrama (a) e circuito real (b) com associação de resistores em série.

Quando a chave é fechada, a mesma corrente elétrica se estabelece quase que imediatamente em todo circuito. Como este é o único caminho disponível para os elétrons, caso algum componente seja retirado ou der algum problema, ocorre a interrupção do fluxo e não temos mais corrente elétrica no circuito. E, quanto maior a corrente elétrica em uma lâmpada, mais ela brilhará.

Em uma associação em série, a intensidade da corrente elétrica que percorre um resistor será igual em todos eles. Já a ddp entre os terminais do circuito provém da soma das ddp entre os terminais de cada resistor associado, ou seja, a tensão é dividida entre os resistores. O mesmo ocorre com a resistência equivalente deste circuito, que se dá pela soma das resistências de cada um dos resistores associados.

$$i_s = i_1 = i_2 = i_3$$

$$U_s = U_1 + U_2 + U_3$$

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

Vamos verificar uma simulação com uma, duas e três lâmpadas sendo conectadas uma a uma no circuito. Observe o que acontece com a corrente elétrica, tensão e resistência do circuito.



Vídeo 3: Associação de resistores em série.

Link: <https://youtu.be/OWuTr-XNxtE>

Podemos destacar algumas características importantes sobre a associação em série.

- ➔ A corrente elétrica possui um caminho no circuito, resultando na mesma corrente em todo ele;
- ➔ A corrente enfrenta a resistência de cada elemento do circuito, de modo que a resistência total à corrente seja a soma de todas as resistências do circuito;
- ➔ A energia total fornecida ao circuito é igual a soma da energia fornecida a cada elemento do circuito;
- ➔ A queda de tensão em cada elemento é proporcional a sua resistência.

Agora temos uma situação de comparação. Imagine um circuito conforme o representado na Figura 13. Considere as mesmas características de lâmpada, fios e bateria utilizada na Figura 12, onde descobrimos que as lâmpadas R1 e R2 possuem o mesmo brilho. A lâmpada da Figura 13 brilha mais, menos ou igual as lâmpadas da Figura 12? Pense antes de seguir com o texto.

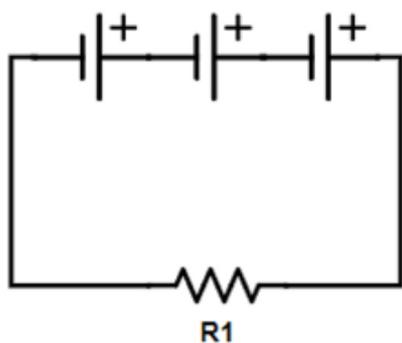


Figura 13: Circuito elétrico com uma lâmpada.

Como vimos anteriormente, em um circuito em série, a resistência equivalente do circuito é dada pela soma das resistências de cada elemento. Como na Figura 12, temos duas lâmpadas associadas, temos uma resistência equivalente maior, o que acarreta uma corrente elétrica menor neste circuito. No circuito da Figura 13, apenas uma lâmpada está inserida no circuito, ocasionando em uma resistência menor, portanto uma maior corrente elétrica.

Sendo assim, a lâmpada da Figura 13 brilha mais do que as lâmpadas da Figura 12.

Importante: As baterias mantêm uma diferença de potencial fixa. Ela não fornece uma corrente fixa para o circuito. A intensidade da corrente depende, conjuntamente, da diferença de potencial e da resistência do circuito que está ligado a ela.

A principal desvantagem de um circuito em série é a de interrupção da corrente elétrica caso algum componente falhe. Como exemplo, temos os antigos pisca-piscas de Natal. Quando uma lâmpada queimava, o circuito era interrompido ocasionando um trabalho enorme para encontrar a lâmpada danificada e substituí-la.

Associação em Paralelo

Em decorrência da leitura até agora, podemos nos perguntar: por qual razão quando queima alguma lâmpada em casa, nada acontece com as demais? Diferente das ligações em série, circuitos residenciais apresentam mais de um caminho para a corrente elétrica, ocasionando uma associação em paralelo.

Dois ou mais resistores constituem uma associação em paralelo quando estão ligados de modo que a ddp entre seus terminais é a mesma. Ou seja, em circuitos elétricos associados em paralelo existem divisões, o que gera caminhos diferentes para o fluxo de elétrons. Diferente da associação em série, quando temos uma associação em paralelo e alguns dos componentes falhar, o fluxo de elétrons não fica suspenso, pois existem outras divisões por onde esse fluxo poderá passar.

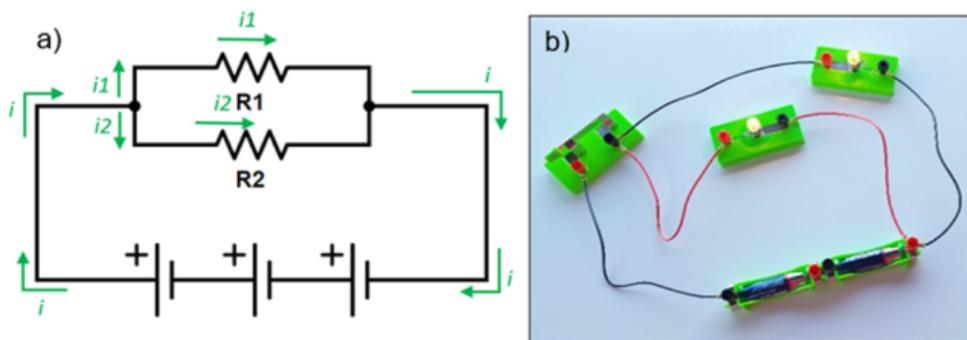


Figura 14: Diagrama (a) e circuito real (b) com associação de resistores em paralelo.

Podemos verificar que quando a corrente elétrica chega nos pontos de conexão dos dois resistores, ela se divide em i_1 e i_2 . Caso alguns desse caminhos seja interrompido, nada acontecerá com as demais passagens, que são independentes, como demonstrado na Figura 15.

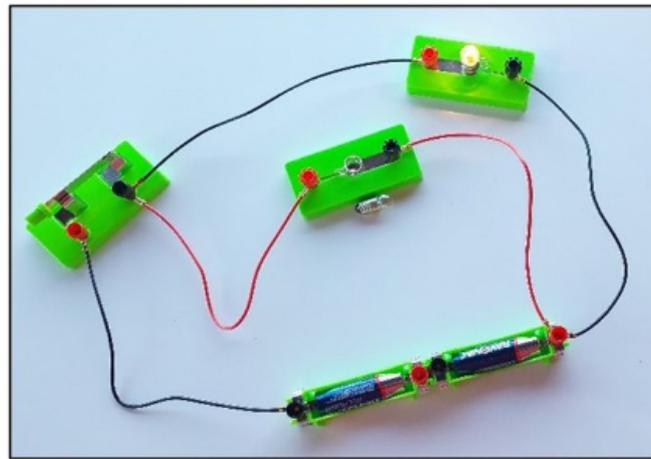


Figura 15: Circuito paralelo onde foi retirado uma das lâmpadas, interrompendo o fluxo naquele caminho.

Em uma associação em paralelo, a intensidade da corrente elétrica que percorre um resistor equivalente é a soma das correntes elétricas de cada resistor associado. Já a ddp do resistor equivalente é igual a ddp entre os terminais de cada um desses resistores associados. Para a resistência equivalente do circuito temos que o inverso da resistência equivalente é a soma dos inversos das resistências dos resistores associados.

$$i_p = i_1 + i_2 + i_3$$

$$U_p = U_1 = U_2 = U_3$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Podemos perceber que quantos mais resistores associados em paralelo, menor é a resistência do circuito. Surpreendente não é mesmo? Como que um grupo de resistores sendo associados gera uma resistência equivalente menor? Isso ocorre porque mesmo que o resistor seja um obstáculo ao fluxo de cargas, vários resistores em paralelo constituem mais caminhos alternativos para as cargas passarem.

Em alguns casos específicos como: n resistores iguais associados em paralelo ou dois resistores em paralelo, podemos obter a resistência equivalente através de outra maneira.

$$R_p = \frac{R}{n}$$

$$R_p = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Vamos verificar uma simulação com duas e três lâmpadas sendo conectadas em paralelo no circuito. Observe o que acontece com a corrente elétrica, tensão e resistência do circuito.



Vídeo 4: Associação de resistores em paralelo.

Link: <https://youtu.be/CEpipCCAINE>

Podemos destacar algumas características importantes sobre a associação em paralelo.

- A tensão é a mesma em dois elementos associados em paralelo;
- A corrente se divide em cada ramo do circuito, sendo a lei de Ohm aplicada separadamente em cada ramo;
- A corrente total do circuito é a soma da corrente de cada ramo. Essa corrente é igual a corrente na fonte.
- Quanto maior o número de ramos, menor a resistência total (equivalente) do circuito.

Associação Mista

A associação de resistores mista é a junção das duas associações vistas anteriormente em um mesmo circuito.

Para obtermos a resistência equivalente de um circuito precisamos analisar cada associação separadamente até obtermos a resistência equivalente do circuito. Por exemplo, utilizaremos o circuito da Figura 18 como referência. Primeiramente podemos observar que R2 e R3 estão associados em paralelo. Isso nos permite descobrir a resistência equivalente entre esses dois resistores através da equação de resistências associadas em paralelo.

Com isso temos um novo circuito conforme representado

pela Figura 19, onde substituímos R2 e R3 por uma resistência equivalente R23.

Após essa primeira etapa, podemos perceber que ficamos com três resistores no circuito e eles estão associados em série. Com esses resistores associados em série podemos descobrir a resistência equivalente do circuito elétrico através da resistência de resistores associados em série visto anteriormente. Na Figura 20, demonstramos o circuito elétrico com apenas uma resistência equivalente (R_{eq}), ou seja, a resistência que substitui todas as cinco resistências iniciais do circuito.

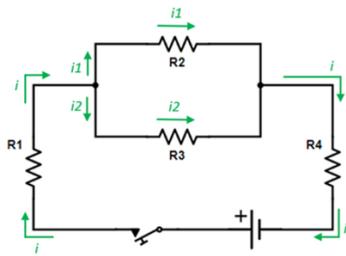


Figura 18: Circuito com associação de resistores mista.

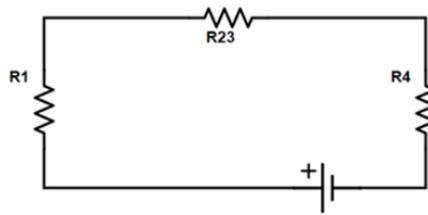


Figura 19: Circuito elétrico com resistência equivalente.

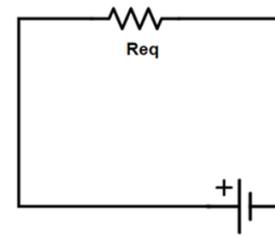


Figura 20: Circuito simples com resistência equivalente.



Vídeo 5: Associação de resistores mista.

Link: https://youtu.be/TkM_SG4NeZg

Curto-circuito

Quando uma conexão com uma resistência muito baixa ou até mesmo nula, é feita em um circuito, que normalmente possui uma resistência maior, temos um curto-circuito.



Vídeo 6: Curto-circuito realizado em um circuito com palha de aço.

Link: <https://youtu.be/UNibVyoxc6g>

Sobrecarga de um circuito

Um circuito sobrecarregado significa que nele circula uma corrente elétrica acima do considerado seguro. Vamos supor o circuito representado na Figura 16. Nele temos uma associação em paralelo e em cada ramo está representado um aparelho que necessita de certa quantidade de corrente para funcionar. Se ligarmos os aparelhos A, B e C, a corrente que circulará pelo circuito será de 20 A, o limite considerado seguro. Ligando o aparelho D, ocorre uma sobrecarga no circuito ocasionando um superaquecimento, o que pode iniciar um incêndio.

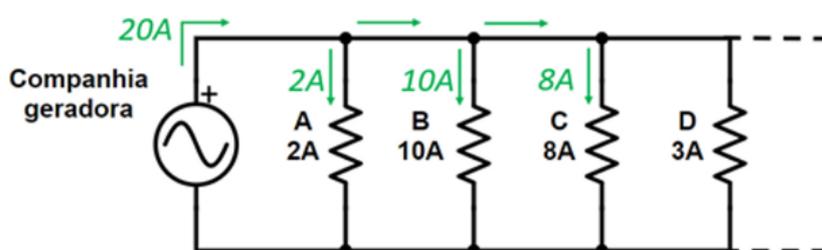


Figura 16: Circuito sobrecarregado

Para prevenir essa sobrecarga em circuitos são instalados dispositivos de controle, conforme demonstrado na Figura 17. Entre os mais comuns estão fusíveis e disjuntores. Assim, a corrente total do circuito passa por esse dispositivo que faz essa medição. Caso sobrecarregar o circuito, esse dispositivo detecta essa sobrecarga e desarma, interrompendo a corrente elétrica. No caso do fusível, ele é composto por um fio que suporta determinadas correntes. Caso essa corrente seja ultrapassada, derreterá o fio e ele se rompe, ocasionando a interrupção da corrente elétrica.

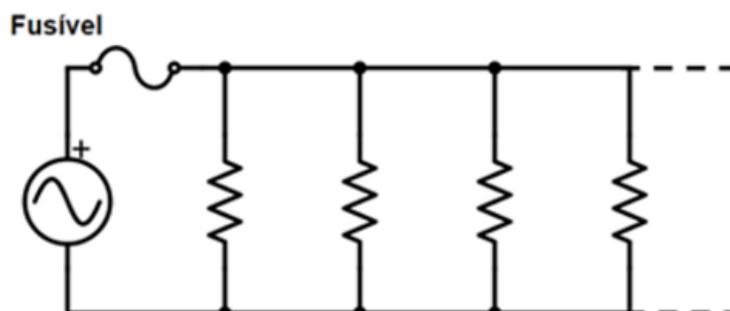
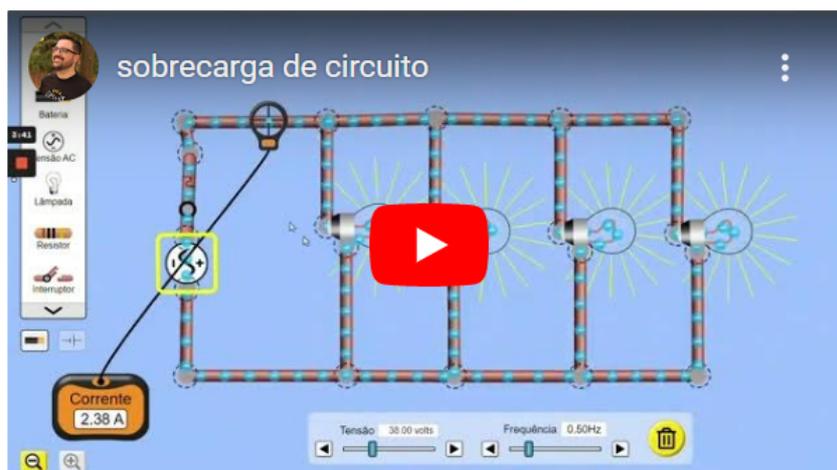


Figura 17: Circuito com a instalação de um dispositivo de controle.

Podemos verificar essa situação no vídeo abaixo.



Vídeo 7: Sobrecarga de um circuito.

Link:<https://youtu.be/QtoPbkzEQSs>

TEXTOS COMPLEMENTARES

- Passarinhos e a diferença de potencial ao longo da linha de transmissão

<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=passarinhos-e-a-diferenca-de-potencial-ao-longo-da-linha-de-transmissao>

- Choques e eletrocussão

<https://cref.if.ufrgs.br/?contact-pergunta=choques-e-eletrocussao>

QUESTÕES SOBRE A TAREFA DE LEITURA 2

1) (Oliveira, 2012) Após a leitura do texto, você achou alguma coisa confusa?

() Sim

() Não

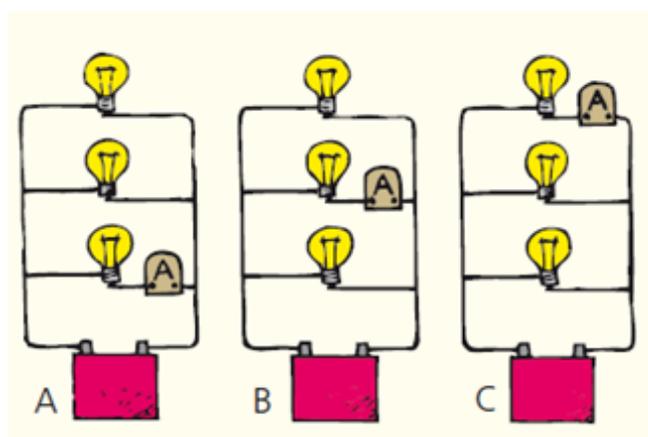
a) Em caso afirmativo na pergunta acima, você poderia informar qual(is) parte(s) do texto você achou confuso?

2) (Adaptado de Pietrocola *et al.*, 2016) Qual é o erro em se dizer que a fonte dos elétrons em um circuito é a bateria ou o gerador?

3) (Adaptado de Pietrocola *et al.*, 2016) Se os elétrons já estão presentes no condutor, de onde se originam os elétrons que produzem o choque elétrico quando você se encosta em um condutor eletrizado?

4) (Hewitt, 2015) Quanto maior o número de cabines em funcionamento em um posto de pedágio, menor será a resistência enfrentada pelos carros em passar pelo pedágio. De que maneira isso se assemelha ao que ocorre quando mais ramos são adicionados, em paralelo, a um circuito?

5) (Hewitt, 2015) As lâmpadas são idênticas. Um amperímetro é conectado em diferentes lugares do circuito, como indicado. Ordene as leituras do amperímetro em sequência decrescente de valor.



REFERÊNCIAS

GRAF: Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Física 3: Eletromagnetismo. 2 ed. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

HEWITT, P. G. Física conceitual. 12 ed. Porto Alegre: Bookmann, 2015.

LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. da C. Física: contexto & aplicações. 2 ed. São Paulo: Scipione, 2016.

OLIVEIRA, V.; Uma proposta de ensino de tópicos de eletromagnetismo via instrução pelos colegas e ensino sob medida para o ensino médio. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação vinculado ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS. p. 236, 2012.

SILVA, M. F. da. Eletricidade. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria: Rede e-Tec Brasil, 2015.

PIETROCOLA, M. et al. Física em contextos 3. 1 ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

Testes Conceituais para aplicação em sala de aula

CORRENTE ELÉTRICA, TENSÃO, POTÊNCIA E RESISTÊNCIA

1) (Hewitt, 2015) Fazendo uma analogia com uma banda marcial em fila, qual dessas situações, melhor representa o movimento dos elétrons em um fio condutor:

- a) Dando um empurrão no último da fila que se propaga em cascata até a primeira pessoa da fila.
- b) Em determinado momento a banda move-se sozinha.
- c) Gritando o comando "À frente, em marcha!"
- d) Nenhuma dessas relações análogas.

2) (Hewitt, 2015) Se duas patas de um pássaro sobre o fio de uma linha de transmissão estiverem muito afastadas uma da outra, o que pode acontecer com o pássaro?

- a) Um leve choque, mas sem machucar o animal.
- b) Um choque intenso, o que acarreta a morte do animal.
- c) Uma descarga elétrica não tão intensa, mas que pode machucar o animal.
- d) Não acontece nada.

3) (ENEM, 2021) A tabela apresenta as áreas e comprimentos de alguns fios. Considere que a resistividade é constante para todas as geometrias. As resistências elétricas dos fios, em ordem crescente, são:

- a) $R_1 < R_2 < R_3 < R_4$
- b) $R_2 < R_1 < R_3 < R_4$
- c) $R_2 < R_3 < R_1 < R_4$
- d) $R_4 < R_1 < R_3 < R_2$

	Área	Comprimento	Resistência elétrica
Fio 1	9	312	R1
Fio 2	4	47	R2
Fio 3	2	54	R3
Fio 4	1	106	R4

4) (Adaptado de Pietrocola *et al.*, 2016) Um fluxo de carga flui...

- a) Somente quando ocorre uma junção de dois ou mais condutores.
- b) Para dentro de um condutor.
- c) Para fora de um condutor.
- d) Através de um condutor.

5) (Hewitt, 2015) Qual é a condição necessária para que exista um fluxo de carga elétrica através de um condutor?

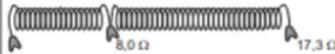
- a) A existência de um campo elétrico.
- b) A existência de corrente elétrica no condutor.
- c) A existência de um componente resistor.
- d) Nenhuma das alternativas anteriores.

6) (ENEM, 2015) A rede elétrica de uma residência tem tensão de 110 V e o morador compra, por engano, uma lâmpada incandescente com potência nominal de 220 V. Se essa lâmpada for ligada na rede de 110 V, o que acontecerá?

- a) A lâmpada brilhará normalmente, mas como a tensão é a metade da prevista, a corrente será o dobro da normal, pois a potência elétrica é o produto de tensão pela corrente.
- b) A lâmpada não acenderá, pois ela é feita para trabalhar apenas com tensão de 220 V e não funciona com tensão abaixo desta.
- c) A lâmpada irá brilhar fracamente, pois com a metade da tensão nominal, a corrente elétrica também será menor e a potência dissipada será menos da metade da nominal.
- d) A lâmpada queimará, pois como a tensão é menor do que a esperada, a corrente será maior, ultrapassando a corrente para a qual o filamento foi projetado.

7) (ENEM, 2021) Nos chuveiros elétricos, a água entra em contato com uma resistência aquecida por efeito Joule. A potência dissipada pelo aparelho varia em função da tensão e de sua resistência, de acordo com a chave seletora. No quadro estão indicados os valores de tensão e resistências de quatro modelos de chuveiros. Qual modelo apresenta a maior potência elétrica?

- a) A
- b) B
- c) C
- d) D

Chuveiro	Tensão	Posição de seleção da resistência elétrica
A	127 V	 5,0 Ω
B	127 V	 3,2 Ω 8,2 Ω
C	220 V	 8,0 Ω 17,3 Ω
D	220 V	 10,0 Ω 12,1 Ω 23,0 Ω

8) (Adaptado de Luz, Alvarenga e Guimarães, 2016) Um fio condutor está submetido a um campo elétrico E , da esquerda para a direita. Qual será o sentido convencional da corrente neste condutor?

- a) Da direita para esquerda.
- b) O campo elétrico não determina o sentido da corrente.
- c) Da esquerda para a direita.

9) (ENEM, 2010) A condutividade caracteriza a estrutura do material e o quanto ele pode conduzir o fluxo de cargas. De acordo com as informações, mantendo as mesmas dimensões geométricas, de que é feito o fio que apresenta menor resistência elétrica?

- a) Tungstênio
- b) Alumínio
- c) Prata
- d) Ferro

Tabela de Condutividade	
Material	Condutividade (S.m/mm ²)
Alumínio	34,2
Ferro	10,2
Prata	62,5
Tungstênio	18,8

10) (Hewitt, 2015) O que ocorre com a corrente elétrica se a voltagem aplicada através de um condutor se mantém constante enquanto a resistência dobra de valor?

- a) Diminui pela metade.
- b) Também dobra de valor.
- c) Não altera.
- d) Diminui em $\frac{1}{4}$ o seu valor.

11) (Adaptado de Silva, 2015) Uma tensão pode produzir intensidades diferentes de corrente elétrica. Qual a propriedade que confirma isso?

- a) Potência.
- b) Resistência.
- c) Material do condutor.
- d) Resistividade.

REFERÊNCIAS

ENEM 2010 - Exame Nacional do Ensino Médio. INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministério da Educação. Disponível em: <www.enem.inep.gov.br> Acessado em maio de 2023.

ENEM 2015 - Exame Nacional do Ensino Médio. INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministério da Educação. Disponível em: <www.enem.inep.gov.br> Acessado em maio de 2023.

ENEM 2021 - Exame Nacional do Ensino Médio. INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministério da Educação. Disponível em: <www.enem.inep.gov.br> Acessado em maio de 2023.

HEWITT, P. G. Física conceitual. 12 ed. Porto Alegre: Bookmann, 2015.

LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. da C. Física: contexto & aplicações. 2 ed. São Paulo: Scipione, 2016.

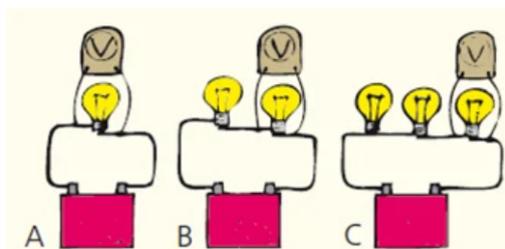
SILVA, M. F. da. Eletricidade. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria: Rede e-Tec Brasil, 2015.

PIETROCOLA, M. et al. Física em contextos 3. 1 ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

CIRCUITO ELÉTRICO

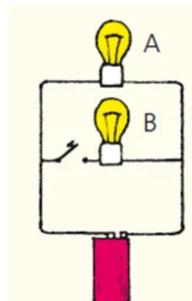
1) (Hewitt, 2015) No seguinte circuito todas as lâmpadas são idênticas. Um voltímetro é ligado em paralelo com uma única lâmpada para medir a queda de voltagem através dela. Ordene em sequência decrescente de valor as medidas de voltagem.

- a) A, B, C.
- b) A, C, B
- c) C, B, A
- d) $C = A = B$



2) (Hewitt, 2015) O que acontecerá ao brilho da lâmpada A quando a chave for fechada e a lâmpada B passar a brilhar?

- a) Diminuirá o brilho.
- b) Aumentará o seu brilho.
- c) Continuará com o mesmo brilho.
- d) Ocorrerá um curto-circuito.



3) (Hewitt, 2015) O que acarretaria à rede elétrica se mais aparelhos elétricos forem introduzidos em série no circuito?

- a) Aumentaria a tensão da rede.
- b) Aumentaria a corrente elétrica.
- c) Diminuiria a corrente elétrica.
- d) Diminuiria a resistência total do circuito.

4) (Hewitt, 2015) O que acarretaria a linha da tomada elétrica se mais aparelhos elétricos forem introduzidos em paralelo no circuito?

- a) Aumentaria a tensão da rede.
- b) Aumentaria a corrente elétrica.
- c) Diminuiria a corrente elétrica.
- d) Aumentaria a resistência do circuito.

5) (Adaptado de Hewitt, 2015) Seu amigo, técnico em eletrônica necessita de um resistor de 20Ω , mas só tem a sua disposição resistores de 40Ω . Ele afirma que pode combiná-los de modo a obter um resistor de 20Ω . Como?

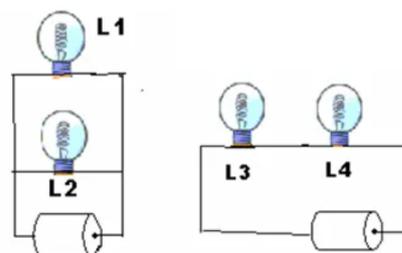
- a) Através de uma associação em paralelo.
- b) Através de uma associação em série.
- c) Através de uma associação mista de três resistores.
- d) Ele está enganado. isto não é possível.

6) (Adaptado de Hewitt, 2015) Seu amigo, técnico em eletrônica necessita de um resistor de 10Ω , mas só tem a sua disposição resistores de 40Ω . Como ele poderia combinar esses resistores para obter um equivalente a 10Ω ?

- a) Associando quatro resistores em série.
- b) Associando quatro resistores em paralelo.
- c) Associando dois resistores em série.
- d) Associando dois resistores em paralelo.

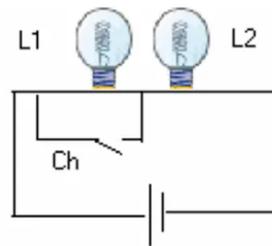
7) (Moraes, 2006) Analise os circuitos e assinale a alternativa correta:

- a) L1, L2, L3 e L4 têm o mesmo brilho.
- b) L3 e L4 brilham mais do que L1 e L2.
- c) L1 brilha mais do que L2.
- d) L1 e L2 brilham mais do que L3 e L4.



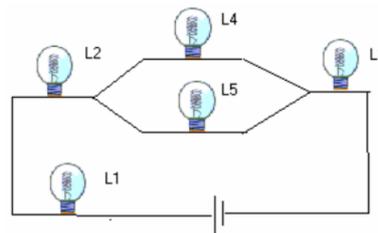
8) (Moraes, 2006) No circuito abaixo, a chave ou interruptor está aberta. Ao fechar a chave:

- a) Aumentará o brilho de L1.
- b) Aumentará o brilho de L2.
- c) Ambas as lâmpadas não sofrem alterações em seu brilho.
- d) Diminuirá o brilho de L2.



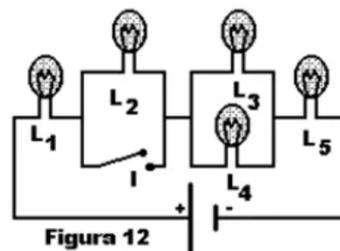
9) (Moraes, 2006) No circuito abaixo, assinale a afirmativa correta:

- a) O brilho de L1 é maior que o de L3.
- b) O brilho de L1 é maior que o de L5.
- c) O brilho de L4 é maior que o de L5.
- d) O brilho de L1 é menor do que de L5.



10) (Silveira, Moreira e Axt, 1989) No circuito da figura, quando o interruptor é aberto, as lâmpadas L3 e L4 deixam de brilhar, embora L2 brilhe. O que acontece com as lâmpadas L1 e L5?

- a) Nem L1 e nem L5 brilham.
- b) L1 brilha e L5 não brilha.
- c) L1 não brilha e L5 brilha.
- d) L1 e L5 brilham.



REFERÊNCIAS

HEWITT, P. G. Física conceitual. 12 ed. Porto Alegre: Bookmann, 2015.

MORAES, M. B. dos S. A.; Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio. Porto Alegre - UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2006.

SILVEIRA, F. L. da; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuito simples. Ciência e Cultura, São Paulo, nov. 1989.

GABARITO DOS TESTES CONCEITUAIS

CORRENTE ELÉTRICA, TENSÃO, POTÊNCIA E RESISTÊNCIA

- 1) C
- 2) D
- 3) C
- 4) D
- 5) A
- 6) C
- 7) C
- 8) C
- 9) C
- 10) A
- 11) B

CIRCUITOS ELÉTRICOS

- 1) A
- 2) C
- 3) C
- 4) B
- 5) A
- 6) B
- 7) D
- 8) B
- 9) B
- 10) D

CONTATO

edh.hennemann@gmail.com

