

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

KARIN ALINE GALVAN VIACELLI

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
ELETRICIDADE COM O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E
SIMULADORES EDUCACIONAIS**

MEDIANEIRA

2020



PRODUTO EDUCACIONAL

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ELETRICIDADE COM O USO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E SIMULADORES EDUCACIONAIS

A didactic sequence proposal for teaching electricity using experimental activities and interactive simulations

Karin Aline Galvan Viacelli

Produto Educacional vinculado à Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo V. B. Lukasiewicz

MEDIANEIRA
2020



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura de formação do mapa mental.	9
Figura 2 – Aparato Experimental 1: Condutores versus Isolantes.....	12
Figura 3 – Imagem do Simulador Educacional 1: Condutores versus isolantes.....	13
Figura 4 – Sistema de caixas d'aguas.....	18
Figura 5 – Imagem do simulador educacional 2: Analogia hidráulica – Tensão versus corrente.	20
Figura 6 – Imagem do simulador educacional 3: Multímetro.	23
Figura 7 – Imagem do simulador educacional 3: Medida de resistência elétrica.....	24
Figura 8 – Imagem do simulador educacional 4: Medida de tensão.	25
Figura 9 – Imagem da tela do simulador educacional 5.	25
Figura 10 – Imagem da tela do simulador educacional 5.	26
Figura 11 – Imagem do simulador educacional 5: Medida de corrente elétrica.	27
Figura 12 – Imagem da atividade Lei dos Nós: Medida de corrente elétrica.....	28
Figura 13 – Condutor com seção reta uniforme de área A e comprimento L.	29
Figura 14 – Aparato experimental 2: Resistor Mecânico.....	30
Figura 15 – Aparato experimental 3.....	32
Figura 16 – Imagem do simulador educacional 6: Resistência de um fio condutor. ...	36
Figura 17 – Exemplos de leitura do código de cores.....	38
Figura 18 – Conexões internas da placa de ensaio.	39
Figura 19 – Curva característica de elemento resistivo linear e não linear.	43
Figura 20 – Amperímetro conectado em série e voltímetro em paralelo ao resistor.	44
Figura 21 – Amperímetro conectado em série e voltímetro em paralelo ao LED.	46
Figura 22 – Associação de resistores em série.....	48
Figura 23 – Associação de resistores em paralelo.....	48

Figura 24 – Resistores conectados em série e em paralelo em uma placa de ensaio.	49
Figura 25 – Medida da resistência elétrica de resistores conectados em série, paralelo e série-paralelo.....	50
Figura 26 – Circuito com associação de 3 resistores em série.	51
Figura 27 - Circuito com associação de 3 resistores em paralelo.	52
Figura 28 - Circuito com associação de 3 resistores em série-paralelo.	52
Figura 29 - Circuito com associação de 4 resistores em série-paralelo.	53
Figura 30 - Circuito com associação de 5 resistores em série-paralelo.	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese das aulas: atividades propostas e horas-aula necessárias para a aplicação.	6
Quadro 2 - Resistência elétrica para diferentes comprimentos dos fios.....	34
Quadro 3 – Resistência e área da seção reta dos fios resistivos.	34
Quadro 4 – Código de cores de um resistor.....	37
Quadro 5 – Leitura da resistência utilizando o código de cores e o ohmímetro.	41
Quadro 6 – Quadro $V \times i$, resistor 1.....	45
Quadro 7 – Quadro $V \times i$, resistor 2.....	45
Quadro 8 – Quadro $V \times i$, LED 1.....	46
Quadro 9 – Quadro $V \times i$, LED 2.....	46
Quadro 10 – Valores das resistências medidas.	51

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	5
2 SÍNTESE DAS AULAS	6
3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA	8
3.1 AULA 1: INVESTIGAÇÃO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS SOBRE ELETRODINÂMICA	8
3.2 AULA 2: CONDUTORES VS ISOLANTES	10
3.3 AULA 3: CORRENTE ELÉTRICA E DIFERENÇA DE POTENCIAL	16
3.4 AULA 4: MULTÍMETRO	22
3.5 AULA 5: ANALOGIA DA RESISTÊNCIA ELÉTRICA E SISTEMA MECÂNICO ..	29
3.6 AULA 6: RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE ELÉTRICA	32
3.7 AULA 7: RESISTORES E CÓDIGO DE CORES	37
3.8 AULA 8: ELEMENTOS RESISTIVOS LINEARES E NÃO LINEARES	42
3.9 AULA 9: ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES	48
3.10 AULA 10: AVALIAÇÃO FINAL E QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO	55
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
APÊNDICE A – ATIVIDADE: ELABORAÇÃO DE UM MAPA MENTAL PARA OS CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA.....	59
APÊNDICE B – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: CONDUTORES VERSUS ISOLANTES.....	60
APÊNDICE C – HANDS-ON-TEC E INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (IPC) PARA O ESTUDO DA ELETRODINÂMICA.....	62
APÊNDICE D – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE ELÉTRICA	67
APÊNDICE E – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: RESISTORES E LEITURA DE CÓDIGO DE CORES	71
APÊNDICE F – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: ELEMENTOS RESISTIVOS LINEARES E NÃO LINEARES.....	73
APÊNDICE G – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES.....	77

1 APRESENTAÇÃO

Estimado(a) professor(a):

O estudo da eletricidade constitui a base dos conceitos estudados no terceiro ano do Ensino Médio. Portanto, a compreensão dos conteúdos fundamentais relacionados ao funcionamento de circuitos elétricos é imprescindível.

Desta forma, a proposta de ensino apresentada aqui como produto educacional consiste em uma sequência didática para o ensino da eletricidade, abordando de forma específica os conceitos de corrente, diferença de potencial e resistência elétrica. A sequência didática é composta de atividades experimentais e simuladores educacionais, visando proporcionar uma aprendizagem efetiva e significativa para os estudantes.

As atividades experimentais sugerem o uso de materiais de baixo custo e fácil obtenção. Além disso apresentam roteiros ilustrados e explicativos que facilitam sua reprodução para uso em sala de aula, sem necessariamente precisar de um laboratório para aplicação.

O intuito da proposta é ofertar ao professor aulas compostas por elementos simples, de fácil organização e desenvolvimento, propiciando a integração professor-alunos, que possam tornar as aulas instigantes, com maior participação e envolvimento da turma no processo de ensino aprendizagem. Em cada aula, são apresentados elementos diferentes, que partem do conhecimento prévio dos alunos, no qual o professor atua como mediador, favorecendo o protagonismo estudantil.

Essa sequência é uma oferta de material previamente elaborado e organizado visando facilitar a aplicação dos conteúdos relativos à Eletrodinâmica. Para aqueles que tenham o interesse em reforçar seus conhecimentos sobre os temas, sugiro que façam a leitura da dissertação que embasa esse produto educacional.

2 SÍNTESE DAS AULAS

No Quadro 1 é apresentada uma síntese da organização da sequência didática, com a distribuição das atividades propostas, a quantidade de aulas e o tempo necessários para sua aplicação. É importante ressaltar que é possível utilizar as aulas de forma avulsa, conforme encaixar-se na necessidade e planejamento de cada professor.

Quadro 1 – Síntese das aulas: atividades propostas e horas-aula necessárias para a aplicação.

Aula	Atividade	Hora-aula (45 min)
Aula 01	Elaboração de um Mapa Mental para os conceitos de Eletrodinâmica (Avaliação dos conhecimentos prévios)	1
Aula 02	Atividade interativa baseada nos métodos ativos de ensino Hands-on-tec e Instrução pelos Colegas (IpC). Atividade Experimental 1: Circuito elétrico simples - condutores versus isolantes. Simulador Educacional 1: Condutores elétricos versus isolantes. Atividade Interativa: Questionário virtual no aplicativo <i>Plickers</i> .	2
Aula 03	Vídeos: 1 – As fontes da corrente; 2 – Entre o mais e o menos; 3 – Corrente alternada. Simulador Educacional 2: Analogia hidráulica – Tensão versus corrente.	2
Aula 04	Simulador Educacional 3: Multímetro – Medição de tensão, corrente e resistência. Simulador Educacional 4: Lei das tensões de Kirchhoff – 2 lâmpadas.	2

	Simulador Educacional 5: Lei da corrente de Kirchhoff – 1 lâmpada e 1 resistor.	
Aula 05	Atividade Experimental 2: Modelo mecânico do resistor.	1
Aula 06	Atividade Experimental 3: Resistência e resistividade elétrica. Simulador Educacional 6: Resistência de um fio condutor.	2
Aula 07	Atividade Experimental 4: Resistores, leitura do código de cores e ohmímetro.	2
Aula 08	Atividade Experimental 5: Elementos resistivos lineares e não lineares.	2
Aula 09	Atividade Experimental 6: Associação de resistores.	2
Aula 10	Elaboração de um Mapa Mental de Eletrodinâmica (avaliação dos conhecimentos adquiridos) e questionário de opinião.	1
	Total	17

Fonte: A Autora.

3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo serão descritas com detalhes as aulas que compõem a sequência didática.

3.1 AULA 1: INVESTIGAÇÃO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS SOBRE ELETRODINÂMICA

Tempo estimado: 1 hora-aula (45 minutos).

Objetivo: Formular mapas mentais sobre os conceitos de Eletrodinâmica: corrente, diferença de potencial e resistência elétrica. Demonstrar os conhecimentos prévios apresentados sobre o tema.

Introdução:

Mapa Mental é um tipo de diagrama, proposto pelo escritor inglês Tony Buzan na década de 1960, que serve para demonstrar visualmente a forma com que o indivíduo estrutura e organiza seu pensamento a respeito de um tema proposto.

Na elaboração de um mapa mental, deve-se tentar representar ou ilustrar ideias e conceitos sobre um determinado tema, com o máximo de detalhes possíveis. É um tipo de ferramenta usada para traçar os relacionamentos de causa, efeito, simetria e/ou similaridade que existem entre elas e torná-las mais palpáveis e mensuráveis.

Segundo Buzan, “o Mapa Mental começa com um conceito central e se expande de dentro para fora, englobando os detalhes. Representa a ideia principal com mais nitidez, especifica cada ideia com clareza, possibilita o reconhecimento da palavra principal de imediato no centro do Mapa e as ligações entre os conceitos são identificadas com facilidade” (BUZAN, 2009, p.20).

Na elaboração de um Mapa Mental você deve seguir alguns passos importantes citados a seguir: destacar uma imagem ou palavra central, cuidando sempre a dimensão espacial, as cores e tamanho das letras utilizadas; associar as ideias por meio de seta, cores ou códigos; deixar evidente o que é principal do que é secundário, fazendo a conexão entre as ideias secundárias e a principal.

Atividade 1: Elaboração de um Mapa Mental para os conceitos de Eletrodinâmica.

Materiais necessários:

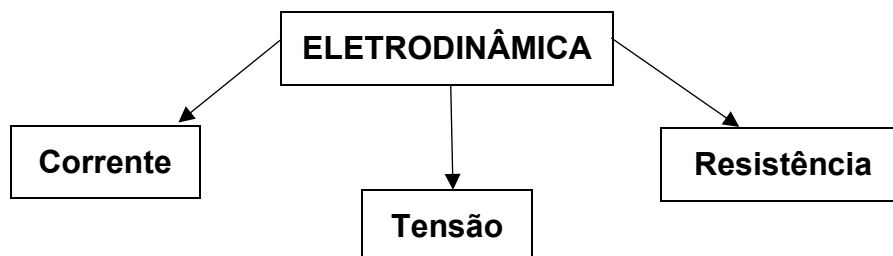
- Folhas de papel sulfite, 1 para cada aluno;
- Canetas coloridas, canetinhas, lápis de cor.

Procedimento:

Para iniciar esta atividade, o professor deverá apresentar aos alunos o tema Eletrodinâmica e explicar qual o principal objetivo da elaboração do mapa mental, incentivando-os a expressarem toda e qualquer ideia ou pensamento que tenham sobre os assuntos corrente, diferença de potencial (tensão) e resistência elétrica.

O esquema abaixo pode ser feito no quadro, para nortear a forma como os alunos podem iniciar a elaboração de seus mapas, seguindo o modelo conforme o apêndice A.

Figura 1 – Estrutura de formação do mapa mental.



Fonte: A Autora.

É provável que muitos alunos irão argumentar não saberem nada sobre os conceitos, pois ainda não os estudaram. Neste momento o professor deverá lembrá-los que os temas estão relacionados aos circuitos elétricos, que são utilizados no nosso cotidiano e instigá-los a pensar quais relações podem ser estabelecidas entre o significado das palavras e a grandeza física. Incentive-os a expressarem suas ideias sem preocupações com erros ou acertos.

Ao final da aula, os mapas deverão ser recolhidos para serem analisados e depois arquivados, para que no final da aplicação desta sequência didática possam ser revisados e usados como parâmetro de comparação.

3.2 AULA 2: CONDUTORES VERSUS ISOLANTES

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivos: Realizar atividade experimental para indicar materiais condutores e isolantes elétricos. Identificar a função dos elementos que compõe um circuito elétrico. Reconhecer os riscos elétricos e cuidados que devem ser adotados com a eletricidade. Correlacionar os conceitos abordados utilizando simulador educacional.

Introdução:

O método *Hands-on-tec* é uma estratégia pedagógica que surgiu da adaptação da Técnica *Hands-on*, em conjunto com o Método de Resolução de Problemas (RP) e a utilização das Tecnologias Educacionais Móveis (TEM), já a técnica da Instrução pelos Colegas (IpC) elaborada pelo professor Gregor Novak da Universidade de Indiana (EUA) e colaboradores, em 1999 (NOVAK et al., 1999), deriva da Instrução por pares (*Peer Instruction*) (MAZUR, 1997).

A realização de uma atividade *Hands-On-Tec* apresenta um roteiro em fases distintas: Fase 1 - Divide-se em três etapas que são a apresentação, o levantamento de hipóteses e a experimentação; Fase 2 - O professor reúne todos os estudantes em um grande grupo e pede para que os grupos relatem o que pensaram antes do experimento, quais as dificuldades que enfrentaram e como conseguiram resolver o problema; Fase 3 – É dividida em duas etapas: pesquisa na internet e relatório individual.

O método do IpC consiste no estudo e organização de materiais com a elaboração de questões conceituais apresentadas para os alunos discutirem entre si em busca de uma solução, visando promover a aprendizagem por meio da interação entre os alunos. O professor deve abordar brevemente o tema de estudo de forma oral e em seguida apresentar as questões para que os alunos tentem responder, no primeiro momento de forma individual e em seguida discutirem com os colegas. Geralmente são utilizadas questões de múltipla escolha e as respostas coletadas por meio de um sistema de votação, como *flaschcards* (cartões de resposta) ou *clickers* (espécie de controles remotos individuais) que se comunicam por radiofrequência com o computador do professor. Após realizada a votação para a coleta das respostas, os alunos reúnem-se em pares ou pequenos grupos para discutir suas respostas e após

um tempo de interação, o professor realiza uma nova votação para coleta das respostas e comparativo dos resultados antes e após a interação dos alunos.

Dica: Se o professor desejar saber mais sobre o método *Hand-on-tec* poderá realizar a leitura do artigo disponível online¹:

Atividade 2: Desenvolvimento de uma atividade interativa baseada nos métodos ativos de ensino *Hands-on-tec* e Instrução pelos Colegas (IpC), em que é utilizado experimento demonstrativo, simulador e questionário interativo.

Materiais necessários:

- Atividade Experimental 1: circuito elétrico simples – condutores versus isolantes (manual de construção disposto no apêndice B);
- Copos descartáveis e papel toalha;
- Substâncias: café, açúcar, óleo, sal, água da torneira, água destilada, vinagre;
- Simulador Educacional 1 – Condutores versus isolantes, disponibilizado gratuitamente online²;
- Notebook e projetor multimídia;
- Cartões respostas (*flashcards*), desenvolvidos para o aplicativo *Plickers*, disponível online³;
- Smartphone do professor, com o aplicativo *Plickers* instalado.

Procedimento:

Nesta aula será lançado um desafio, por meio da apresentação da Atividade Experimental 1, no formato de uma situação-problema norteadora e aplicada a sequência de passos que compõe a *Hands-on-tec* (apêndice C).

O professor irá organizar os alunos em grupos com 3 a 4 alunos. Em seguida irá apresentar o experimento (Figura 2), expor os materiais e desafiar os alunos a

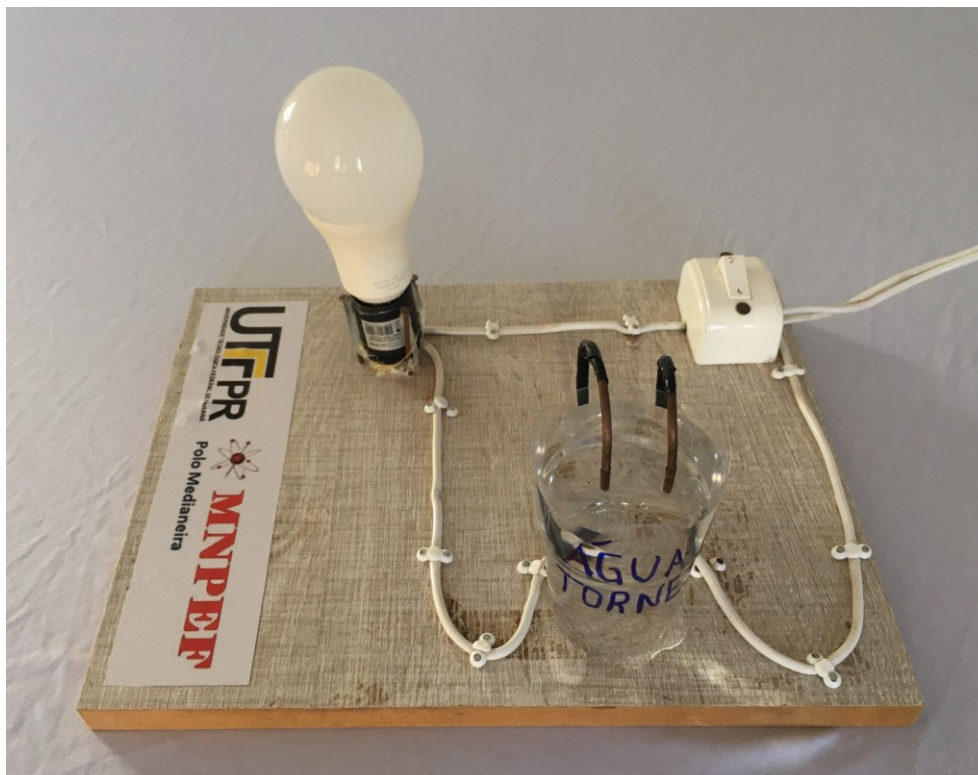
¹ Disponível em: <http://sensores-e.esep.ipp.pt/?p=4968>. Acesso em: 24 mar. 2019.

² Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/electric_conductors_insulators.htm. Acesso em: 17 abr. 2018.

³ Disponível em: <https://www.plickers.com>. Acesso em: 12 nov. 2018.

utilizá-lo para responder a situação-problema proposta, testando o acionamento ou não do circuito por meio das substâncias dispostas nos copos (Fase 1).

Figura 2 – Aparato Experimental 1: Condutores versus Isolantes.



Fonte: A Autora.

Problematização:

Observe o experimento apresentado e utilizando as substâncias disponíveis nos copos plásticos, responda:

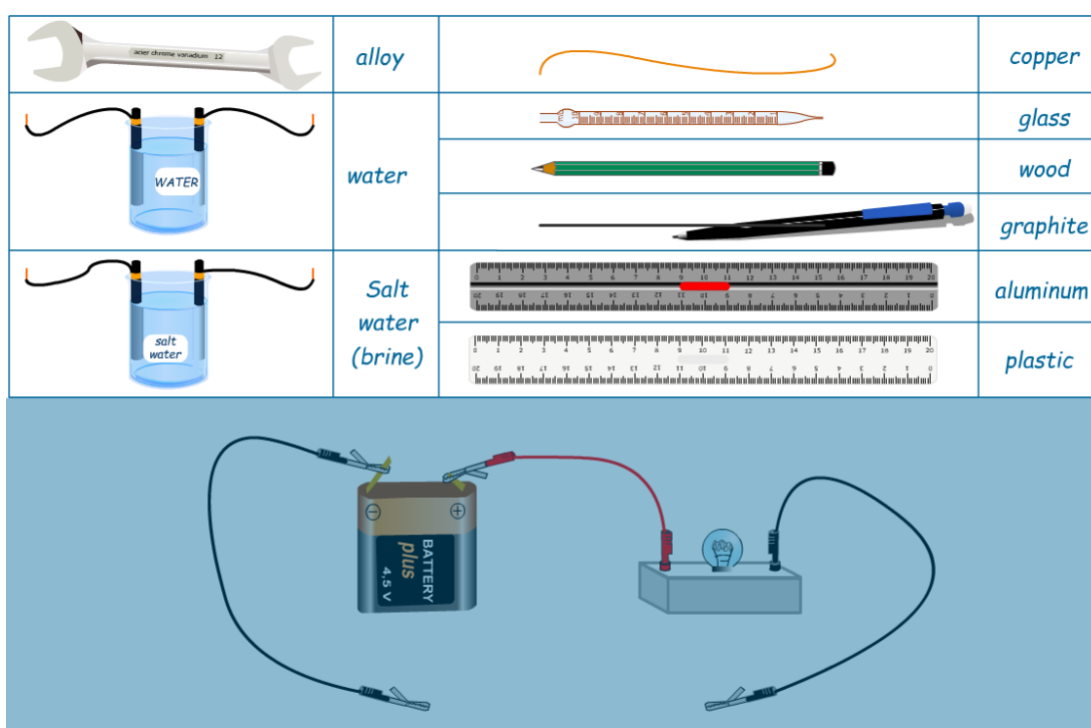
1. É possível fazer a lâmpada acender com alguma destas substâncias?
2. Todos os materiais fazem a lâmpada acender com a mesma intensidade?
3. Que relação pode-se fazer entre os materiais utilizados e o funcionamento do circuito?
4. Quais os cuidados necessários ao manipular um circuito elétrico?

Disponibilizar um tempo de 15 a 20 minutos para que realizem a atividade, façam o levantamento das hipóteses e a tentativa de solucionar o problema apresentado. Solicitar que os grupos mantenham comunicação apenas entre seus integrantes e anatem no caderno suas ideias para solucionar o problema.

Dando sequência, realizar a exposição oral das respostas, para discussão e argumentação entre eles, sobre a forma que encontraram para resolver o problema, as dificuldades apresentadas e a solução (Fase 2).

Após o debate, levar os alunos ao laboratório de informática para uso do Simulador Educacional 1 (Figura 3), orientando-os para que montem um circuito semelhante ao utilizado no experimento e testem outras possibilidades de acendimento da lâmpada (Fase 3). Disponibilizar um tempo aos alunos para se familiarizarem com o simulador e orientá-los quanto ao uso do mesmo.

Figura 3 – Imagem do Simulador Educacional 1: Condutores versus isolantes.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online⁴.

Articular com a turma sobre a importância da compreensão do funcionamento de um circuito elétrico, levando em consideração que nosso cotidiano está integralmente relacionado com interações elétricas.

Para finalizar esta parte da atividade, solicitar que os alunos façam em casa uma pesquisa pela internet sobre os conceitos apresentados, na forma de relatório

⁴ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/electric_conductors_insulators.htm. Acesso em: 17 abr. 2018.

individual no próprio caderno (Fase 3), fazendo um paralelo entre as hipóteses levantadas inicialmente e a forma correta de resolver o problema.

Na aula seguinte, finalizar a atividade usando o método de instrução pelos colegas. Os alunos irão responder o questionário abaixo de forma virtual utilizando cartões respostas (*flashcards*), que possuem um código *QRcode*, desenvolvidos para o aplicativo *Plickers*.

Cada aluno irá receber seu cartão, cadastrado previamente pelo professor na plataforma. Na sequência, estas questões serão expostas no multimídia para que todos possam ver ao mesmo tempo. Ao sinal do professor, todos levantam as placas ao mesmo tempo, para coleta das respostas por meio do aplicativo no seu smartphone.

Questionário sobre condutores, isolantes e riscos elétricos:

1. A respeito de condutores e isolantes elétricos, escolha a opção correta:
 - a) Metais são utilizados como isolantes elétricos.
 - b) O corpo humano é um isolante elétrico.
 - c) Metais são bons condutores de eletricidade.
 - d) Substâncias eletrolíticas se caracterizam como isolantes elétricos.
2. Como são constituídos os cabos utilizados nas instalações elétricas residenciais?
 - a) Possuem uma parte interna condutora envolvida por uma parte externa isolante.
 - b) No seu centro tem um fio isolante e ao redor um tubo condutor.
 - c) São feitos de metais apenas.
 - d) Possuem dois fios um condutor e um isolante ligados paralelamente um ao outro.
3. Com relação a atitudes seguras ao manipular dispositivos elétricos, escolha a alternativa incorreta:
 - a) Tocar em dispositivos elétricos com as mãos e pés molhados ou em condições de suor é perigoso.
 - b) Os aparelhos elétricos devem ser desconectados da tomada antes da limpeza e conserto.

- c) Para desconectar um dispositivo elétrico da rede o ideal é puxar pelo cabo ao invés do *plug*.
- d) Ativar o interruptor na presença de vazamento de gás é perigoso.
4. Indique qual dos dispositivos abaixo é utilizado nos circuitos elétricos como item de segurança, com a função de interromper a passagem de corrente elétrica:
- a) Pilha. b) Resistor. c) Disjuntor. d) Fio terra.
5. Qual das afirmações abaixo é falsa?
- a) Ao sentir formigamento ao tocar um dispositivo elétrico, o disjuntor deve ser desligado.
- b) O uso de cabos de extensão e plugues múltiplos (adaptador T) deve ser evitado pelo risco de superaquecimento.
- c) A conduta imediata a ser adotada no atendimento a uma vítima de choque elétrico é desligar a corrente elétrica antes de tocar na vítima.
- d) Se o incêndio acontecer em circuitos energizados, o fogo deve ser apagado com água.

Após a coleta de dados de todas as respostas, de todas as perguntas, realizar a exposição na tela dos percentuais de acertos e erros, disponibilizar um tempo para que os alunos formem pares, interajam e tentem convencer uns aos outros sobre a resposta correta para cada questão. Depois de alguns minutos, repetir a exposição do questionário e fazer uma nova coleta de respostas para comparar com a anterior e verificar se houve avanço no resultado apresentado.

Dica: Se o professor ainda não conhece o aplicativo *Plickers*, é interessante pesquisar anteriormente, baixar em seu celular e testar o funcionamento antes de utilizá-lo em sala de aula.

3.3 AULA 3: CORRENTE ELÉTRICA E DIFERENÇA DE POTENCIAL

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Definir o conceito geral de corrente elétrica e diferença de potencial, utilizando vídeos e simulador. Diferenciar corrente contínua de corrente alternada. Entender a relação entre tensão e corrente elétrica, por meio de um comparativo entre o fluxo de cargas em um condutor e o fluxo de água na tubulação de um sistema hidráulico.

Introdução:

No interior dos condutores metálicos há elétrons livres (elétrons de condução), que se movem em direções aleatórias. Porém, se as extremidades do fio condutor forem conectadas a uma bateria, haverá o aumento do número de cargas que atravessam uma seção transversal em um dos sentidos, fazendo surgir então um fluxo líquido de cargas e, portanto, uma corrente elétrica.

A corrente elétrica pode ser definida, portanto, como o movimento ordenado de cargas elétricas e sua intensidade pode ser medida pela quantidade de carga (ΔQ) que flui através da área de seção transversal, no intervalo de tempo (Δt), expressa pela equação 1:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (1)$$

A corrente elétrica pode ser classificada em dois tipos: corrente contínua, em que há um fluxo ordenado de elétrons num único sentido mediante a presença de uma diferença de potencial (por exemplo pilhas e baterias) e corrente alternada, em que o sentido do movimento dos elétrons varia no tempo (como nas usinas hidrelétricas).

A diferença de potencial (DDP), também denominada tensão elétrica representa a diferença entre a energia potencial elétrica por unidade de carga que existe entre dois pontos de um sistema qualquer. Nos livros didáticos geralmente é representada por ΔV ou U e pode ser medida por meio de um instrumento chamado Voltímetro. Pode-se dizer que a tensão está relacionada com a força responsável pela movimentação dos elétrons num condutor, sendo que quanto maior for a diferença de potencial em relação a oposição apresentada pelo material (resistência elétrica), maior

será a corrente estabelecida no sistema. Isso é a própria representação da Lei de Ohm:

$$V = Ri \quad (2)$$

Para que possamos compreender este conceito físico de uma forma mais dinâmica, vamos utilizar a analogia com o sistema hidráulico.

Atividade 3: Aula expositiva sobre corrente elétrica utilizando vídeos.

Materiais necessários:

- Notebook e projetor multimídia;
- Vídeo 1 – As fontes da corrente, disponibilizado online⁵;
- Vídeo 2 – Entre o mais e o menos, disponibilizado online⁶;
- Vídeo 3 – Corrente alternada, disponibilizado online⁷.

Procedimento:

A apresentação deste conceito será feita por meio de 3 vídeos da série de televisão francesa de divulgação científica: *Voyage en Electricite*, traduzida para o Português, exibida a partir de outubro de 1996.

Após a exposição dos vídeos, reunir os alunos em grupos com 3 a 4 alunos, que deverão responder as seguintes questões:

1. Quais as condições para o surgimento da corrente elétrica?
2. De onde vem a energia que se transforma em elétrica? Quais as fontes da corrente?
3. Você consegue explicar de que forma a luz é produzida em uma lâmpada?
4. O que significa corrente contínua e corrente alternada?
5. Para que serve um alternador de usina de geração de energia elétrica?

⁵ Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_q7IJgFm6Og. Acesso em: 05 mar. 2018.

⁶ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=IUgS7Uw-qBI>. Acesso em: 05 mar. 2018.

⁷ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lbehmBhDrFA>. Acesso em: 05 mar. 2018.

Aguardar um tempo para que eles respondam e depois fazer a exposição oral, debatendo sobre as respostas com a turma, fazendo as correções necessárias. Concluída esta etapa, explorar a relação entre tensão e corrente elétrica.

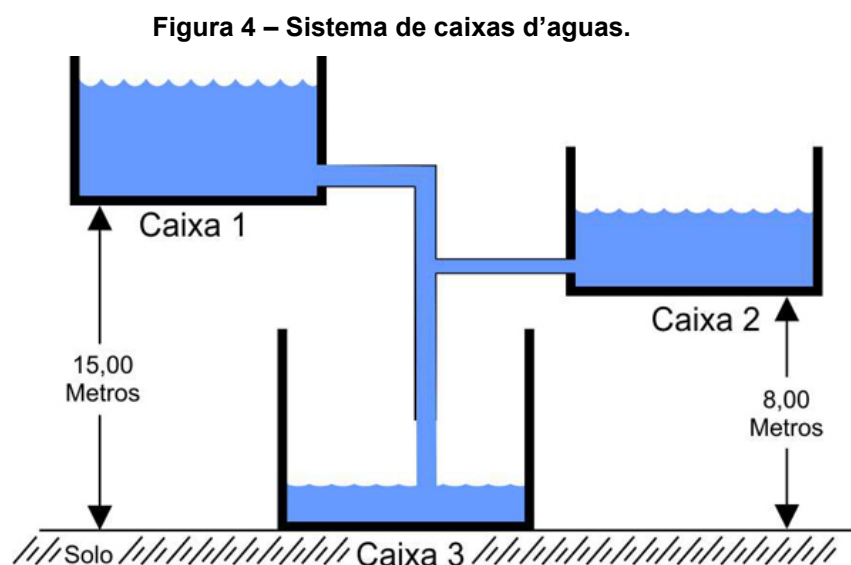
Atividade 4: Atividade interativa fazendo uso do Simulador Educacional 2.

Materiais necessários:

- Notebook e projetor multimídia;
- Simulador Educacional 2: Analogia hidráulica – Tensão versus corrente, disponibilizado gratuitamente online⁸.

Procedimento:

Para apresentação deste conceito será utilizada a Figura 4, que representa três caixas d'água, ilustrando analogamente o que significa uma diferença de potencial elétrico e como ocorre o fluxo de cargas elétricas no interior de um condutor metálico.



Fonte: Blog Master Walker Shop, online⁹.

⁸ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/hydraulic_analogy_difference_voltage_curren.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

⁹ Disponível em: <http://blogmasterwalkershop.com.br/electronica/componentes-ativos-geradores-de-energia/>. Acesso em: 04 jun. 2019.

Ao fazer a projeção da imagem acima, solicitar que os alunos pensem e tentem responder as seguintes questões:

1. Por que as caixas d'água são instaladas nos pontos mais altos de uma edificação?
2. De que forma ocorre o fluxo de água pela tubulação hidráulica?
3. O que acontece com o fluxo de água se a tubulação sofrer variação de espessura, de mais "grossa" para mais "fina" por exemplo?
4. Qual a relação que pode haver entre o fluxo de água nos canos e o fluxo de cargas em um condutor de eletricidade?

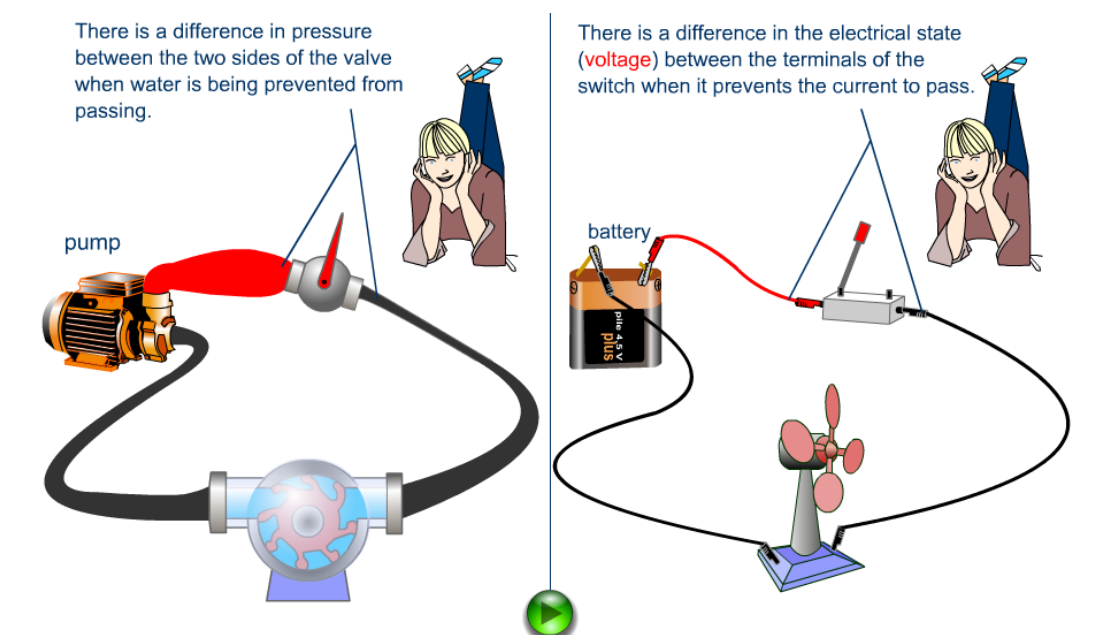
Aguardar um tempo para que reflitam e tentem elaborar respostas para as perguntas partindo de seus conhecimentos prévios. Posteriormente promover a exposição das ideias de forma oral, sem fazer qualquer intervenção na apresentação das respostas.

Finalizada essa etapa, exibir no projetor, o Simulador Educacional 2 – Analogia Hidráulica – Voltagem x tensão.

Dica: O professor pode consultar previamente a tradução do texto para guiar os alunos durante a simulação.

Na tela inicial do simulador irá aparecer o enunciado: Qual a diferença entre tensão e corrente? Para compreender, vamos comparar dois circuitos: um hidráulico e um elétrico. Seguindo para a próxima tela aparecerá a imagem apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Imagem do simulador educacional 2: Analogia hidráulica – Tensão versus corrente.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁰.

Na esquerda da imagem temos a afirmação: “*Há uma diferença de pressão entre os dois lados da válvula quando a água está sendo impedida de passar.*” Na direita da imagem é dito: “*Há uma diferença de potencial entre os terminais do interruptor quando a corrente está impedida de passar.*” Basicamente as afirmativas são iguais, porém para sistemas diferentes.

Importante: Neste momento o professor deverá fazer um paralelo entre aquilo que os alunos apresentaram como respostas lá no questionário prévio e o que pode ser observado no simulador.

Seguindo para os próximos passos, o simulador apresenta a análise comparativa entre os dois sistemas:

- A bomba gera uma diferença de pressão entre a entrada e a saída de água. A bateria gera uma diferença de potencial entre os terminais negativo e positivo (DDP, ou tensão elétrica).

¹⁰ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/hydraulic_analogy_difference_voltage_current.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

- Enquanto o registro hidráulico estiver fechado, a água não circula, mas ainda está nas tubulações do circuito. Enquanto a chave estiver aberta, a corrente não circula, mas os portadores de cargas ainda estão presentes nos condutores do circuito.

- No caso hidráulico a água flui da pressão mais alta para a mais baixa. Já no circuito elétrico, a corrente flui do terminal positivo para o negativo.

- Com o registro aberto, não há diferença de pressão entre os dois lados da válvula, que agora atua como um tubo. Com a chave fechada, não há diferença de tensão entre os dois lados do interruptor, que agora atua como um fio de conexão.

- Ainda há uma diferença na pressão entre os lados da bomba e uma diferença de tensão entre os terminais da bateria, mas em ambos os casos o valor é menor.

- Existe a mesma diferença de pressão entre os lados da turbina e os lados da bomba. Existe a mesma voltagem nos terminais do ventilador e na bateria.

- Com o hidrômetro e cronômetro podemos medir a quantidade de água por segundo através da turbina: isso se chama vazão. Com um amperímetro, podemos medir a quantidade de portadores de carga que atravessa o ventilador por segundo: isso é chamado de intensidade da corrente.

Para finalizar a aula, o professor poderá recapitular as questões propostas e debater sobre as respostas com a turma, fazendo as correções necessárias.

3.4 AULA 4: MULTÍMETRO

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Entender como deve ser utilizado o multímetro para as medidas de tensão, corrente e resistência elétrica fazendo uso de simuladores educacionais. Montar circuitos elétricos de forma virtual e realizar medidas de tensão e corrente elétrica.

Introdução:

O Multímetro é um instrumento de medida utilizado em experimentos de eletricidade, que envolve montagem de circuito e medidas de diferença de potencial (tensão), resistência e de corrente elétrica.

Este aparelho pode ser utilizado como instrumento de medida para três funções diferentes:

1. Ohmímetro: para medida de resistência elétrica.
2. Voltímetro: para medida de diferença de potencial (tensão) entre dois pontos de um circuito elétrico.
3. Amperímetro: para medida de intensidade de corrente elétrica em um ramo do circuito.

A intenção desta aula é usar o simulador para que o estudante se familiarize com estes instrumentos e entenda seu funcionamento.

Atividade 5: Aula demonstrativa/interativa sobre o funcionamento dos instrumentos de medidas utilizados nos experimentos de eletricidade.

Materiais necessários:

- Simulador Educacional 3 – Multímetro – Medição de tensão, corrente e resistência elétrica, disponibilizado gratuitamente online¹¹;
- Simulador Educacional 4 – Lei das tensões de Kirchhoff – 2 Lâmpadas, disponibilizado gratuitamente online¹²;

¹¹ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/multimeter.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

¹² Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Voltage_1.htm. Acesso em: 29 abr, 2019.

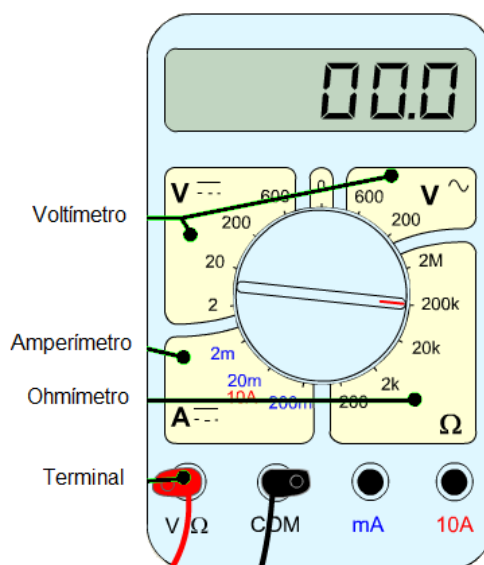
- Simulador Educacional 5 – Lei da corrente de Kirchhoff – 1 lâmpada e 1 resistor, disponibilizado gratuitamente online¹³.

Procedimento:

Levar os alunos para o laboratório de informática, munido de multímetros para mostrar a eles (caso tenha disponível). Expôr verbalmente o que são e para que servem. Depois distribuir o material, orientando que observem e manuseiem os instrumentos.

Posteriormente, dividir os alunos em grupos, conforme a necessidade em relação ao número total de computadores (grupos com 2 ou 3 alunos). Solicite que abram os simuladores indicados acima. Na tela inicial do Simulador Educacional 3 irá aparecer uma imagem semelhante à Figura 6, que demonstra as funções que o Multímetro pode exercer, para ilustrar aquilo que já foi explicado anteriormente.

Figura 6 – Imagem do simulador educacional 3: Multímetro.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁴.

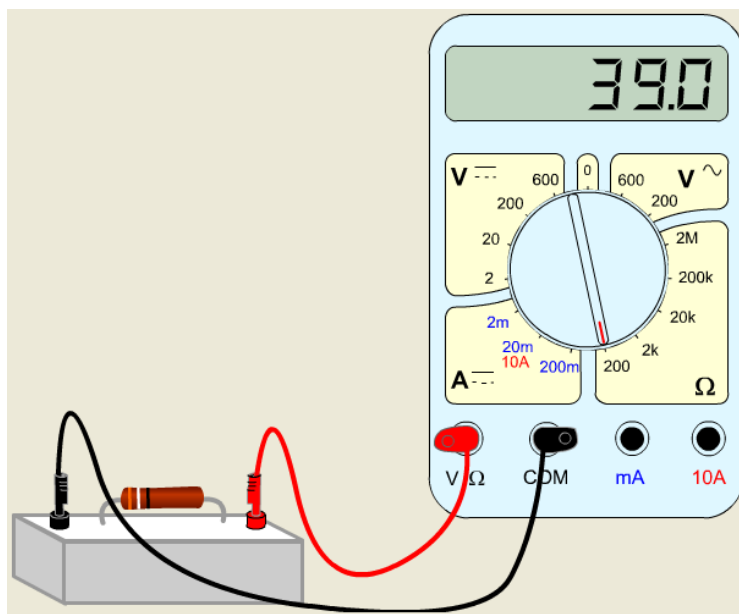
Indicar que para realizar medida de resistência elétrica, por exemplo, o multímetro deve ser ligado na função Ohmímetro, regulado na maior escala de medida

¹³ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Current.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

¹⁴ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/multimeter.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

e ligado diretamente aos terminais do resistor. O circuito não deve estar energizado. A escala deve ser reduzida até atingir a maior precisão da medida, conforme podemos observar na Figura 7.

Figura 7 – Imagem do simulador educacional 3: Medida de resistência elétrica.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁵.

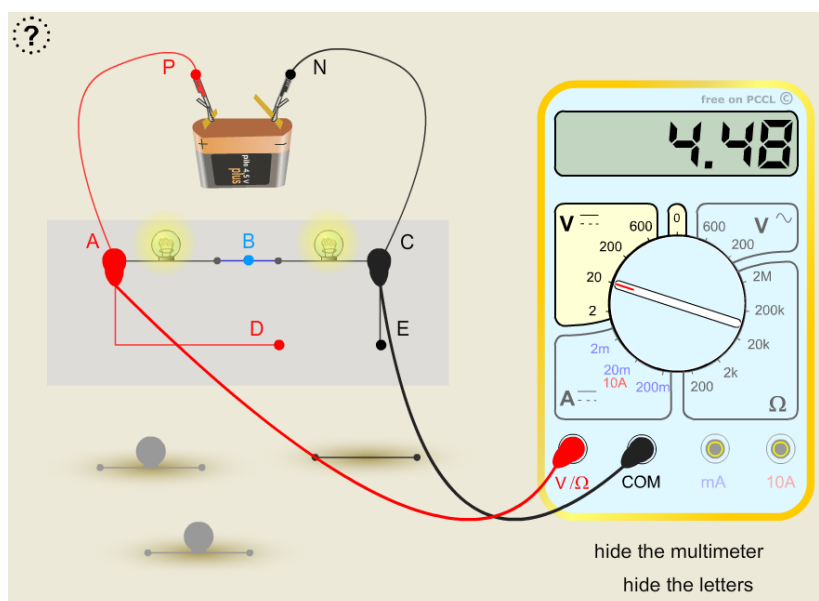
Seguindo para a próxima etapa, no simulador educacional 4, temos a possibilidade de montar um circuito elétrico e fazer a medida da tensão em seus terminais. Solicitar para que os alunos tentem realizar esta tarefa sem a sua ajuda, de modo intuitivo, apenas interagindo como os colegas do grupo.

Dica: Se os alunos apresentarem muita dificuldade, orientá-los que clicando no símbolo “?” que aparece no canto esquerdo superior da tela irá aparecer as instruções de como montar o circuito passo a passo.

¹⁵ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/multimeter.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

A imagem da tela ilustrada abaixo, indica o circuito montado.

Figura 8 – Imagem do simulador educacional 4: Medida de tensão.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁶.

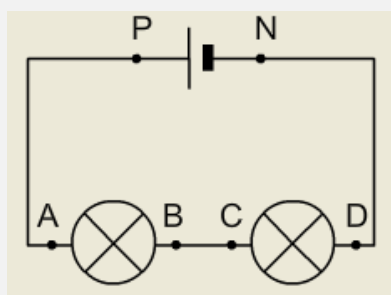
As instruções da atividade proposta sobre Lei das malhas estão disponíveis abaixo:

Lei das tensões de Kirchhoff – 2 lâmpadas

- Conexão em Série

1. Monte este circuito no simulador:

Figura 9 – Imagem da tela do simulador educacional 5.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁷.

¹⁶ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Voltage_1.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

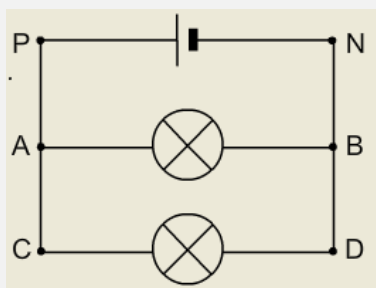
¹⁷ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Voltage_3.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

2. Meça e anote V_{PN} , V_{AB} , V_{CD} e V_{AD} .
3. Compare V_{AD} , V_{PN} e $(V_{AB} + V_{CD})$.
4. Escreva uma conclusão.

- Conexão em Paralelo

5. Monte este circuito no simulador:

Figura 10 – Imagem da tela do simulador educacional 5.



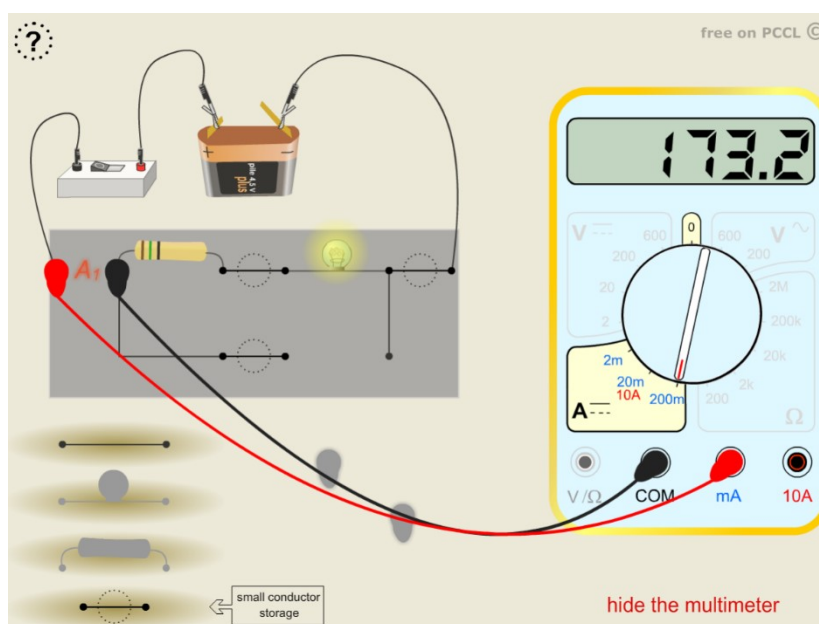
Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁸.

6. Meça e anote V_{PN} , V_{AB} e V_{CD} .
7. Compare os resultados.
8. Escreva uma conclusão.

Para finalizar a aula, pedir para que realizem as montagens dos circuitos propostas no simulador educacional 5, podendo utilizar a mesma para avaliar se os conceitos apresentados foram significativos para os alunos. Neste simulador, as medidas a serem realizadas são de corrente elétrica, ou seja, o multímetro deverá ser ligado na função amperímetro, e portanto, conectado em série no circuito. Fazer o acompanhamento por meio da observação direta nos grupos verificando como se dará o desenvolvimento da atividade.

¹⁸ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Voltage_3.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

Figura 11 – Imagem do simulador educacional 5: Medida de corrente elétrica.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online¹⁹.

As instruções da atividade proposta sobre Lei dos Nós estão disponíveis abaixo:

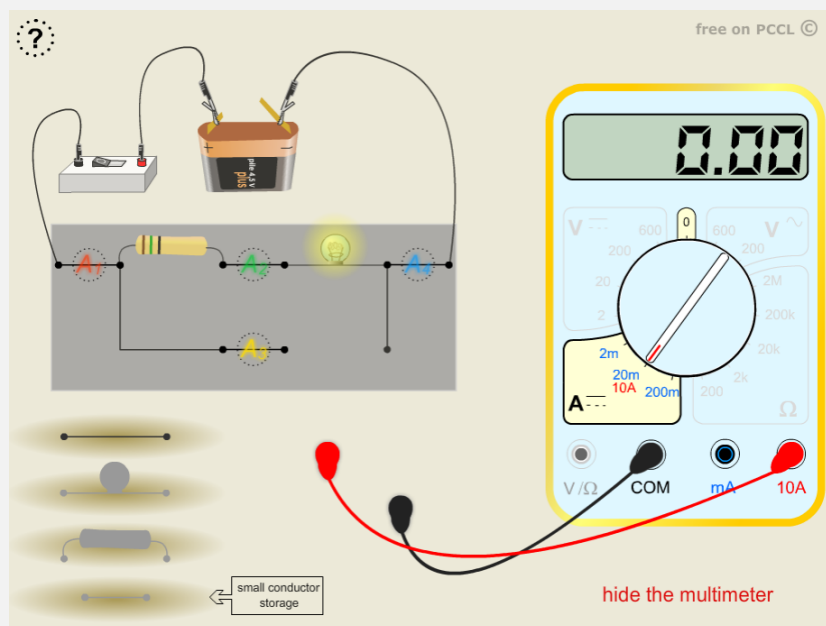
Lei da corrente de Kirchhoff – 1 lâmpada e 1 resistor

- Conexão em Série

1. Conecte a lâmpada e o resistor em série (não use o condutor longo). Faça a representação esquemática do circuito elétrico.
2. Meça e anote i_1 , i_2 e i_4 .
3. Compare as correntes medidas e escreva uma conclusão.

¹⁹ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Current.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

Figura 12 – Imagem da atividade Lei dos Nós: Medida de corrente elétrica.



Fonte: *Physics and Chemistry by Clear Learning (PCCL)*, online²⁰.

- Conexão em Paralelo
4. Conecte a lâmpada e o resistor em paralelo. Faça a representação esquemática do circuito elétrico (use o condutor longo para completar o circuito).
 5. Meça e anote i_1 , i_2 , i_3 e i_4 .
 6. Compare i_1 e $(i_2 + i_3)$.
 7. Compare $(i_2 + i_3)$ e i_4 .
 8. Compare i_1 (...saída da bateria) e i_4 (...entrada).
 9. Escreva uma conclusão.

²⁰ Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/kirchhoff_s_Circuits_Law_Series_Parallel_Current.htm. Acesso em: 29 abr. 2019.

3.5 AULA 5: ANALOGIA DA RESISTÊNCIA ELÉTRICA E SISTEMA MECÂNICO

Tempo estimado: 1 hora-aula (45 minutos).

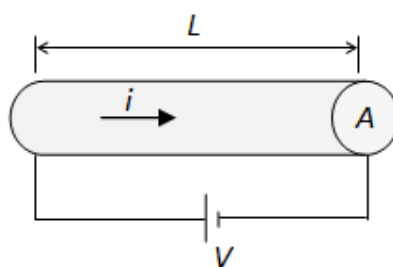
Objetivo: Identificar e definir o conceito de resistência elétrica fazendo a analogia de um sistema mecânico representativo. Desenvolver a capacidade de interpretação e o senso de análise contextual.

Introdução:

A resistividade elétrica ρ é uma característica intrínseca de um material e possui unidade ohm vezes metro ($\Omega \cdot m$) no Sistema Internacional (SI). Um condutor perfeito deveria ter resistência igual à zero, e um isolante perfeito deveria ter resistência infinita. Os metais e ligas metálicas são materiais com menor resistividade, ou seja, melhores condutores. A resistividade de um isolante é cerca de 10^{22} vezes mais elevada do que a resistividade de um condutor.

Suponha um fio condutor de comprimento L e seção reta uniforme de área A , como indicado na Figura 13. Seja V a DDP entre as extremidades e i a corrente elétrica ao longo do fio. A medida que a corrente elétrica flui no fio, ocorre perda de energia potencial elétrica: essa energia é transferida aos íons do material condutor durante as colisões.

Figura 13 – Condutor com seção reta uniforme de área A e comprimento L .



Fonte: A Autora.

A razão entre V e i é denominada de resistência elétrica R :

$$R = \frac{V}{i} \quad (3)$$

A relação entre a resistência elétrica (R), a resistividade elétrica (ρ), o comprimento do fio (L) e a área da seção reta do fio (A), é dada por:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (4)$$

Pode-se observar na Equação 4 que a resistência de um condutor com seção reta uniforme é diretamente proporcional ao comprimento do fio e inversamente proporcional à área de sua seção reta. Ela também é proporcional a resistividade elétrica do material com o qual o condutor é feito.

Atividade 6: Apresentar o conteúdo resistência elétrica utilizando a atividade experimental 2 - modelo mecânico do resistor.

Materiais necessários:

- Placas de madeira ou MDF;
- Pregos;
- Martelo;
- Régua e pincel (canetinha);
- Bolinhas de rolamento.

Procedimento:

O aparato experimental, representado pela Figura 14, deve ser levado para sala de aula no intuito de demonstrar de forma análoga a resistência elétrica nos condutores metálicos.

Figura 14 – Aparato experimental 2: Resistor Mecânico



Fonte: A Autora.

O experimento é demonstrativo, portanto, a ideia é introduzir o conteúdo de forma oral, fazendo um paralelo entre o que ocorre com um elétron que se move em um condutor e as bolinhas que descem através da rampa.

O encaminhamento deve ser feito da seguinte forma: Levar o aparato para a sala de aula e realizar a demonstração para observação dos alunos. Depois organizá-los em pequenos grupos para responder as seguintes questões:

1. Faça um comparativo entre o movimento das bolinhas durante a descida pela rampa e o movimento dos elétrons no interior de um condutor metálico. Você consegue estabelecer alguma semelhança entre as duas situações?
2. Qual grandeza física está representada pela inclinação da rampa?
3. De que maneira você pode proceder para fazer com que as bolinhas cheguem mais rápido ou mais lentamente até a base.
4. Todas as bolinhas soltas na parte superior chegam até o final do percurso? Por que isso ocorre?

Posteriormente realiza-se a discussão das respostas no grande grupo para a conclusão da atividade.

A ideia é que os alunos consigam identificar a resistência elétrica que, no caso, será representada pela colisão que as bolinhas sofrem com os pregos ao longo da descida, causando dissipação de energia de forma térmica (Efeito Joule). A dissipação do calor pode ser sentida pelo toque nos pregos. De forma comparativa, os pregos representam os átomos dispostos ao longo de um fio condutor e as bolinhas os elétrons livres que compõe a corrente elétrica que percorre esse condutor.

Após esta atividade inicial, realizar a exposição no quadro dos conceitos de Resistência e Resistividade elétrica.

3.6 AULA 6: RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE ELÉTRICA

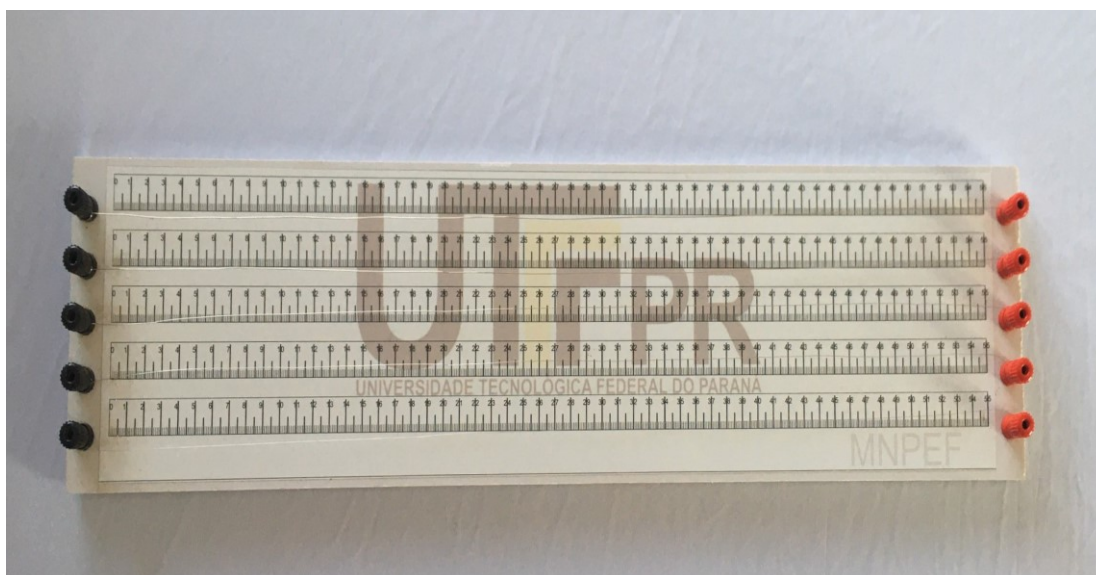
Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivos: Determinar de forma experimental a relação entre resistência elétrica, o comprimento (L) e a área da seção reta (A) do fio condutor homogêneo. Obter o valor da resistividade elétrica de um fio constituído por uma liga metálica. Representar graficamente a resistência do material.

Introdução:

Nesta aula será desenvolvida a atividade experimental 3, utilizando o aparato apresentado na Figura 15, para medidas de resistência e resistividade elétrica (conceitos abordados na aula anterior). Também será utilizado o simulador educacional 6, que possibilita a visualização da relação de proporcionalidade entre as grandezas resistência, resistividade, comprimento do fio e área da seção transversal. O roteiro da atividade experimental está contido no Apêndice D.

Figura 15 – Aparato experimental 3



Fonte: A Autora.

Atividade 7: Realizar medidas de resistência elétrica de um fio condutor (atividade experimental 3) e visualizar a relação de proporcionalidade entre as grandezas envolvidas por meio do simulador educacional 6.

Materiais necessários:

- Fios resistivos de 50 centímetros de comprimento com diâmetros diferentes (foi utilizado fio níquel cromo 80/20 AWG: 25, 27, 29, 31 e 33);
- Multímetro;
- Cabos de conexão;
- Trena;
- Micrômetro;
- Computador e projetor multimídia;
- Simulador Educacional 6 – Resistência em um fio, disponibilizado gratuitamente online²¹.

Procedimento:

Nesta aula o professor deverá organizar os alunos em grupos com 3 a 4 alunos, distribuir os materiais e solicitar que sigam as instruções e desenvolvam as questões propostas abaixo.

Instruções:

1. Ajuste o multímetro para funcionar como Ohmímetro.
2. Meça o valor da resistência ôhmica de cada um dos fios para os seguintes comprimentos: 0, 10, 20, 30, 40 e 50 centímetros. Preencha a Tabela 1 com as medidas experimentais.
3. Com o micrômetro, meça o diâmetro de cada um dos fios e anote o valor no Quadro 2.

Dica: Se a escola não possuir um micrômetro, o professor pode fornecer os dados dos diâmetros para os alunos, baseado na indicação do fabricante, disposta no rótulo da embalagem dos fios.

²¹ Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_pt_BR.html. Acesso em: 10 jun. 2019.

Quadro 2 - Resistência elétrica para diferentes comprimentos dos fios.

L (m)	Fio 1 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ R (Ω)	Fio 2 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ R (Ω)	Fio 3 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ R (Ω)	Fio 4 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ R (Ω)	Fio 5 $D = \underline{\hspace{2cm}}$ R (Ω)
0,00					
0,10					
0,20					
0,30					
0,40					
0,50					

Fonte: A Autora.

4. Utilizando os dados do Quadro 2, preencha o Quadro 3.

Quadro 3 – Resistência e área da seção reta dos fios resistivos.

Condutor utilizado	Diâmetro (mm)	Área A da seção transversal do resistor (m^2)	$1/\text{Área}$ (m^{-2})	Resistência (Ω) $L = 0,50$ m
Fio 1				
Fio 2				
Fio 3				
Fio 4				
Fio 5				

Fonte: A Autora.

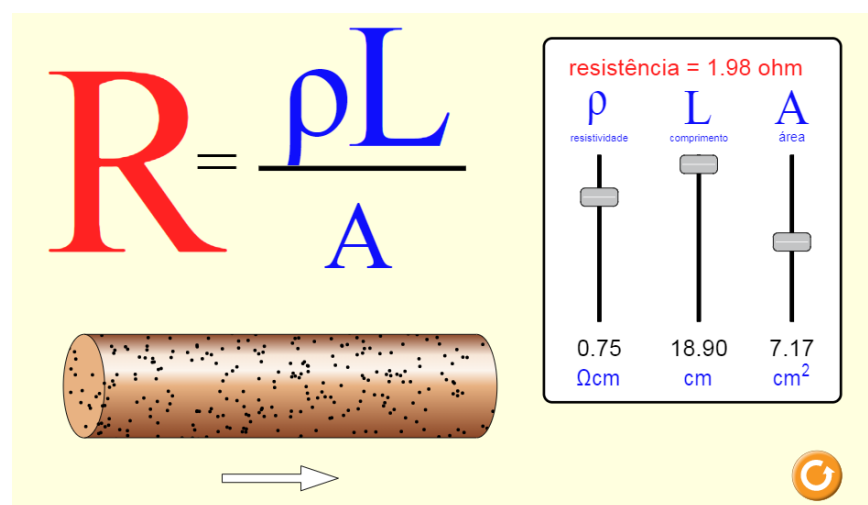
Questões:

1. Com base nos dados contidos no Quadro 2, confeccione cinco gráficos da resistência elétrica em função do comprimento do fio (R versus L).
2. Qual a forma das curvas encontrada nos gráficos? O que se pode concluir a respeito da relação entre a resistência elétrica R e o comprimento dos fios condutores L ?
3. Com os dados do Quadro 3, construa o gráfico R versus $1/A$.
4. Qual a forma da curva encontrada no gráfico? O que se pode concluir a respeito da relação entre a resistência elétrica R e a área da seção transversal do fio condutor A ?
5. Por meio dos gráficos, obtenha o valor da resistividade elétrica de cada um dos fios. Calcule a média e desvio percentual dos valores obtidos para a resistividade elétrica do material.

Importante: Para responder as questões da atividade o aluno necessita ter conhecimentos prévios sobre construção gráfica, cálculo de média e desvio percentual. Caso perceba que a turma apresenta dificuldades, retomar esses conceitos ou como sugestão, realizar a atividade em conjunto com o professor de Matemática, de maneira interdisciplinar.

Para finalizar a atividade e auxiliar os alunos na análise e interpretação dos dados coletados por meio do experimento, apresentar a eles no projetor, o simulador educacional 6 (Figura 16) que possibilita observar as alterações da resistência elétrica em um fio, por meio das variações de resistividade, comprimento e área da seção transversal do fio. Além disto, este recurso propicia a visualização destas variações de maneira direta, conforme a regulagem efetuada no simulador.

Figura 16 – Imagem do simulador educacional 6: Resistência de um fio condutor.



Fonte: *Phet Interactive Simulations, online*²².

Esta atividade pode tomar um pouco mais de tempo na parte da elaboração dos gráficos. No entanto, o professor pode solicitar que os alunos desenvolvam a parte gráfica em casa e realizar a discussão dos resultados na aula seguinte, juntamente com a coleta dos relatórios desenvolvidos para correção.

²² Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_pt_BR.html. Acesso em: 10 jun. 2019.

3.7 AULA 7: RESISTORES E CÓDIGO DE CORES

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivos: Utilizar a placa de ensaio e o multímetro para medida de resistência elétrica. Realizar a leitura da resistência nominal de diferentes resistores, fazendo uso do quadro com o código de cores. Familiarizar-se com as escalas de medidas do multímetro.

Introdução:

Resistores são dispositivos eletrônicos que têm por finalidade transformar energia elétrica em energia térmica. Os resistores oferecem uma oposição à passagem de corrente elétrica. A essa oposição damos o nome de resistência elétrica que possui como unidade o ohm (Ω). Os múltiplos mais usados são o quilo-ohm ($1\text{ K}\Omega = 10^3\ \Omega$) e o megaohm ($1\text{ M}\Omega = 10^6\ \Omega$).

Os resistores podem ser classificados em dois tipos: fixos e variáveis. Os fixos são aqueles cujo valor da resistência não pode ser alterado. As variáveis têm a sua resistência modificada, dentro de uma faixa, por meio de um cursor móvel.

Os resistores fixos são especificados por três parâmetros: o valor nominal da resistência elétrica, a tolerância (máxima variação em porcentagem do valor nominal) e a máxima potência dissipada. Para a leitura do valor nominal e tolerância é utilizado o código de cores que pode ser observado no Quadro 4. A ausência da faixa de tolerância indica que esta é de $\pm 20\%$.

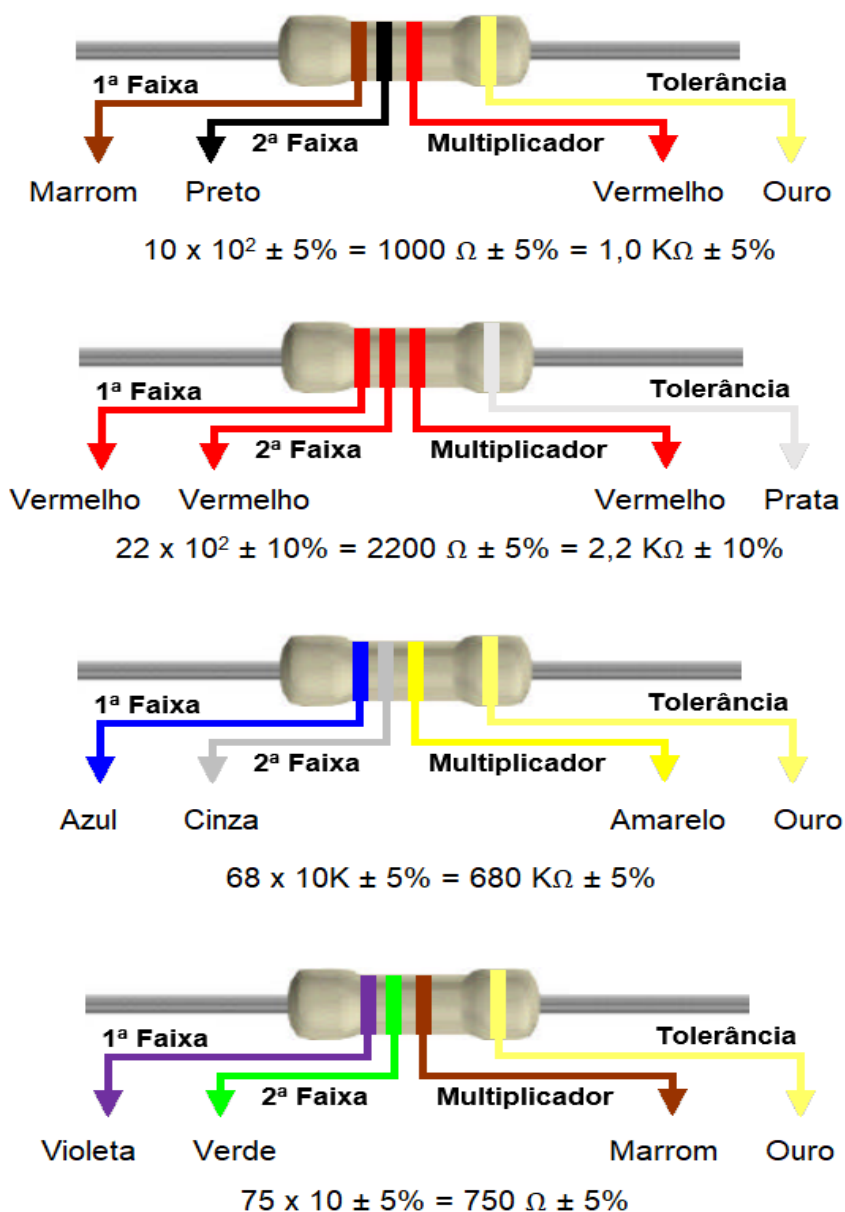
Quadro 4 – Código de cores de um resistor.

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	Fator Multiplicador		Tolerância
Preto	0	0	1	1	
Marrom	1	1	10	10	$\pm 1\%$
Vermelho	2	2	100	100	$\pm 2\%$
Laranja	3	3	1K	1.000	
Amarelo	4	4	10K	10.000	
Verde	5	5	100K	100.000	
Azul	6	6	1M	1.000.000	
Violeta	7	7	10M	10.000.000	
Cinza	8	8	100M	100.000.000	
Branco	9	9	1G	1.000.000.000	
Ouro				0,1	$\pm 5\%$
Prata				0,01	$\pm 10\%$
Branco					$\pm 20\%$

Fonte: A Autora.

Na Figura 17 estão dispostos alguns exemplos de leitura da resistência nominal utilizando o código de cores.

Figura 17 – Exemplos de leitura do código de cores.



Fonte: A Autora.

Uma placa de ensaio (ou *protoboard*) é uma placa com orifícios e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos experimentais. Esta placa permite a montagem de circuitos elétricos sem a necessidade de soldar os componentes eletrônicos. Desta forma, é muito utilizada no desenvolvimento de protótipos. Na

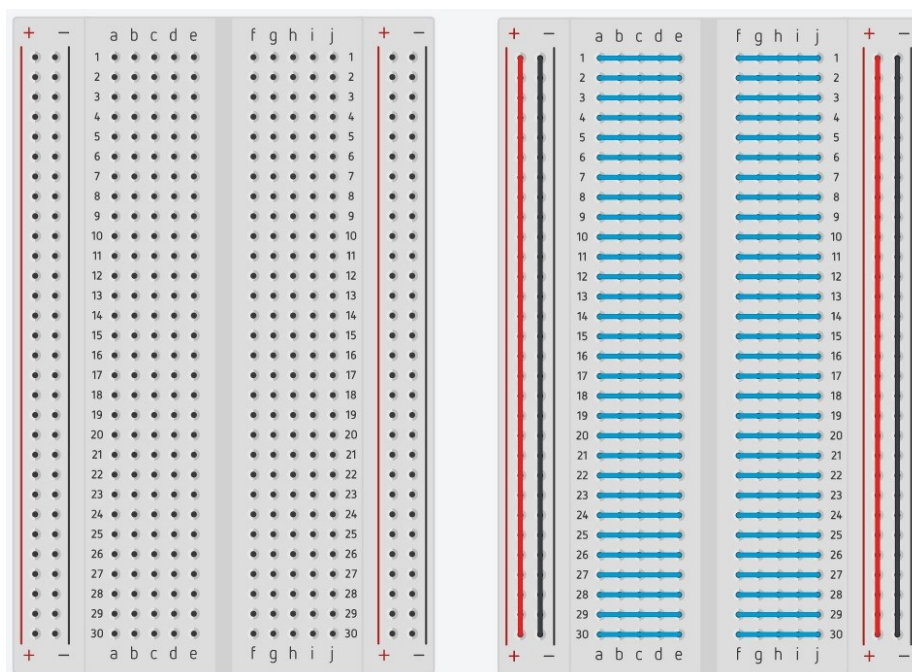
Figura 18 pode ser observado um exemplo de placa de ensaio e a representação das conexões internas.

Observe que os orifícios são dispostos em linhas e colunas. As colunas encontram-se nas extremidades da placa e as linhas ao centro. Os orifícios das colunas estão conectados entre si (em uma mesma coluna) e eletricamente independentes, isto é, não há conexão elétrica entre os furos de uma coluna e de outra. Geralmente são destinadas à alimentação elétrica.

As linhas são formadas por cinco furos cada uma e é destinada para montagem dos componentes eletrônicos. Os cinco furos de uma mesma linha estão conectados internamente por um condutor. Os orifícios de uma linha não possuem conexões internas com os de outras linhas. Verifique que a *protoboard* possui um grupo de linhas dispostas a esquerda da cavidade central e outro grupo a direita. Esta parte central é utilizada para montagem de circuito integrado.

Após a introdução dos conceitos, será desenvolvida a atividade experimental descrita no roteiro disposto no apêndice E.

Figura 18 – Conexões internas da placa de ensaio.



Fonte: A Autora.

Atividade 8: Apresentar diversos resistores e realizar leitura do código de cores e medida da sua resistência elétrica com o multímetro (atividade experimental 4).

Materiais necessários:

- Multímetro;
- Notebook e projetor multimídia;
- Placa de ensaio;
- Resistores de valores diversos.

Procedimento:

Para esta atividade o professor deverá primeiramente trabalhar a parte conceitual, que pode ser feita por meio de slides para depois realizar a prática experimental. É necessário ter disponível conjuntos de resistores de diferentes valores de resistência, previamente separados e organizados em pequenos pacotes. Se tiver disponibilidade utilizar placas de ensaio para fixação dos resistores. Trabalhar com grupos com 3 a 4 alunos. Após distribuir os materiais, solicitar que os alunos desenvolvam a atividade conforme as instruções abaixo e respondam as questões.

Dica: O simulador educacional 4 pode ser utilizado pelo professor junto com o projeto multimídia para lembrar os alunos como utilizar o ohmímetro.

Instruções:

1. Faça a leitura de cada resistor e anote no Quadro 4: a sequência de cores, o valor nominal e de tolerância.
2. Utilize a placa de ensaio como base de fixação dos resistores. Meça a resistência de cada resistor com o ohmímetro e anote os valores no Quadro 4. Em cada medida, altere a chave seletora até encontrar o valor com maior precisão. Anote também a posição da escala em que a medida foi realizada.

Questões:

1. Compare os valores medidos com os valores nominais. Calcule o desvio percentual e anote no Quadro 5.

$$\delta R = \left| \frac{R_n - R_m}{R_n} \right| 100\% \quad (5)$$

2. Compare δR com a tolerância do resistor e tire suas conclusões.

Quadro 5 – Leitura da resistência utilizando o código de cores e o ohmímetro.

Res.	Sequência de cores				Valor nominal e tolerância	Valor medido (R_m)	Posição da escala	δR
	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4				
R ₁								
R ₂								
R ₃								
R ₄								
R ₅								
R ₆								
R ₇								
R ₈								
R ₉								
R ₁₀								

Fonte: A Autora.

Esta atividade é relativamente simples, mas muito importante para que o aluno consiga diferenciar os resistores entre si e aprender a identificar sua função nos circuitos elétricos.

Para finalizar, oportunizar um momento de interação entre os grupos para compararem suas respostas no intuito de perceberem se houve diferença nas leituras realizadas e porque isso pode ter ocorrido.

3.8 AULA 8: ELEMENTOS RESISTIVOS LINEARES E NÃO LINEARES

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivos: Distinguir elementos resistivos lineares e não lineares, por meio da determinação experimental de suas curvas características. Manusear adequadamente o multímetro como ohmímetro, voltímetro e amperímetro. Obter a Lei de Ohm de forma experimental.

Introdução:

Sabemos que os corpos oferecem dificuldade à passagem de corrente elétrica. A característica de um condutor que é relevante nesta situação é a resistência elétrica (R). Podemos determinar de uma forma indireta, a resistência de um condutor por meio da equação da razão entre a diferença de potencial (DDP) entre os seus extremos e a intensidade da corrente que o atravessa ($R = V/i$). É frequente ouvir a afirmação de que esta equação é uma expressão matemática da Lei de Ohm. Isso não é verdade! Essa equação é usada para definir o conceito de resistência e se aplica a todos os dispositivos que conduzem corrente elétrica, mesmo que não obedeçam a Lei de Ohm.

A Lei de Ohm é a afirmação de que a corrente que atravessa um dispositivo é sempre diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada ao dispositivo.

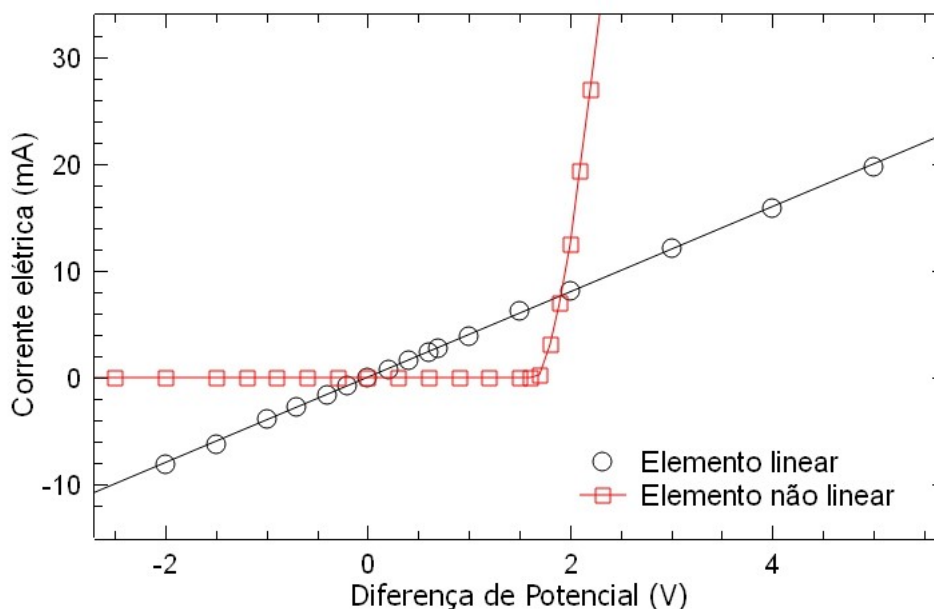
Elemento resistivo linear ou ôhmico é aquele para o qual a razão entre a diferença de potencial aplicada e a intensidade de corrente que o atravessa é constante. A sua curva característica é linear, como mostrado na Figura 19.

A microeletrônica moderna, e, portanto, boa parte de nossa tecnologia atual, depende quase totalmente de dispositivos que não obedecem à lei de Ohm. Uma calculadora de bolso, por exemplo, contém vários desses dispositivos.

Elemento resistivo não linear é aquele para o qual a razão entre a diferença de potencial aplicada e a intensidade da corrente que o atravessa não é constante. Isto significa que a curva característica desses elementos não é uma reta (Figura 19), o que implica em uma variação da resistência do elemento. Em cada ponto define-se então uma resistência aparente que é a razão entre a diferença de potencial e a corrente elétrica.

Este comportamento, a não linearidade da curva característica, pode depender de fatores tais como: temperatura, iluminação, tensão nos terminais do elemento, entre outros fatores.

Figura 19 – Curva característica de elemento resistivo linear e não linear.



Fonte: A Autora.

Atividade 9: Distinguir elementos resistivos lineares e não lineares, por meio da determinação experimental de suas curvas características (atividade experimental 5).

Materiais necessários:

- Fonte de alimentação;
- 2 Multímetros;
- Placa de ensaio;
- Resistores de valores diversos;
- LEDs;
- Cabos de conexão.

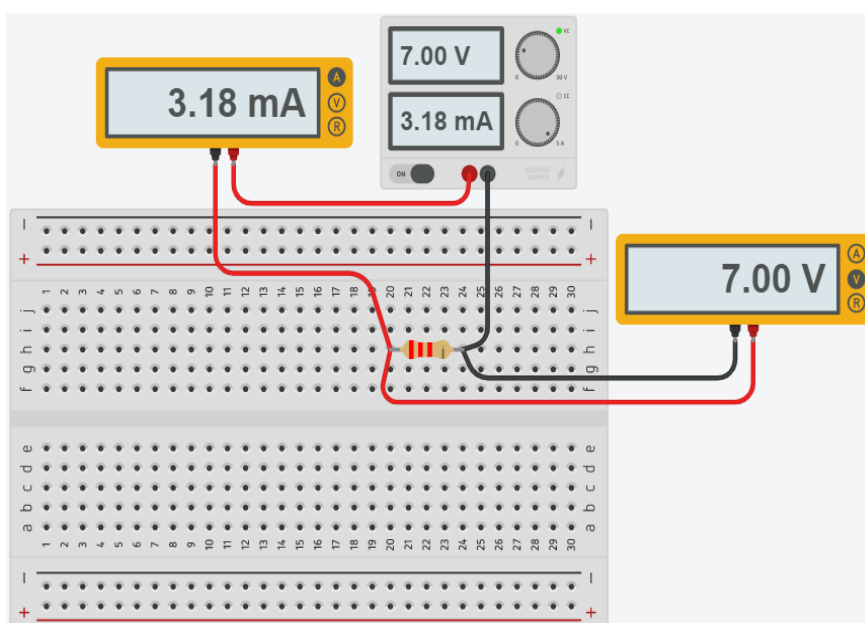
Procedimento:

Nesta aula a proposta é de uma prática experimental que possibilita a obtenção da Lei de Ohm. Para isso, deverá ser utilizado o experimento descrito no roteiro do apêndice F, seguindo as instruções abaixo.

Instruções:

1. Meça a resistência de um dos resistores ($R > 400 \Omega$) com o ohmímetro e anote no Quadro 6.
2. Monte o circuito esquematizado na Figura 20. A tensão é aplicada com uma fonte de alimentação variável. Observe que o amperímetro (A) está conectado em série com o resistor e o voltímetro (V) está conectado em paralelo com o resistor.

Figura 20 – Amperímetro conectado em série e voltímetro em paralelo ao resistor.



Fonte: A Autora.

3. Varie a tensão de saída de 0 até 10,0 V, variando de 1,0 em 1,0 V, anotando a corrente respectiva. Anote os dados no Quadro 6 ($V \times i$).
4. Altere o resistor por outro de valor diferente. Refaça os passos anteriores preenchendo o Quadro 7.

Quadro 6 – Quadro $V \times i$, resistor 1.

$R =$	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
1,0	
2,0	
3,0	
4,0	
5,0	
6,0	
7,0	
8,0	
9,0	
10,0	

Fonte: A Autora.

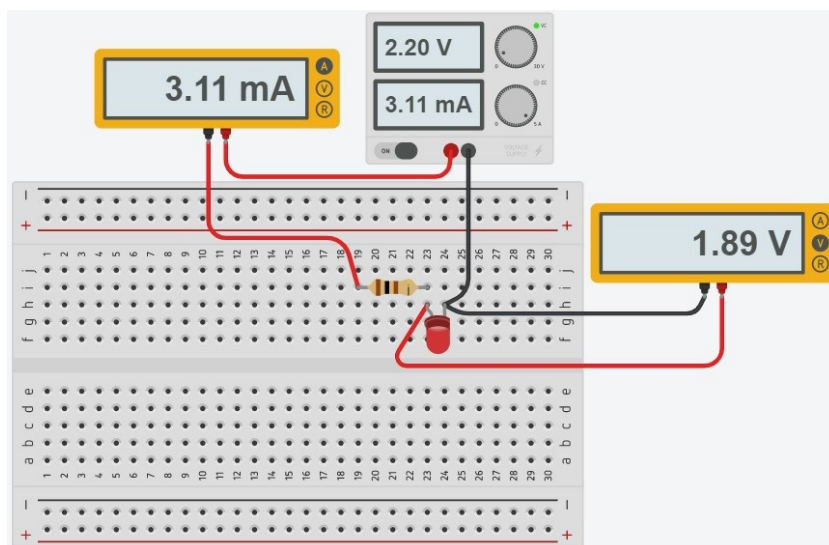
Quadro 7 – Quadro $V \times i$, resistor 2.

$R =$	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
1,0	
2,0	
3,0	
4,0	
5,0	
6,0	
7,0	
8,0	
9,0	
10,0	

Fonte: A Autora.

5. Monte o circuito com LED. Deve ser considerado que este dispositivo é polarizado. Sendo o terminal mais comprido (anodo, +) ligado ao potencial mais elevado e o terminal com menor comprimento (catodo, -) ao potencial menor. Caso contrário, o LED não acenderá.
6. O circuito deve ser montado com o LED em série com um resistor de proteção de 100Ω . Atenção a polaridade do LED.
7. Insira o voltímetro em paralelo para determinar a diferença de potencial (DDP) nos terminais do LED e o amperímetro em série para medida da corrente elétrica, conforme Figura 21.

Figura 21 – Amperímetro conectado em série e voltmímetro em paralelo ao LED.



Fonte: A Autora.

8. Meça a corrente elétrica no circuito para diferentes DDPs e anote no Quadro 8.
9. Troque o LED e repita o passo 8, anotando no Quadro 9 os valores.

Quadro 8 – Quadro $V \times i$, LED 1.

LED 1	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
0,5	
1,0	
1,5	
	0,5
	1,0
	1,5
	2,0
	4,0
	7,0
	10,0
	15,0
	20,0

Fonte: A Autora.

Quadro 9 – Quadro $V \times i$, LED 2.

LED 2	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
0,5	
1,0	
1,5	
	0,5
	1,0
	1,5
	2,0
	4,0
	7,0
	10,0
	15,0
	20,0

Fonte: A Autora.

Questões:

1. Construa os gráficos $i \times V$ para os resistores.
2. Qual a forma das curvas encontrada nos gráficos? O que se pode concluir a respeito da relação entre a corrente elétrica i e a tensão elétrica V para um resistor?
3. A partir dos gráficos, determine os valores das resistências elétricas dos resistores.

Dica: Este é o momento de demonstrar a expressão matemática da Lei de Ohm, pois o aluno já terá a possibilidade de perceber o seu significado.

4. Compare os valores das resistências elétricas obtidas pelo gráfico com o valor medido utilizando o ohmímetro e calcule o desvio percentual.
5. Construa o gráfico $i \times V$ para os LEDs.
6. Qual dos dispositivos é ôhmico? Justifique.
7. A equação $R = V/i$ pode ser utilizada para o cálculo dos parâmetros elétricos de um resistor não ôhmico? Justifique.

Importante: O professor deve atuar como mediador, de forma constante nesta atividade, de maneira que possibilite a integração entre seus conhecimentos prévios e os adquiridos durante a realização da prática. Ao final, o aluno deverá ser capaz de compreender o significado da Lei de Ohm.

Após o término da atividade o professor poderá recolher os relatórios desenvolvidos para análise e avaliação.

3.9 AULA 9: ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivos: Identificar em um circuito as associações em série, paralelo e série-paralelo. Determinar a resistência equivalente de diferentes associações. Utilizar o ohmímetro para medidas de resistência elétrica. Distinguir as escalas do instrumento.

Introdução:

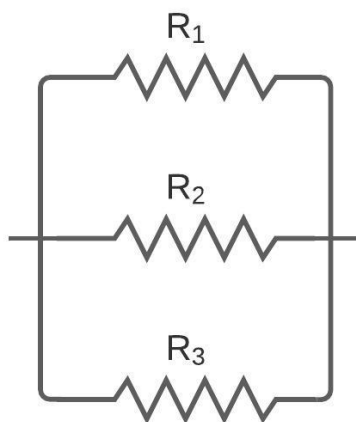
Os resistores são componentes usados em circuitos elétricos e de vastíssima aplicação na Eletrônica Moderna. Um resistor converte energia elétrica em energia térmica. A este fenômeno é dado o nome de Efeito Joule. A energia dissipada pelo resistor é transferida ao meio ambiente (ar, água, óleo, etc.) e o aquece, sendo esta uma das aplicações principais dos resistores. Os resistores podem ser associados em série (Figura 22) ou em paralelo (Figura 23), de acordo com a necessidade.

Figura 22 – Associação de resistores em série.



Fonte: A Autora.

Figura 23 – Associação de resistores em paralelo.



Fonte: A Autora.

Na associação em série, cada resistor é percorrido pela mesma corrente. Na associação em paralelo, a corrente em cada resistor varia e depende do valor da resistência, quanto maior a resistência, menor será a intensidade da corrente que atravessa o resistor.

A resistência total ou equivalente de uma associação de resistores é aquela que, colocada em um circuito, substitui a associação, ou seja, é a resistência que submetida à mesma diferença de potencial (V) é percorrida pela mesma corrente (i).

As características de cada uma destas associações são:

1) *Associação em série:*

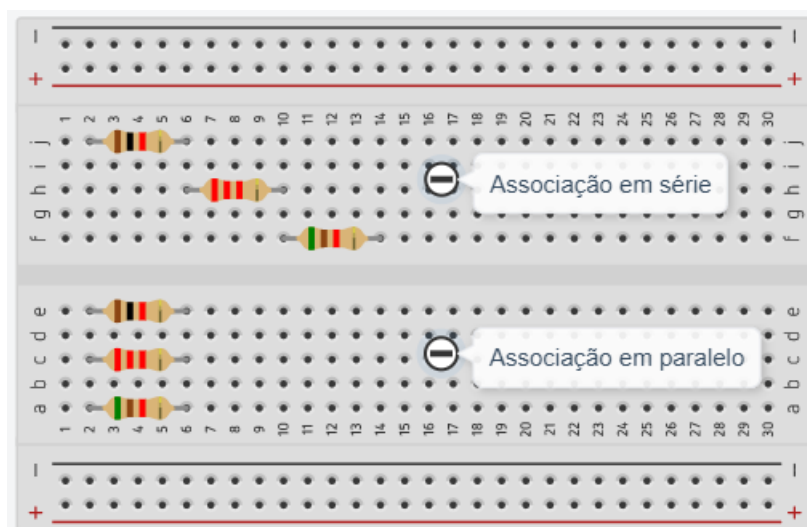
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (5)$$

2) *Associação em paralelo:*

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (6)$$

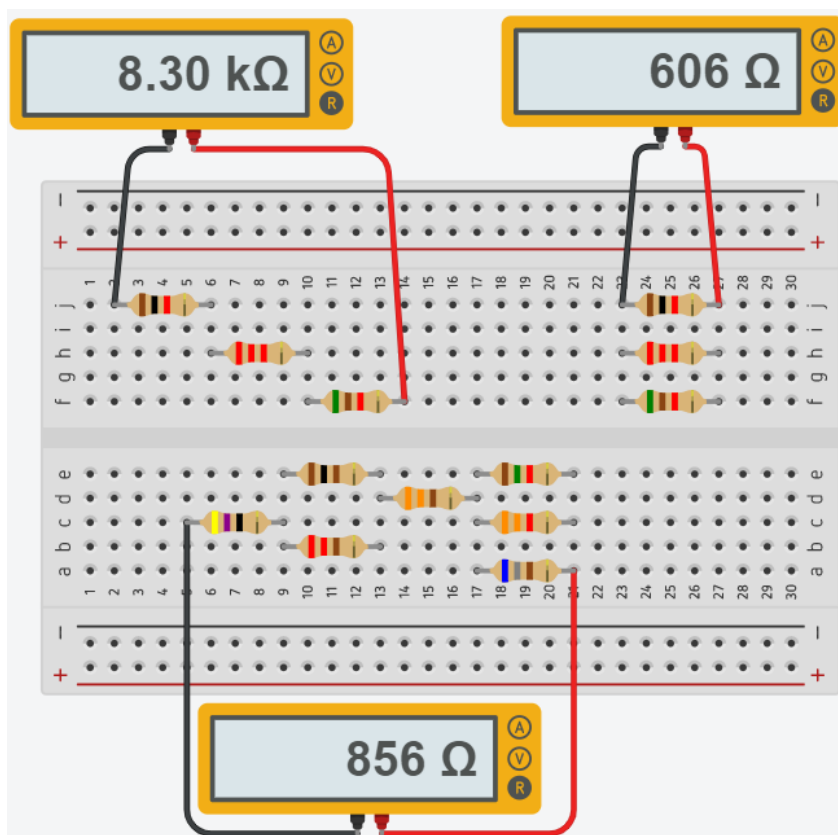
Na Figura 24 é possível observar a associação de três resistores em série e em paralelo em uma placa de ensaio. Na Figura 25 pode ser observado a conexão para medida da resistência elétrica de uma associação em série, em paralelo e mista.

Figura 24 – Resistores conectados em série e em paralelo em uma placa de ensaio.



Fonte: A Autora

Figura 25 – Medida da resistência elétrica de resistores conectados em série, paralelo e série-paralelo.



Fonte: A Autora.

Atividade 10: Determinar a resistência equivalente de resistores associados em série, paralelo e série-paralelo (atividade experimental 6).

Materiais necessários:

- Multímetro;
- Resistores de valores diversos;
- Placa de ensaio.

Procedimento:

Após a exposição dos conceitos, realizar a atividade experimental descrita no roteiro disposto no apêndice G, seguindo as instruções abaixo:

Instruções:

1. Utilize a placa de ensaio como base de fixação dos resistores. Meça a resistência de cada resistor com o ohmímetro e anote os valores no Quadro 10. Em cada

medida, altere a chave seletora até encontrar o valor com maior precisão. Anote também a posição da escala em que a medida foi realizada.

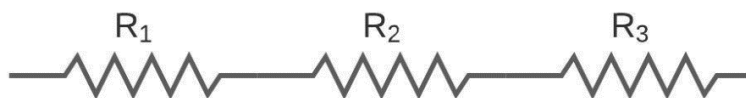
Quadro 10 – Valores das resistências medidas.

Resistor	Resistência nominal	Resistência medida	Posição da escala
R ₁	100 Ω ± 5%		
R ₂	220 Ω ± 5%		
R ₃	330 Ω ± 5%		
R ₄	1000 Ω ± 5%		
R ₅	9,1 Ω ± 5%		

Fonte: A Autora.

2. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR). Apresente os cálculos utilizados na obtenção de $R_{eq-Calculada}$.

Figura 26 – Circuito com associação de 3 resistores em série.



Fonte: A Autora

$$R_{eq-Medida} =$$

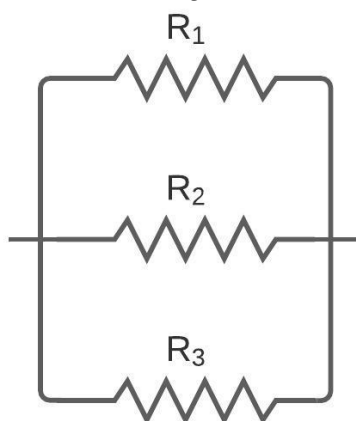
$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

$$\delta R = \left| \frac{R_{eq-Medida} - R_{eq-Calculada}}{R_{eq-Calculada}} \right| 100\%$$

3. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 27 - Circuito com associação de 3 resistores em paralelo.



Fonte: A Autora.

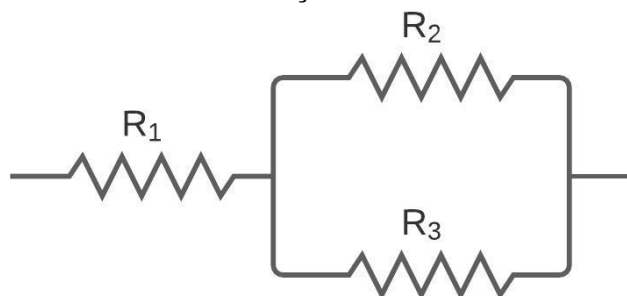
$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

4. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 28 - Circuito com associação de 3 resistores em série-paralelo.



Fonte: A Autora.

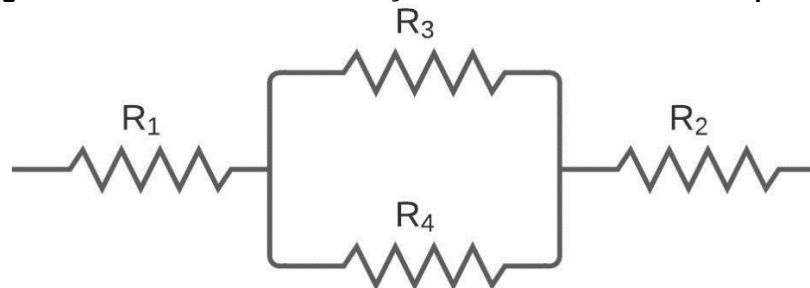
$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

5. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 29 - Circuito com associação de 4 resistores em série-paralelo.



Fonte: A Autora.

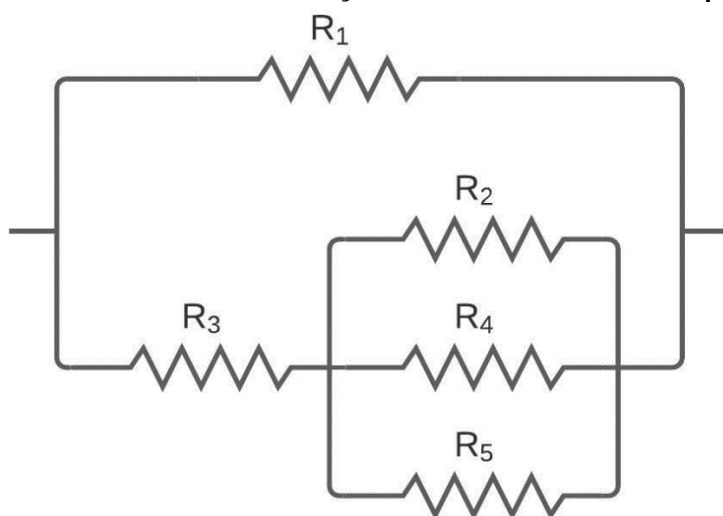
$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

6. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 30 - Circuito com associação de 5 resistores em série-paralelo.



Fonte: A Autora.

$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

Questões:

1. Qual a principal característica observada para a resistência equivalente de um circuito em série?
2. Qual a principal característica observada para a resistência equivalente de um circuito em paralelo?

3.10 AULA 10: AVALIAÇÃO FINAL E QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

Tempo estimado: 2 horas-aula (45 minutos cada).

Objetivo: Demonstrar os conhecimentos adquiridos durante a aplicação da série de atividades sobre os conceitos de Eletrodinâmica.

Introdução:

O Mapa Mental é um instrumento que possibilita a representação no papel daquilo que o indivíduo conhece sobre um determinado conteúdo. A sua estrutura permite que a qualquer momento sejam acrescentadas ideias ou conceitos adicionais.

Por este motivo, o conceito de Mapa Mental apresentado no início desta sequência didática foi retomado, para que os alunos pudessem então elaborar um novo Mapa, agora acrescentando nele todos os conhecimentos adquiridos durante as aulas.

Atividade 11: Elaboração de um Mapa Mental para avaliar os conhecimentos adquiridos sobre Eletrodinâmica.

Materiais necessários:

- Folhas de papel sulfite, 1 para cada aluno;
- Canetas coloridas, canetinhas, lápis de cor.

Procedimento:

O professor deverá propor aos alunos a elaboração de um novo mapa mental, no qual o aluno deverá representar todos os conceitos que aprendeu durante as aulas que compõem esta sequência didática.

A ideia é confrontar os 2 mapas produzidos por eles para analisar se o processo de ensino aprendizagem foi válido, se a sequência didática apresentada foi capaz de provocar o conflito cognitivo necessário no estabelecimento da relação entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios dos alunos. Após o término, recolher os mapas para análise comparativa.

Para finalizar esta sequência, propor aos alunos o preenchimento de um questionário de opinião a fim de coletar informações, dicas, ideias que podem ser usadas para melhorar a qualidade desta produção didática.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta sequência didática apresentada como produto educacional foi elaborada no intuito de ofertar para os alunos aulas diferenciadas, interativas e dinâmicas, que venham de encontro a sua curiosidade e que possam despertar neles o instinto de querer aprender os conhecimentos científicos. Além disso, representa para o professor um plano de ensino completo para os conteúdos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica pronto para ser usado, de maneira organizada para que cada aula possa ser aplicada de forma individual, mas que ao mesmo tempo componham uma sequência lógica, pautada na organização dos conteúdos da grade curricular.

Os conceitos de Eletrodinâmica abordados neste trabalho se relacionam a várias situações vivenciadas todos os dias pelos alunos no seu cotidiano. Mas muitas vezes os conhecimentos do senso comum não são coerentes com o conhecimento científico. Os estudos aqui apresentados podem oferecer aos alunos a compreensão correta para cada conteúdo, resignificando algumas ideias ou conceitos pré-estabelecidos na sua estrutura cognitiva, provocando a ancoragem dos novos conhecimentos aqueles já existentes.

Além disso, a construção desta proposta foi pensada passo a passo a fim de contribuir com o ensino de Física nas escolas públicas, buscando organizar atividades que não demandem de grandes investimentos financeiros ou mesmo materiais mais elaborados. Todas utilizam dispositivos básicos para medida e montagem de circuitos elétricos, aqueles fornecidos pelo governo estadual para as escolas ou então o laboratório de informática, que também faz parte de sua estrutura.

A elaboração das aulas foi pautada com o objetivo de abordar os conteúdos buscando sempre a participação dos alunos de maneira interativa e articulada, a fim de construir novos significados aquilo que já conhecem e apresentar os novos conteúdos de forma diferente da tradicional, buscando construir relações que possam tornar a aprendizagem significativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1.^a edição. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.

BUZAN, T. **Mapas Mentais**. Tradução de Paulo Polzonoff Jr. Rio de Janeiro: Ed. Sextante, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 10. Ed. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2016.

MAZUR, E. **Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa**. Tradução: Anatólio Laschuk. Porto Alegre: Penso, 2015.

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Ed. Centauro, 2010.

MOREIRA, M. A. **O Que é Afinal Aprendizagem Significativa?** Porto Alegre: Instituto de Física UFRGS, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em 08 de ago. 2019.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2. Ed. São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula**. Brasília: Editora da UnB. 185p., 2006.

PCCL (Physics and Chemistry by Clear Learning). **Simulações Interativas de Física**. Disponível em: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_interactive.htm. Acesso em: 17 de Abr. 2018.

PHET. **Simulações Interativas da Universidade do Colorado Boulder**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt/>. Acesso em: 10 de jun. 2019.

ROSA, V.; SANTOS R, S.; SOUZA C.A. Hands-on-Tec: uma estratégia pedagógica para uso de tecnologias educacionais móveis. **Anais Challenges**, Braga: Universidade do Minho, 2013.

TIPLER, P.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6^a Edição. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2009.

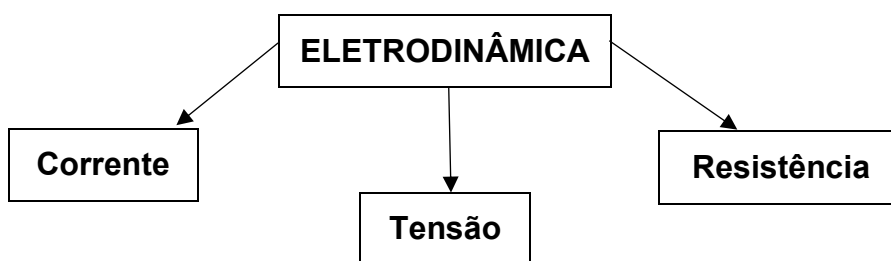
YOUNG, H. D; FREEDMAN, R. A. **Física III: Eletromagnetismo**. 10. Ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2003.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: Como Ensinar**. Porto Alegre: Ed Artmed, 1998.

APÊNDICE A – ATIVIDADE: ELABORAÇÃO DE UM MAPA MENTAL PARA OS CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA

Utilizando o esquema abaixo, elabore um mapa mental sobre Eletrodinâmica, expressando suas ideias e conhecimentos a respeito do conteúdo. Utilize imagens, cores variadas, tamanhos de letras diferentes para demonstrar a conexão entre as partes, podendo fazê-la de forma intuitiva, conforme esta estrutura está organizada na sua cabeça.

Figura 1 – Estrutura de formação do mapa mental.



Fonte: A Autora.

APÊNDICE B – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: CONDUTORES VERSUS ISOLANTES

Materiais necessários:

- Placa de MDF retangular de 20 cm x 30 cm;
- Bocal para lâmpada;
- Lâmpada 127 V;
- Interruptor;
- Tomada;
- 2 pedaços de 20 cm de fio de cobre rígido de espessura 4 mm;
- 1 metro de fio condutor para instalação elétrica;
- Acessórios: Cola quente, fita isolante, régua de madeira, chave *Phillips*.

Montagem:

Conecte dois pedaços de fios condutores encapados de 50 cm de comprimento ao bocal. Fixe o bocal na placa de MDF (pode ser usado cola quente ou fita isolante).

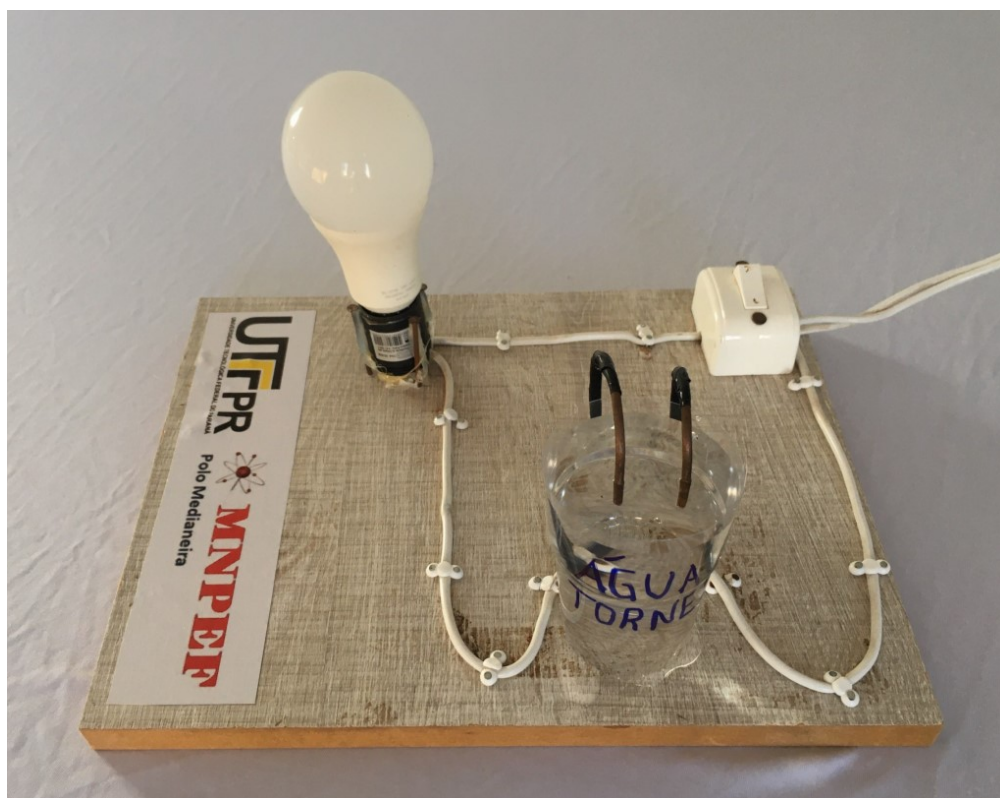
Com um alicate, dobre os fios de cobre de 4 mm em uma das extremidades formando um ângulo de 90°, para formar a base, e no outro extremo curve-o em forma de U. Passe fita isolante, deixando apenas as pontas desencapadas. Fixe-os no MDF a uma distância de 3 cm um do outro. Conecte os fios condutores ao interruptor e fixe a tomada no seu extremo, conforme Figura 1.

Explicação:

Utilizando copos descartáveis com as substâncias: café, açúcar, óleo, sal, água da torneira, água destilada e vinagre, o professor deve desafiar os alunos a testarem o acionamento ou não do circuito.

Organize a turma em grupos com 3 a 4 alunos. Solicite que os grupos se revezem no experimento. Para testá-lo, basta colocar a substância de dentro dos copos em contato com as pontas do fio de cobre e observar o que acontece.

Figura 1 – Atividade experimental: condutores versus isolantes.



Fonte: A Autora.

APÊNDICE C – HANDS-ON-TEC E INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (IPC) PARA O ESTUDO DA ELETRODINÂMICA

1. Objetivos, Conteúdos e Contextos:

Objetivos:

- Realizar atividade experimental para indicar materiais condutores e isolantes elétricos;
- Identificar a função dos elementos que compõe um circuito elétrico;
- Reconhecer os riscos elétricos e cuidados que devem ser adotados com a eletricidade;
- Correlacionar os conceitos abordados utilizando simulador educacional;
- Utilizar diferentes estratégias de ensino para promover a participação e interação dos alunos.

Conteúdos:

- Condutores e isolantes;
- Corrente iônica e eletrônica;
- Circuito elétrico;
- Riscos elétricos.

Contextos:

- Observar inicialmente o experimento apresentado para reconhecimento da atividade;
- Utilizar as substâncias disponíveis nos copos para tentar fazer com que o circuito elétrico ligue, buscando estabelecer a relação existente entre os tipos de materiais e o acionamento da lâmpada;
- Debater no grupo sobre as funções de cada componente presente no circuito, tentando estabelecer relações com a teoria já estudada, para posteriormente responder o questionário virtual;
- Analisar as diferentes possibilidades de acionamento do circuito, buscando fazer comparativos com outros materiais que estão presente em seus cotidianos;
- Identificar quais os elementos de segurança do circuito e quais os riscos elétricos apresentados.

2. Materiais Relacionados:

- Atividade Experimental 1: circuito elétrico simples – condutores versus isolantes (manual de construção disposto no apêndice B);
- Copos descartáveis e papel toalha;
- Substâncias: café, açúcar, óleo, sal, água da torneira, água destilada, vinagre;
- Simulador Educacional 1 – Condutores versus isolantes, disponibilizado gratuitamente no link: http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/electric_conductors_insulato.htm;
- Notebook e projetor multimídia;
- Cartões respostas (*flashcards*), desenvolvidos para o aplicativo *Plickers*, disponível no link: <https://www.plickers.com>;
- Smartphone do professor, com o aplicativo *Plickers* instalado.

3. Descrição da realização da atividade:

Momento 1: Explicar o enunciado no quadro, expor os materiais e deixar um tempo disponível para que os alunos possam interagir com o experimento, testando o acionamento ou não do circuito por meio das substâncias dispostas nos copinhos e formular as hipóteses sobre como resolver a situação-problema, anotando-as no caderno. Em seguida, realizar a exposição das hipóteses levantadas, de forma oral, para discussão e argumentação entre eles, sobre a forma que encontraram para resolver o problema, as dificuldades encontradas e a solução.

Momento 2: Levar os alunos ao laboratório de informática para fazerem uso do simulador educacional 1, orientando-os para que montem um circuito semelhante ao utilizado na sala e testem outras possibilidades de acionamento do mesmo.

Momento 3: Solicitar que os alunos façam em casa uma pesquisa na internet sobre os conceitos envolvidos na atividade para a elaboração de um relatório final individual.

Momento 4: Finalizar a atividade usando o método de instrução por pares. Os alunos irão responder o questionário abaixo de forma virtual, utilizando cartões respostas (*flashcards*), que possuem um código de leitura *QRcode*, desenvolvidos para o aplicativo *Plickers*. Após a coleta das respostas individuais e a comunicação dos percentuais de acertos, disponibilizar um tempo para que os alunos formem pares, interajam e tentem convencer uns aos outros sobre a resposta correta para cada

questão. Reaplicar o questionário para verificar a diferença entre os resultados pré e pós interação.

Questionário sobre condutores, isolantes e riscos elétricos:

1. A respeito de condutores e isolantes elétricos, escolha a opção correta:
 - a) Metais são utilizados como isolantes elétricos.
 - b) O corpo humano é um isolante elétrico.
 - c) Metais são bons condutores de eletricidade.
 - d) Substâncias eletrolíticas se caracterizam como isolantes elétricos.
2. Como são constituídos os cabos utilizados nas instalações elétricas residenciais?
 - a) Possuem uma parte interna condutora envolvida por uma parte externa isolante.
 - b) No seu centro tem um fio isolante e ao redor um tubo condutor.
 - c) São feitos de metais apenas.
 - d) Possuem dois fios um condutor e um isolante ligados paralelamente um ao outro.
3. Com relação a atitudes seguras ao manipular dispositivos elétricos, escolha a alternativa incorreta:
 - a) Tocar em dispositivos elétricos com as mãos e pés molhados ou em condições de suor é perigoso.
 - b) Os aparelhos elétricos devem ser desconectados da tomada antes da limpeza e conserto.
 - c) Para desconectar um dispositivo elétrico da rede o ideal é puxar pelo cabo ao invés do *plug*.
 - d) Ativar o interruptor na presença de vazamento de gás é perigoso.
4. Indique qual dos dispositivos abaixo é utilizado nos circuitos elétricos como item de segurança, com a função de interromper a passagem de corrente elétrica:
 - a) Pilha.
 - b) Resistor.
 - c) Disjuntor.
 - d) Fio terra.
5. Qual das afirmações abaixo é falsa?
 - a) Ao sentir formigamento ao tocar um dispositivo elétrico, o disjuntor deve ser desligado.
 - b) O uso de cabos de extensão e plugues múltiplos (adaptador T) deve ser evitado pelo risco de superaquecimento.

- c) A conduta imediata a ser adotada no atendimento a uma vítima de choque elétrico é desligar a corrente elétrica antes de tocar na vítima.
- d) Se o incêndio acontecer em circuitos energizados, o fogo deve ser apagado com água.

4. Fases

Fase 1: Apresentação, problematização, levantamento de hipóteses e experimentação

Observe o experimento apresentado e utilizando as substâncias disponíveis nos copos plásticos, responda:

1. É possível fazer a lâmpada acender com alguma destas substâncias?
2. Todos os materiais fazem a lâmpada acender com a mesma intensidade?
3. Que relação pode-se fazer entre os materiais utilizados e o funcionamento do circuito?

- Organizar os alunos em pequenos grupos para o levantamento das hipóteses e a tentativa de solucionar o problema apresentado.
- Disponibilizar um tempo de 15 a 20 minutos para realizar a atividade.

Fase 2: Socialização com o grande grupo e contextualização do professor

- Reunir os alunos no grande grupo para o relato das hipóteses e as dificuldades enfrentadas por eles na interação com o experimento, a exposição das soluções encontradas e o debate destas soluções encontradas. Articular com a turma sobre a importância da compreensão do funcionamento de um circuito elétrico, levando em consideração que nosso cotidiano está todo ligado as interações elétricas que ocorrem entre os materiais.

Fase 3: Utilização das tecnologias educacionais e relatório individual

- Posteriormente fazer uso do simulador educacional 1 para interação e visualização do acionamento ou não do circuito elétrico apresentado com os materiais disponíveis. Incentivando os alunos para que aproveitem o uso do simulador para testarem todas as possibilidades.
- Solicitar que os alunos realizem em casa uma pesquisa na internet sobre os conceitos abordados na atividade, fazendo um paralelo entre as hipóteses levantadas inicialmente e a

forma correta de resolver o problema. Esta pesquisa será apresentada em forma de relatório individual no próprio caderno.

- Realizar a avaliação da atividade baseada no método de Instrução pelos colegas, respondendo ao questionário virtual, utilizando o aplicativo *Plickers*.

APÊNDICE D – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE ELÉTRICA

Objetivos:

- Determinar de forma experimental a relação entre a resistência elétrica, o comprimento (L) e a área da seção reta (A) do fio condutor homogêneo.
- Obter o valor da resistividade elétrica de um fio constituído por uma liga metálica.
- Representar graficamente a resistência do material.

Materiais necessários:

- Fios resistivos de 50 centímetros de comprimento com diâmetros diferentes (foi utilizado fio níquel cromo 80/20 AWG: 25, 27, 29, 31 e 33);
- Multímetro e cabos de conexão;
- Trena e micrômetro.

Procedimento:

1. Ajuste o multímetro para funcionar como Ohmímetro.
2. Meça o valor da resistência ôhmica de cada um dos fios para os comprimentos: 0, 10, 20, 30, 40 e 50 centímetros. Preencha o Quadro 1 com as medidas.
3. Com o micrômetro, meça o diâmetro de cada fio e anote o valor no Quadro 1.

Quadro 1 – Resistência elétrica para diferentes comprimentos dos fios.

L (m)	Fio 1 $D = \frac{\quad}{R (\Omega)}$	Fio 2 $D = \frac{\quad}{R (\Omega)}$	Fio 3 $D = \frac{\quad}{R (\Omega)}$	Fio 4 $D = \frac{\quad}{R (\Omega)}$	Fio 5 $D = \frac{\quad}{R (\Omega)}$
0,00					
0,10					
0,20					
0,30					
0,40					
0,50					

Fonte: A Autora.

Questões:

1. Utilizando os dados do Quadro 1, preencha o Quadro 2.

Quadro 2 – Resistência e área da seção reta dos fios resistivos.

Condutor utilizado	Diâmetro (mm)	Área A da secção transversal do resistor (m^2)	$1/\text{Área}$ (m^{-2})	Resistência (Ω) $L = 0,50$ m
Fio 1				
Fio 2				
Fio 3				
Fio 4				
Fio 5				

Fonte: A Autora.

2. Com base nos dados contidos no Quadro 1, confeccione cinco gráficos da resistência elétrica em função do comprimento do fio (R versus L).
3. Qual a forma das curvas encontrada nos gráficos? O que se pode concluir a respeito da relação entre a resistência elétrica R e o comprimento dos fios condutores L ?
4. Com os dados do Quadro 2, construa o gráfico R versus $1/A$.
5. Qual a forma da curva encontrada no gráfico? O que se pode concluir a respeito da relação entre a resistência elétrica R e a área da seção transversal do fio condutor A ?
6. Por meio dos gráficos, obtenha o valor da resistividade elétrica de cada um dos fios. Calcule a média e desvio percentual dos valores obtidos para a resistividade elétrica do material.

APÊNDICE E – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: RESISTORES E LEITURA DE CÓDIGO DE CORES

Objetivos:

- Utilizar a placa de ensaio e o multímetro para medida de resistência elétrica.
- Realizar a leitura da resistência nominal de diferentes resistores, fazendo uso do quadro com o código de cores.
- Familiarizar-se com as escalas de medidas do multímetro.

Materiais necessários:

- Multímetro;
- Resistores de valores diversos;
- Placa de ensaio.

Procedimento:

1. Faça a leitura de cada resistor e anote no Quadro 1: a sequência de cores, o valor nominal e de tolerância.
2. Utilize a placa de ensaio como base de fixação dos resistores. Meça a resistência de cada resistor com o ohmímetro e anote os valores no Quadro 1. Em cada medida, altere a chave seletora até encontrar o valor com maior precisão. Anote também a posição da escala em que a medida foi realizada.
3. Compare os valores medidos com os valores nominais. Calcule o desvio percentual e anote no Quadro 1.

$$\delta R = \left| \frac{R_n - R_m}{R_n} \right| 100\%$$

4. Compare δR com a tolerância do resistor e tire suas conclusões.

Quadro 1 – Leitura da resistência utilizando o código de cores e o ohmímetro.

Res.	Sequência de cores				Valor nominal e tolerância	Valor medido (R_m)	Posição da escala	δR
	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4				
R ₁								
R ₂								
R ₃								
R ₄								
R ₅								
R ₆								
R ₇								
R ₈								
R ₉								
R ₁₀								

Fonte: A Autora.

APÊNDICE F – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: ELEMENTOS RESISTIVOS LINEARES E NÃO LINEARES

Objetivos:

- Distinguir elementos resistivos lineares e não lineares, por meio da determinação experimental de suas curvas características.
- Manusear adequadamente o multímetro como ohmímetro, voltímetro e amperímetro.
- Obter a Lei de Ohm de forma experimental.

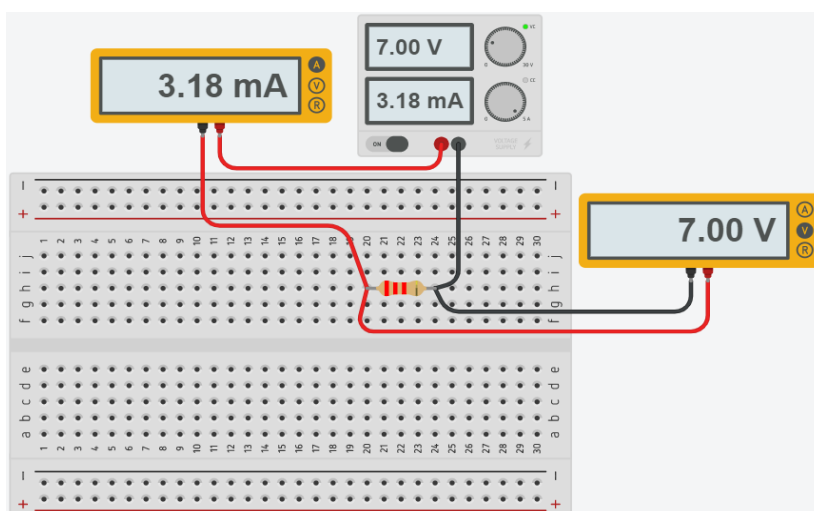
Materiais necessários:

- Fonte de alimentação;
- 2 Multímetros;
- Placa de ensaio;
- Resistores de valores diversos;
- LEDs;
- Cabos de conexão.

Procedimento:

1. Meça a resistência de um dos resistores ($R > 400 \Omega$) com o ohmímetro e anote no Quadro 1.
2. Monte o circuito esquematizado na Figura 1. A tensão é aplicada com uma fonte de alimentação variável. Observe que o amperímetro (A) está conectado em série com o resistor e o voltímetro (V) está conectado em paralelo com o resistor.

Figura 1 – Amperímetro conectado em série e voltímetro em paralelo ao resistor.



Fonte: A Autora.

3. Varie a tensão de saída de 0 até 10,0 V, variando de 1,0 em 1,0 V, anotando a corrente respectiva. Anote os dados no Quadro 1 ($V \times i$).
4. Altere o resistor por outro de valor diferente. Refaça os passos anteriores preenchendo o Quadro 2.

Quadro 1 – Quadro $V \times i$, resistor 1.

$R =$	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
1,0	
2,0	
3,0	
4,0	
5,0	
6,0	
7,0	
8,0	
9,0	
10,0	

Fonte: A Autora.

Quadro 2 – Quadro $V \times i$, resistor 2.

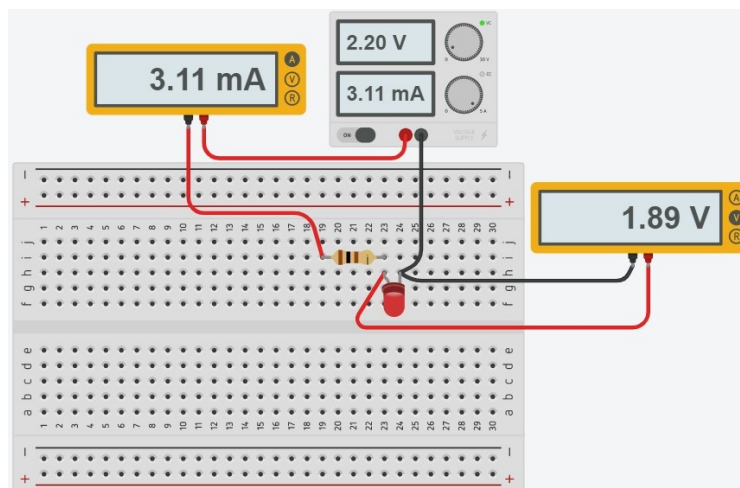
$R =$	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
1,0	
2,0	
3,0	
4,0	
5,0	
6,0	
7,0	
8,0	
9,0	
10,0	

Fonte: A Autora.

5. Monte o circuito com LED. Deve ser considerado que este dispositivo é polarizado. Sendo o terminal mais comprido (anodo, +) ligado ao potencial mais elevado e o terminal com menor comprimento (catodo, -) ao potencial menor. Caso contrário, o LED não acenderá.
6. O circuito deve ser montado com o LED em série com um resistor de proteção de 100 Ω . Atenção a polaridade do LED.

7. Insira o voltímetro em paralelo para determinar a diferença de potencial (DDP) nos terminais do LED e o amperímetro em série para medida da corrente elétrica, conforme Figura 2.

Figura 2 – Amperímetro ligado em série ao circuito e voltímetro em paralelo ao LED.



Fonte: A Autora.

8. Meça a corrente elétrica no circuito para diferentes DDP, preenchendo o Quadro 3.
9. Troque o LED e repita o passo 8, anotando no Quadro 4 os valores.

Quadro 3 – Quadro $V \times i$, LED 1.

LED 1	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
0,5	
1,0	
1,5	
	0,5
	1,0
	1,5
	2,0

Quadro 4 – Quadro $V \times i$, LED 2.

LED 2	
DDP (V)	i (mA)
0,0	
0,5	
1,0	
1,5	
	0,5
	1,0
	1,5
	2,0

	4,0
	7,0
	10,0
	15,0
	20,0

Fonte: A Autora.

	4,0
	7,0
	10,0
	15,0
	20,0

Fonte: A Autora.

Questões:

1. Construa os gráficos $i \times V$ para os resistores.
2. Qual a forma das curvas encontrada nos gráficos? O que se pode concluir a respeito da relação entre a corrente elétrica i e a tensão elétrica V para um resistor?
3. A partir dos gráficos, determine os valores das resistências elétricas dos resistores.
4. Compare os valores das resistências elétricas obtidas pelo gráfico com o valor medido utilizando o ohmímetro e calcule o desvio percentual.
5. Construa o gráfico $i \times V$ para os LEDs.
6. Qual dos dispositivos é ôhmico? Justifique.
7. A equação $R = V/i$ pode ser utilizada para o cálculo dos parâmetros elétricos de um resistor não ôhmico? Justifique.

APÊNDICE G – ATIVIDADE EXPERIMENTAL: ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Objetivos:

- Identificar em um circuito as associações em série paralelo e série-paralelo.
- Determinar a resistência equivalente de resistores associados em série, paralelo e série-paralelo.
- Utilizar o ohmímetro para medidas de resistência elétrica.
- Familiarizar-se com as escalas do instrumento.

Materiais necessários:

- Multímetro;
- Resistores de valores diversos;
- Placa de ensaio.

Procedimento:

1. Utilize a placa de ensaio como base de fixação dos resistores. Meça a resistência de cada resistor com o ohmímetro e anote os valores na tabela. Em cada medida, altere a chave seletora até encontrar o valor com maior precisão. Anote também a posição da escala em que a medida foi realizada.

Quadro 1 – Leitura da resistência utilizando o código de cores e o ohmímetro.

Resistor	Resistência nominal	Resistência medida	Posição da escala
R ₁	100 Ω ± 5%		
R ₂	220 Ω ± 5%		
R ₃	330 Ω ± 5%		
R ₄	1000 Ω ± 5%		
R ₅	9,1 Ω ± 5%		

Fonte: A Autora.

2. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR). Apresente os cálculos utilizados na obtenção de $R_{eq-Calculada}$.

Figura 1 – Circuito com associação de 3 resistores em série.



Fonte: A Autora

$$R_{eq-Medida} =$$

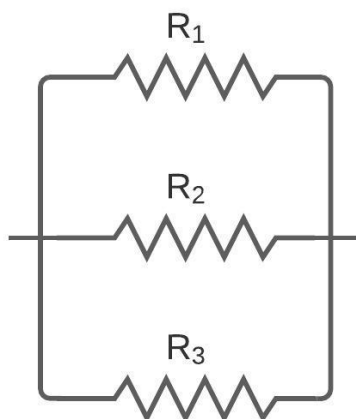
$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

$$\delta R = \left| \frac{R_{eq-Medida} - R_{eq-Calculada}}{R_{eq-Calculada}} \right| 100\%$$

3. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 2 – Circuito com associação de 3 resistores em paralelo.



Fonte: A Autora.

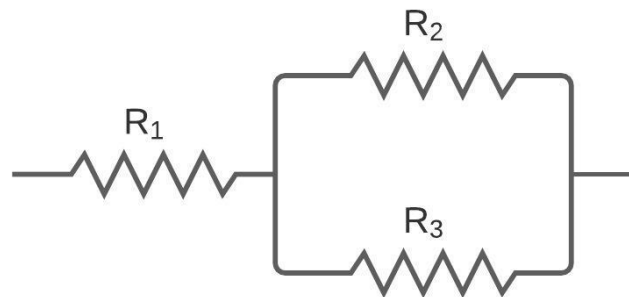
$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

4. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 3 – Circuito com associação de 3 resistores em série-paralelo.



Fonte: A Autora.

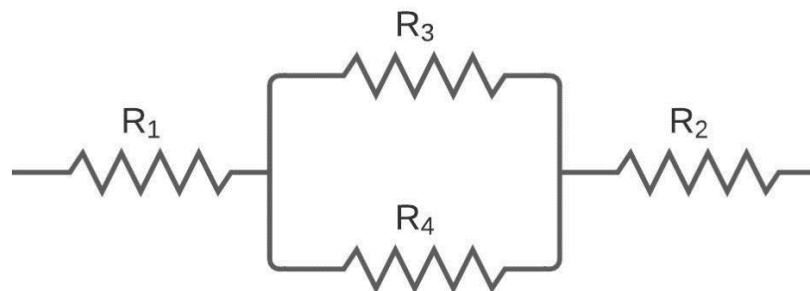
$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

5. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 4 – Circuito com associação de 4 resistores em série-paralelo.



Fonte: A Autora.

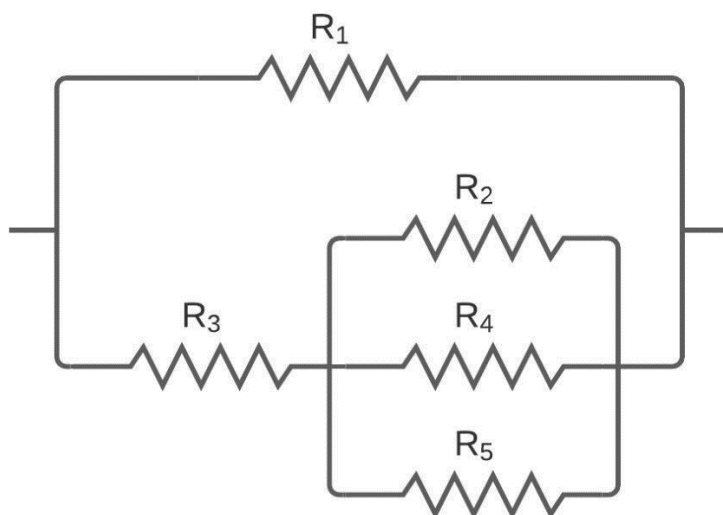
$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

6. Monte o circuito da figura na placa de ensaio. Anote abaixo a resistência equivalente medida com o multímetro ($R_{eq-Medida}$), a resistência equivalente calculada ($R_{eq-Calculada}$) e o desvio percentual entre os dois valores (δR).

Figura 5 – Circuito com associação de 5 resistores em série-paralelo.



Fonte: A Autora.

$$R_{eq-Medida} =$$

$$R_{eq-Calculada} =$$

$$\delta R =$$

Questões:

1. Qual a principal característica observada para a resistência equivalente de um circuito em série?
2. Qual a principal característica observada para a resistência equivalente de um circuito em paralelo?