

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



COLETÂNEA DE EXPERIMENTOS, DE SIMULAÇÕES E A PRODUÇÃO DO ELETRICGAME

TATIANE LÚCIA ABREU DE FIGUEIREDO

MANAUS – AM
2021

APRESENTAÇÃO

Esse produto educacional é fruto da dissertação de mestrado “Integração de Atividades Experimentais e Virtuais no Ensino de Circuitos Elétricos Através do Jogo “EletricGame” de própria autoria, desenvolvido para o programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física ofertado pela Sociedade Brasileira de Física através do Instituto Federal do Amazonas em Parceria com a Universidade Federal do Amazonas.

O objetivo principal dessa coletânea é nortear professores que estejam interessados a adorarem experimentos e simuladores como práticas de dinamismo às aulas expositivas sobre circuitos elétricos, cuja finalidade seja a construção de conhecimento sólido e significativo nos alunos de Terceiro Ano do Ensino Médio.

O catálogo prima pela utilização de experimentos simples feitos de materiais alternativos e reutilizados, pois dessa forma os alunos se envolvem diretamente desde a pré-produção até a pós, bem como, por serem materiais do cotidiano, são de fácil aquisição. Já os softwares indicados são de fácil manipulação, gratuitos e multiplataformas, funcionando em computadores e smartphones. Acredita-se que esses fatores podem ser capazes de ultrapassar algumas barreiras estruturais da escola e econômica dos estudantes e comunidade escolar.

Aconselha-se a alternância entre quadro convencional e essas dinâmicas dentro da sala de aula de maneira que não fiquem caracterizadas como “aula de assunto”, “aula de experimentos” e “aula com simuladores”, mas sim uma “aula expositiva com experimentos e simuladores”.

SUMÁRIO

1º. CIRCUITO ELÉTRICO SIMPLES.....	4
2º. LEI DE OHM E RESISTORES ELÉTRICOS.....	7
3º. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE.	10
4º. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO.....	13
5º. ASSOCIAÇÃO MISTA DE RESISTORES.	16
6º. CONFECÇÃO E USO DO ELETRICGAME.....	18
CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
REFERÊNCIAS.....	25

1º. CIRCUITO ELÉTRICO SIMPLES.

Conhecimentos Prévios:

- Corrente elétrica (i);
- Tensão elétrica (V).

Recursos Didáticos:

- Quadro branco;
- Pincel;
- Livro didático;
- Componentes elétricos: fios, fonte, lâmpada;
- Computador com acesso à Internet;
- Projetor;
- Simulador *Kit para montar Circuito DC*.



Conceitos:

Circuito elétrico é um conjunto formado por fonte de tensão e lâmpada, ambos conectados por condutores que serão percorridos por corrente elétrica. A fonte também conhecida como gerador elétrico produz cargas elétricas e as lâmpadas como resistores que consomem as transformando em outras formas de energia.

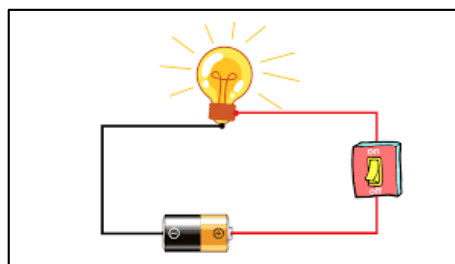
Objetivos:

- Apresentar aos alunos os componentes e circuitos elétricos;
- Ensinar a montagem correta de um circuito elétrico;
- Relacionar o realismo com o simbolismo técnico dos circuitos.

Metodologia:

A aula inicia com a retomada dos conceitos de corrente e tensão elétrica, agora acrescentando o elemento resistor, exemplificando e contextualizando no cotidiano. Em seguida, ensina-se a montar um circuito elétrico usando apenas uma pilha, fio elétrico e uma lâmpada led de voltagem compatível, semelhante à figura 1. A montagem do pequeno circuito necessita de uma bateria ou pilha com seus dois terminais conectados com fios condutores até as extremidades de uma lâmpada, geralmente usando bocais, o uso do interruptor é opcional.

Figura 1. Montagem de um circuito elétrico simples.



Fonte: Multicomercial¹.

Agora é o momento ideal para a ilustração virtual dos componentes envolvidos, e o que acontece dentro deles, para isso, no computador disponível, deve ser utilizado o simulador *Kit para montar Circuito DC*², figura 2. Esse simulador tem como página inicial a escolha entre a versão *Intro* (básica) ou *Lab* (com recursos adicionais), usaremos a segunda (a). Ao entrar, temos a interface onde podemos escolher os componentes desejados a esquerda e algumas ferramentas a direita (b).

Figura 2. Montagem de um circuito elétrico simples.



Fonte: *Kit para montar circuito DC*.

Vamos usar o primeiro contato com ele para ilustrar todos os principais componentes que usaremos na sequência, mostrando suas aparências realísticas (vide seta preta) através da figura 3, da esquerda para a direita: fio condutor, pilha, lâmpada, resistor de carvão e chave.

¹ <https://blog.multcomercial.com.br/circuito-eletrico-tudo-que-voce-precisa-saber/>

² https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit_dc_pt_BR.html.

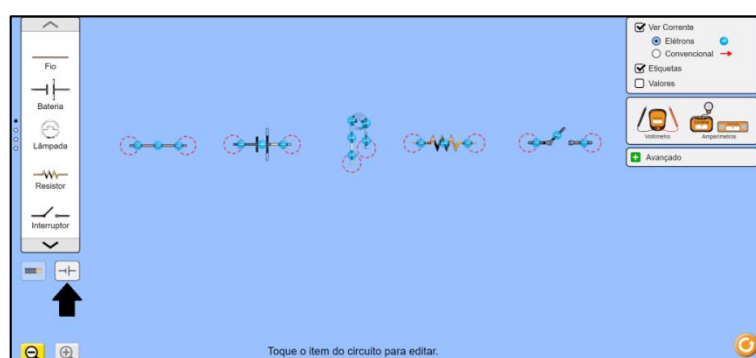
Figura 3. Principais componentes elétricos em modo realístico.



Fonte: *Kit para montar circuito DC.* [modificada]

Alternando para o modo técnico (vide seta preta) podemos visualizar pela figura 4, na mesma sequencia da anterior. Essa possibilidade ajuda os estudantes a reconhecerem os elementos da vida real dentro dos livros didáticos por símbolos.

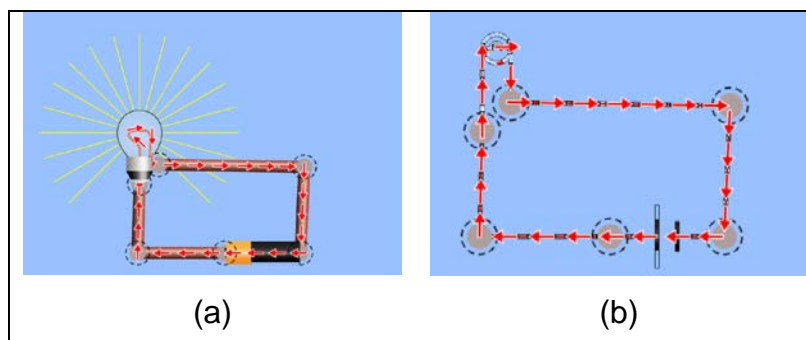
Figura 4. Principais componentes elétricos em modo técnico.



Fonte: *Kit para montar circuito DC.* [modificada]

A partir da familiaridade com os componentes elétricos e com o simulador, passamos para a construção de um circuito virtual similar ao do experimento montado. Na figura 5 podemos ter a visão realística (a) e técnica (b).

Figura 5. Simulando um circuito elétrico simples.



Fonte: *Kit para montar circuito DC.* [modificada]

2º. LEI DE OHM E RESISTORES ELÉTRICOS.

Conhecimentos Prévios:

- Corrente elétrica (i);
- Tensão elétrica (V);
- Circuito elétrico.

Recursos Didáticos:

- Quadro branco;
- Pincel;
- Livro didático;
- Computador com acesso à Internet;
- Projetor;
- Simuladores *Lei de Ohm* e *Resistência em um fio*.



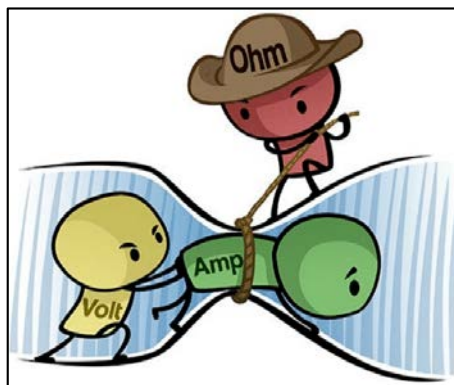
Conceitos:

A Lei de Ohm, mais precisamente a 1ª, rege o que tange exatamente um circuito elétrico simples, sendo a relação de ddp (V), corrente elétrica (i) e resistor (\mathcal{R}), temos para um resistor fixo a proporcionalidade direta de i e V :

$$V = \mathcal{R}i$$

De forma bem simplificada, podemos deduzir que quanto maior a tensão fornecida ao sistema, mais forte será a tentativa de passagem da corrente elétrica por um resistor, como ilustra a bem humorada figura 6.

Figura 6. Ilustrando a Lei de Ohm.



Fonte: Embarcados.³

³ <https://www.embarcados.com.br/lei-de-ohm/>

Assim a 1ª Lei de Ohm, os resistores também possuem uma equação que demonstra a proporcionalidade de seus elementos, a resistência depende diretamente da resistividade própria do material do qual é feito (ρ), e do comprimento (L), porém é inversa à área (A), como mostra a equação abaixo:

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

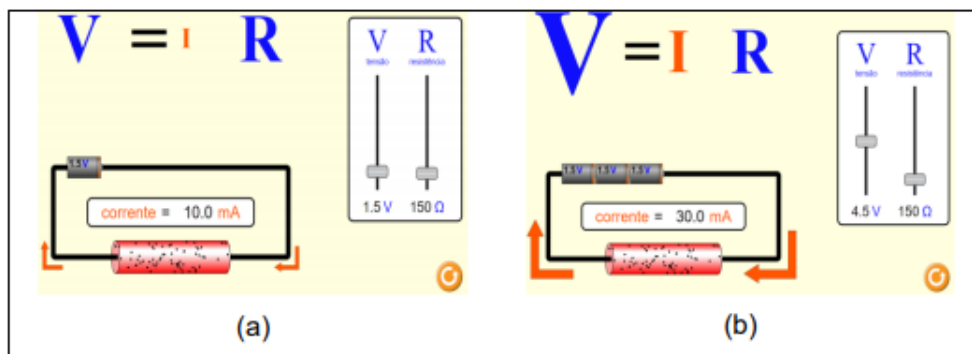
Objetivos:

- Relacionar a dependência de corrente elétrica, tensão e resistência;
- Compreender a função do resistor em um circuito;
- Deduzir as proporcionalidades físicas dos materiais.

Metodologia:

Através do simulador *Lei de Ohm*⁴, faz-se a demonstração virtual da dependência entre as variáveis da tensão e corrente, como mostra a figura 7, observa-se o resistor elétrico Ôhmico e por meio do tamanho, quanto maior mais intenso, podemos percebê-la. Essa relação se evidencia quando comparamos a situação (a) em que a tensão é baixa, logo a corrente, em vermelho, é pequena, com a situação (b), onde aumentou-se a ddp e a corrente aumentou.

Figura 7. Simulando a 1ª Lei de Ohm.



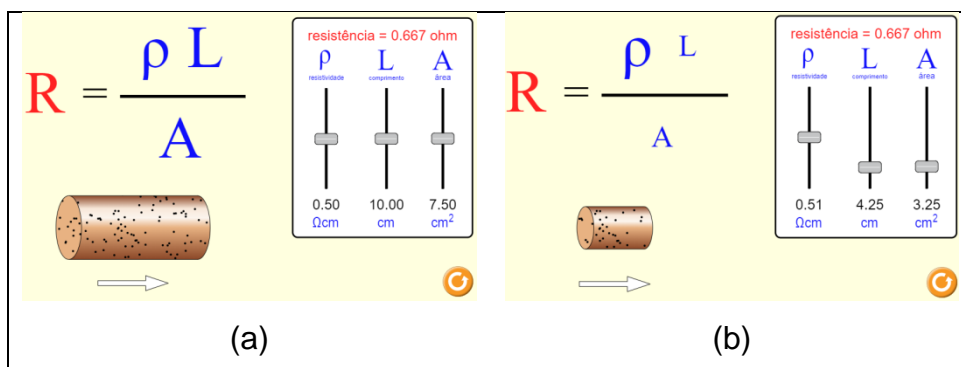
Fonte: Lei de Ohm, com montagem da autora desse projeto.

De modo similar, o simulador *Resistência em um fio*⁵ é capaz de ilustrar de forma animada as dependências entre as variáveis do resistor, como podemos ver na figura 8. Na situação inicial (a) temos a resistência \mathcal{R} em vermelho com certo tamanho, e após alterar algumas variáveis, podemos até continuar com o mesmo valor, porém foi necessário manipular todas (b).

⁴ https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_pt_BR.html

⁵ https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_pt_BR.html

Figura 8. Simulando a equação dos resistores.

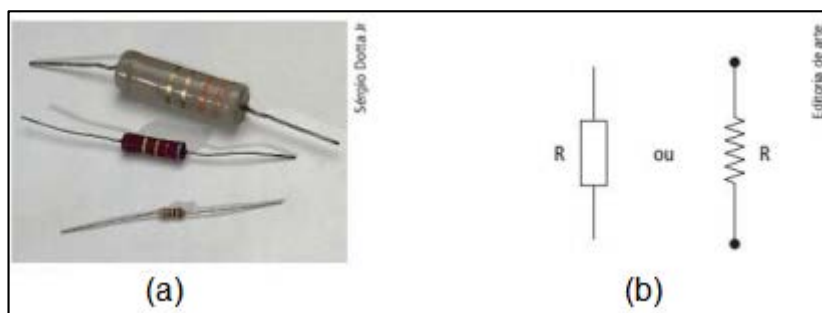


Fonte: Resistência em um fio, com montagem da autora desse projeto.

Após essa dinâmica visual, é recomendado através do quadro que o docente indique situações problemas numéricas com a finalidade de os alunos identificarem resistores ôhmicos e não-ôhmicos e suas características dimensionais. As práticas experimentais desses conceitos podem esperar o próximo conteúdo, pois através de equipamentos específicos pode-se comprovar a veracidade da lei.

Os resistores podem ser feitos de fio ou de carvão, na indústria é comum vermos placas eletrônicas com os do segundo tipo. A representação visual deles pode ser vista na figura 9, sendo reais na (a) e técnicos na (b).

Figura 9. Aparência dos resistores.



Fonte: Barreto; Xavier (2016, p.87)

3º. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE.

Conhecimentos Prévios:

- Corrente elétrica (i);
- Tensão elétrica (V);
- Circuito elétrico;
- Lei de Ohm;
- Resistência elétrica.

Recursos Didáticos:

- Quadro branco;
- Pincel;
- Livro didático;
- Componentes elétricos: fios, fonte, lâmpadas;
- Computador com acesso à Internet;
- Projetor;
- Simulador *Kit para montar Circuito DC*.



Conceitos:

A partir do que já foi exposto, chegamos no momento em que usamos mais de uma lâmpada, mais de um resistor, e quando há mais de um equipamento desse tipo no circuito uma forma de usá-los é ligando em série, nessa modalidade, os terminais de cada resistor é ligado ao próximo até que chegue no outro terminal da fonte de ddp, como vemos na figura 10.

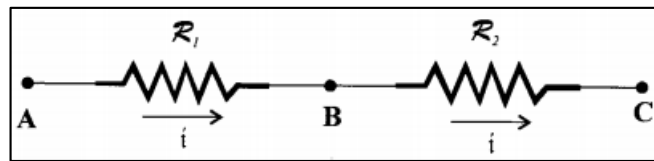
Figura 10. Imagem real de uma associação em série de resistores.



Fonte: Barreto; Xavier (2016, p.93). [modificada]

Para simplificar o desenho dos circuitos, transformamos em símbolos técnicos, como mostra a figura 11.

Figura 11. Símbolo dos resistores em série.



Fonte: Machado (2002, p.111).

A equação geral do resistor equivalente \mathcal{R} em série é dado por:

$$\mathcal{R} = \sum_{i=1}^N \mathcal{R}_i$$

E ainda, a soma da ddp em cada resistor é igual ao total da ddp fornecida ao circuito pela fonte elétrica, através da equação abaixo. Isso porque a corrente elétrica é a mesma para todos os resistores envolvidos:

$$V = \sum_{i=1}^N V_i$$

Objetivos:

- Aprender a montagem de resistores associados em série;
- Analisar o brilho das lâmpadas e a dependência entre elas.

Metodologia:

Iniciamos a aula construindo junto com os alunos alguns circuitos em série, instruindo sobre a forma correta de conexão, nesse primeiro momento é recomendado que usem correntes e tensões de baixas intensidades por segurança. Após a montagem parecida com a da figura 12, ao verem o funcionamento haverá a percepção quanto ao brilho das lâmpadas conectadas, faz-se algumas elaborações e soluções de hipóteses quanto a remoção de alguns itens.

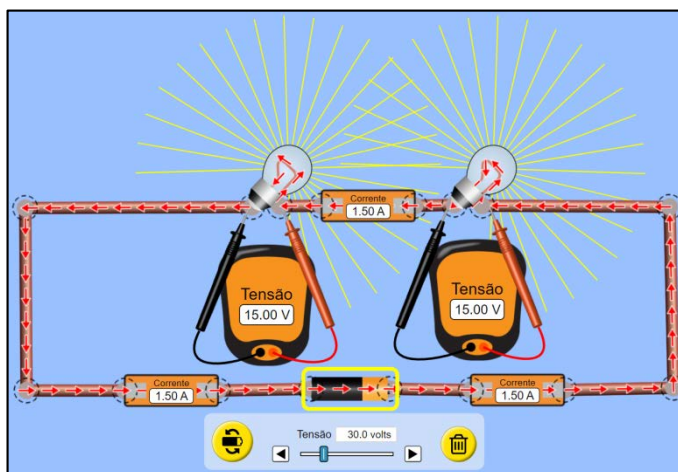
Figura 12. Experimento de associação de lâmpadas em série.



Fonte: Física animada – Associação de resistores (Lâmpadas).⁶

Em seguida, ao utilizar o simulador *Kit para montar circuito DC*, pode-se montar um circuito similar ao real para a análise do comportamento de corrente e ddp a cada lâmpada, como mostra a figura 13.

Figura 13. Simulação de associação de lâmpadas em série.



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

O programa possibilita variar o valor da tensão e da resistência de cada lâmpada, fica a critério do professor que irá montar.

⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=nj8nQcyuoQ>

4º. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO.

Conhecimentos Prévios:

- Corrente elétrica (i);
- Tensão elétrica (V);
- Circuito elétrico;
- Lei de Ohm;
- Resistência elétrica.

Recursos Didáticos:

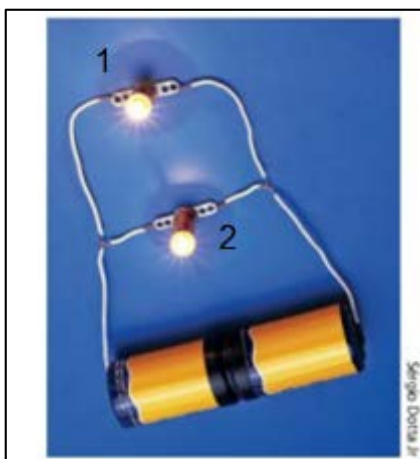
- Quadro branco;
- Pincel;
- Livro didático;
- Componentes elétricos: fios, fonte, lâmpadas;
- Computador com acesso à Internet;
- Projetor;
- Simulador *Kit para montar Circuito DC*.



Conceitos:

De modo análogo à associação de resistores em série, temos mais de um resistor conectado ao circuito, com a diferença de agora não serem ligados em sequências, e sim ligados nos mesmos pontos, como podemos ver na figura 14.

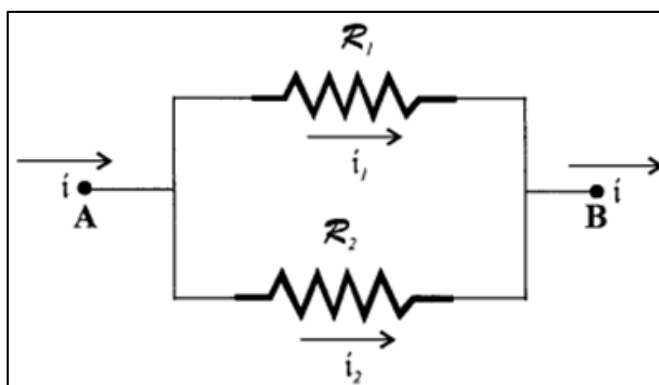
Figura 14. Imagem real de uma associação em paralelo de resistores.



Fonte: Barreto; Xavier (2016, p.94). [modificada]

Para simplificar o desenho dos circuitos, transformamos em símbolos técnicos, como mostra a figura 15.

Figura 15. Símbolo dos resistores em paralelo.



Fonte: Machado (2002, p.114). [modificada]

A equação geral do resistor equivalente \mathcal{R} em série é dado por:

$$\frac{1}{\mathcal{R}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\mathcal{R}_i}$$

E ainda, a soma da corrente em cada ramificação é igual ao total da corrente elétrica total fornecida ao circuito pela fonte elétrica, através da equação abaixo. Isso porque a tensão elétrica é a mesma para todos os resistores envolvidos:

$$i = \sum_{i=1}^N i_i$$

Objetivos:

- Aprender a montagem de resistores associados em paralelo;
- Analisar o brilho das lâmpadas e a independência entre elas.

Metodologia:

Iniciamos a aula construindo junto com os alunos alguns circuitos em paralelo, instruindo sobre a forma correta de conexão, nesse primeiro momento é recomendado que usem correntes e tensões de baixas intensidades por segurança. Após a montagem, ao verem o funcionamento haverá a percepção quanto ao brilho das lâmpadas conectadas na figura 16, fazem-se algumas elaborações e soluções de hipóteses quanto a remoção de alguns itens.

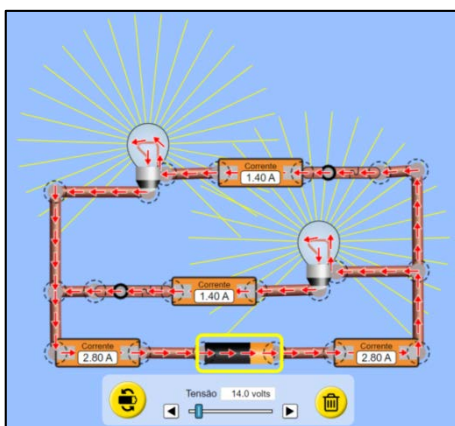
Figura 16. Experimento de associação de lâmpadas em paralelo.



Fonte: Física animada – Associação de resistores (Lâmpadas).

Em seguida, ao utilizar o simulador *Kit para montar circuito DC*, pode-se montar um circuito similar ao real para a análise do comportamento de corrente e ddp a cada lâmpada, como mostra a figura 17.

Figura 17. Simulação de associação de lâmpadas em paralelo.



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

O programa possibilita variar o valor da tensão e da resistência de cada lâmpada, fica a critério do professor que irá montar.

5º. ASSOCIAÇÃO MISTA DE RESISTORES.

Conhecimentos Prévios:

- Corrente elétrica (i);
- Tensão elétrica (V);
- Circuito elétrico;
- Lei de Ohm;
- Resistência elétrica;
- Associações em série e paralelo de resistores.

Recursos Didáticos:

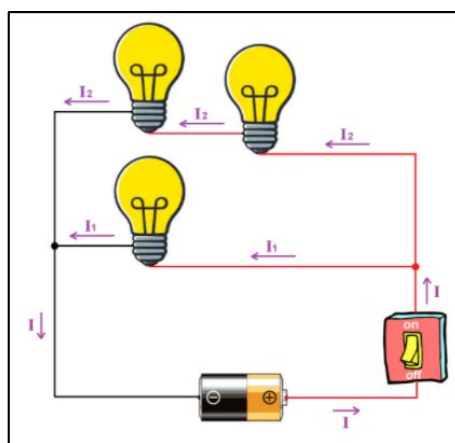
- Quadro branco;
- Pincel;
- Livro didático;
- Componentes elétricos: fios, fonte, lâmpadas;
- Computador com acesso à Internet;
- Projetor;
- Simulador *Kit para montar Circuito DC*.



Conceitos:

Unindo os conhecimentos obtidos até aqui, podemos aplicar as associações em série e paralelo, temos como exemplo a figura 18.

Figura 18. Imagem real de uma associação em paralelo de resistores.



Fonte: Você na elétrica⁷.

A solução desse tipo de circuito se dá pela simplificação a cada etapa.

⁷ <https://br.pinterest.com/pin/836754805752963889/>

Objetivos:

- Apreender a montagem de associação mista de resistores;
- Analisar o brilho das lâmpadas e a dependência ou independência entre elas.

Metodologia:

A construção de experimentos fica a cargo dos alunos, bastando instruí-los corretamente. As apresentações dos temas servem como apresentação em grupo que devem ser usadas como avaliações. Um possível resultado pode ser visto na figura 19.

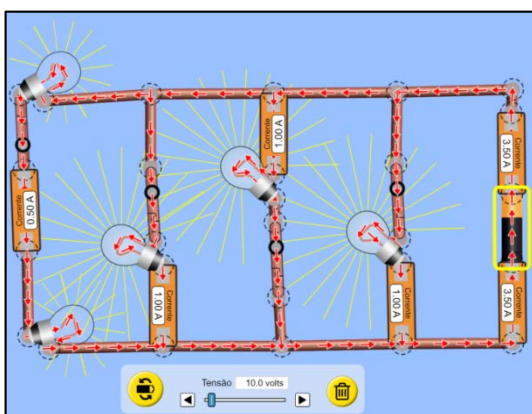
Figura 19. Simulação de associação mista de lâmpadas.



Fonte: Arte e Ciência⁸.

Em seguida, ao utilizar o simulador Kit para montar circuito DC, pode-se montar um circuito similar ao real para a análise do comportamento de corrente e ddp a cada lâmpada, como mostra a figura 20.

Figura 20. Simulação de associação mista de lâmpadas.



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=26lzCeDa9IM>

6º. CONFECÇÃO E USO DO ELETRICGAME.

Conhecimentos Prévios:

- Corrente elétrica (i);
- Tensão elétrica (V);
- Circuito elétrico;
- Lei de Ohm;
- Resistência elétrica;
- Associações em série, paralelo e mista de resistores.

Recursos Didáticos:

- Computador com acesso à Internet;
- Projetor.

Objetivos:

- Revisar todos os conceitos sobre circuitos elétricos citados na coletânea;
- Instigar, incentivar e motivar o estudo de Física a partir de um software cognitivo.

Metodologia:

Além das aulas expositivas, da prática experimental, projeção de simuladores descritos acima, para consoar com todo o exposto foi desenvolvido para a coletânea em forma de um Quiz na plataforma Scratch chamado EletricGame9 visto na figura 21. Nesse jogo cognitivo o objetivo é revisar os conceitos sobre circuitos elétricos obtidos nas aulas e atividades mostradas anteriormente.

⁹ <https://scratch.mit.edu/projects/190236675/>

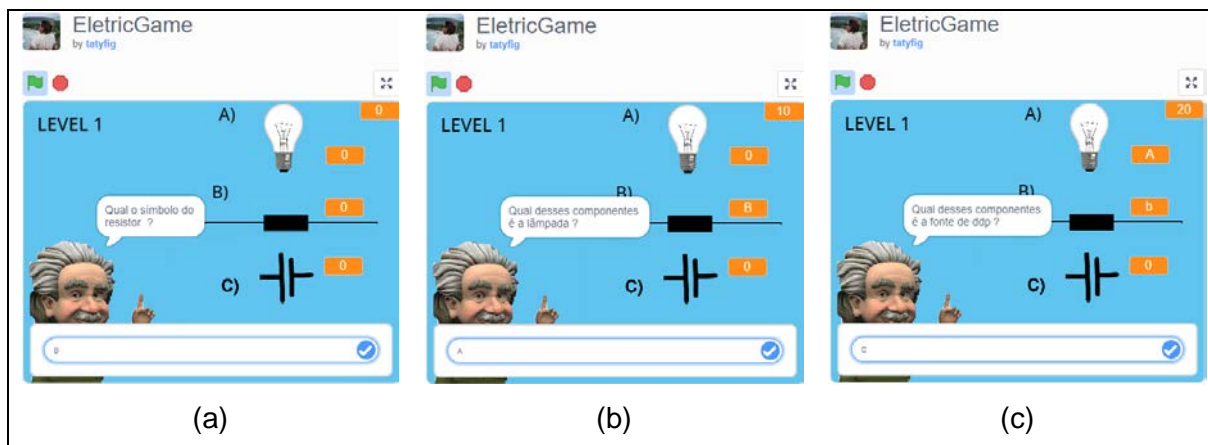
Figura 21. Página de apresentação do EletricGame.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Ao iniciar o game, o estudante é direcionado ao level 1 como é apresentada na figura 22 em que são perguntados sobre componentes elétricos, são mostrados três deles e o jogador precisa classificar um de cada vez como “símbolo do resistor” (a), “lâmpada” (b) e “fonte de ddp” (c). As respostas devem ser escritas na caixa de digitação localizada na parte de baixo através do teclado, cada acerto tem valor de 10 pontos que são contados na parte superior direita da tela.

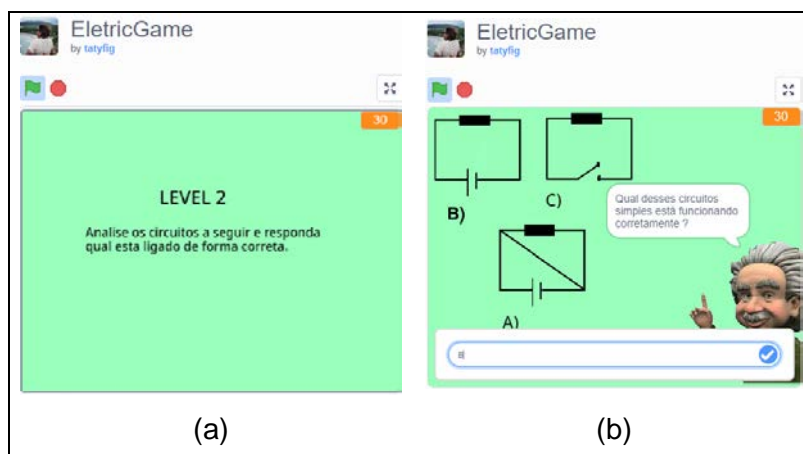
Figura 22. Level 1: Componentes elétricos.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Tendo acertado tudo, há o direcionamento ao *level 2* com sua interface mostrada na figura 23, nele o objetivo é a identificação do circuito elétrico corretamente construído (a), nas figuras mostradas o aluno precisa identificar um que possua no mínimo ddp e resistor identificados, mas que estejam conectados corretamente (b), fugindo por exemplo, do curto-circuito.

Figura 23. Level 2: Circuito elétrico simples.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Ao avançar para o *level 3*, como mostra a figura 24, o desafio é o cálculo da resistência equivalente \mathcal{R} de uma associação de resistores em série (a). Para responder corretamente a questão, o aluno deve usar a equação 11 e em seguida digitar a resposta correta na caixa inferior da tela (b).

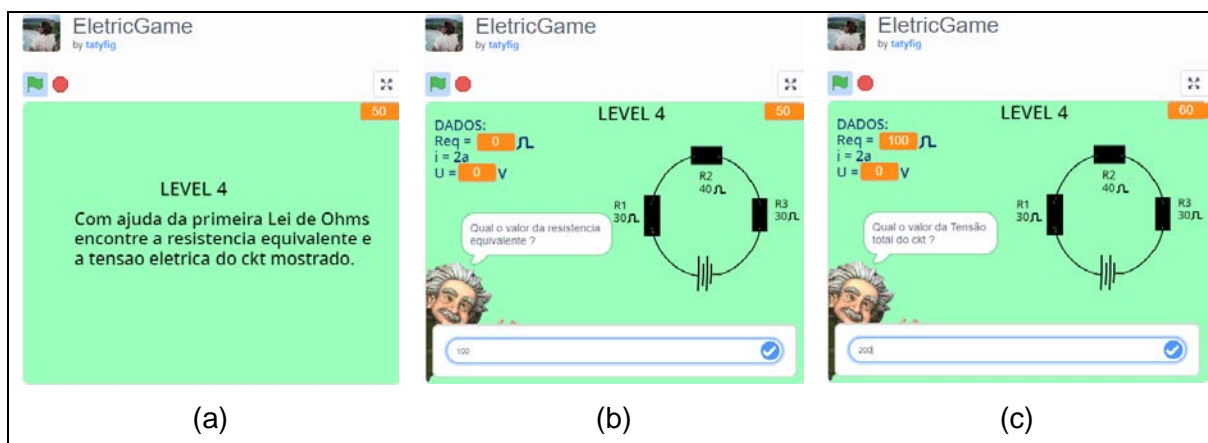
Figura 24. Level 3: Circuito elétrico com resistores em série.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Chegando ao *level 4*, ilustrado na figura 25, principal é encontrar o valor da tensão através da primeira Lei de Ohm (equação 6), porém, é necessário primeiro achar a equivalência da associação de resistores em série (a) para assim encontrar a ddp (b), cada resposta vale 10 pontos.

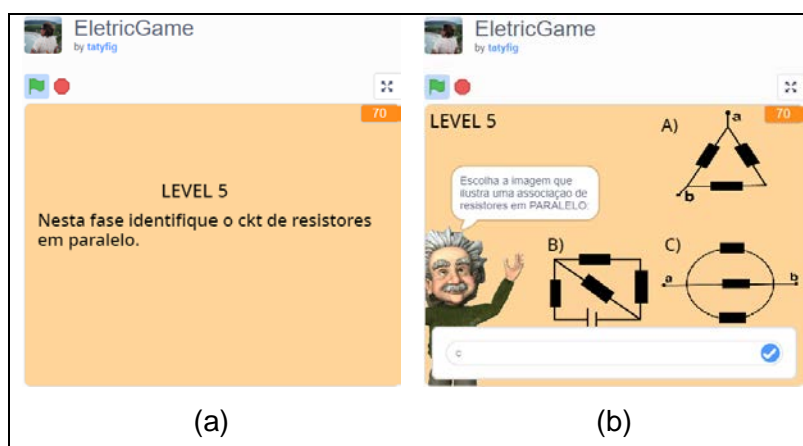
Figura 25. Level 4: Lei de Ohm em circuito associado em série.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

A necessidade de atenção por parte dos alunos faz com que o *level 5* como mostra a figura 26, seja importante, nele é pedido que os alunos identifiquem qual dos circuitos apresentados possui apenas associação em paralelo (a). Há, no entanto, alguns circuitos que podem gerar confusão e até debates sobre suas similaridades com o tema pedido (b).

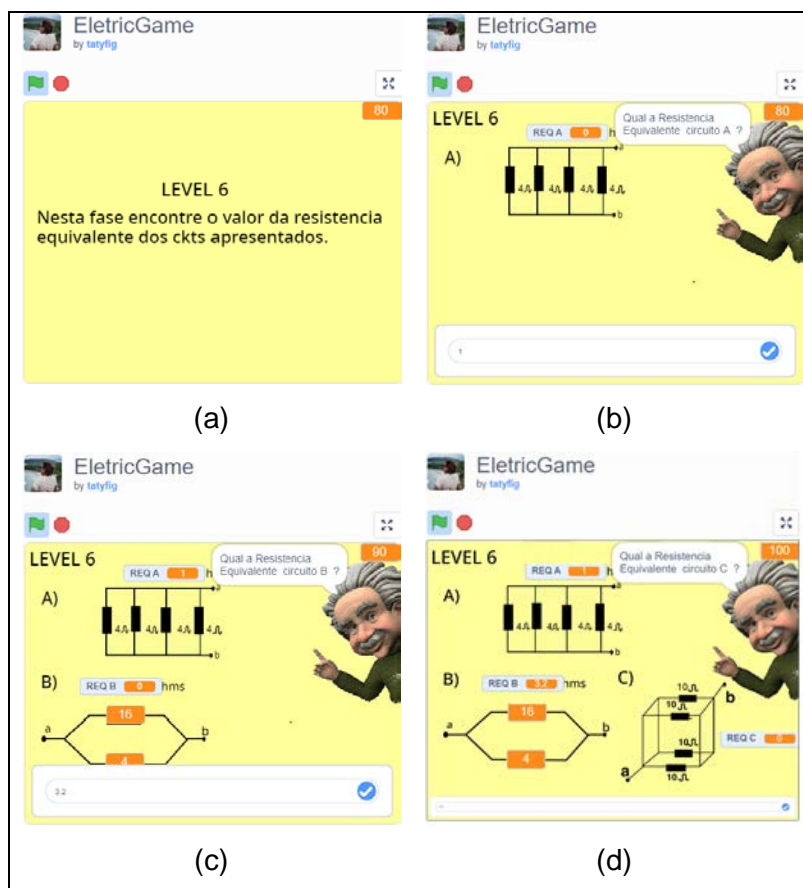
Figura 26. Level 5: Circuito com resistores associados em paralelo.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

O *level 6* visto na figura 27 exige do aluno conhecimento sobre resistor equivalente em circuitos com associação paralela (a). Para realizar a tarefa é necessária a utilização da equação 13 a cada circuito que se revela o cálculo é obrigatório, seja para todos iguais (b), apenas dois diferentes (c) e para um circuito resistivo mais elaborado (d).

Figura 27. Level 6: Resistor equivalente de associações em paralelo.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Para finalizar, temos o *level 7* que vemos na figura 28, cuja finalidade é o cálculo da resistência equivalente, identificação da corrente elétrica total e cálculo da tensão fornecida para o circuito elétrico (a). Para efetuar os três objetivos, é pedido o valor do resistor equivalente (b), por meio de dedução lógica é encontrado o valor da corrente elétrica do ramo intermediário $i_2 = 5 A$, para assim chegar ao resultado da corrente elétrica do sistema (c), e então, com os dois valores obtidos, por meio da Lei de Ohm chega-se ao valor da tensão do circuito (d).

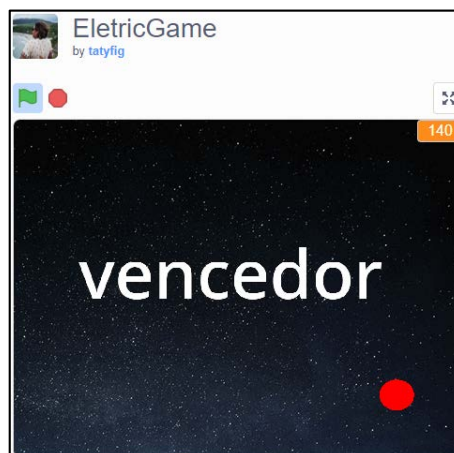
Figura 28. Level 7: Lei de Ohm em circuitos elétricos com resistores em paralelo.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Cumprindo o Quiz corretamente, finalizam-se os sete *levels* após quatorze perguntas de dez pontos cada, totalizando cento e quarenta pontos. O aluno terá a sensação de conquista ao final e a recompensa pessoal de ter compreendido os assuntos. O jogo encerra a sua proposta com uma palavra motivacional e exibe a pontuação total daquela rodada, como mostra a figura 29.

Figura 29. Level 7: Tela de encerramento do EletricGame.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa coletânea e desenvolvimento do *EletricGame* foi um desafio para estimular e inspirar docentes que almejem implementar didáticas diversificadas e dinâmicas às suas aulas, pede-se que ao aplicar parte ou a totalidade dela haja sempre o cuidado com a visão da realidade escola do educador, dos alunos, da escola, ou seja, da comunidade escolar completa.

Em nenhum momento considera-se como metodologia acabada e intocável, e muito menos apontou-se o abandono da formalização matemática desde que seja parte da aula sem ser a única metodologia aplicada. A todo o momento procurou-se o equilíbrio entre aula expositiva, experimentação e simulação. Deseja-se que a produção do jogo *EletricGame* possa inspirar as produções próprias dos docentes que assim desejarem.

REFERÊNCIAS

BARRETO, Benigno; XAVIER, Claudio. Física Aula por Aula: Eletromagnetismo, Física Moderna, 3º ano. 3.ed. **Editora FTD**. São Paulo. 2016.

HEWITT, Paul G. Física Conceitual [recurso eletrônico] / Paul G. Hewitt; tradução: Trieste Freire Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.

MACHADO, Kleber Daum. Teoria do Eletromagnetismo. **Editora UEPG**. v.il. Ponta Grossa. 2002.

Associação mista de resistores: paralelo e série. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=26IzCeDa9IM>. Acesso em 12 de Março de 2019.

Circuito elétrico: o que é, quais os tipos e para que serve!. Disponível em: <https://blog.multcomercial.com.br/circuito-eletrico-tudo-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em 23 de Março de 2019.

COLLER, Marcos. Física Animada – Associação de Resistores (Lâmpadas). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=nj8nQcyuoQ>. Acesso em: 20 de Fevereiro de 2019.

FIGUEIREDO, Tatiane. EletricGame. Disponível em: <https://scratch.mit.edu/projects/190236675/>. Acesso em 10 de Julho de 2019.

Lei de Ohm: Tensão, corrente e resistência. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/lei-de-ohm/>. Acesso em 10 de Marco de 2019.

O que é circuito elétrico misto. Você na Elétrica. Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/836754805752963889/>. Acesso em 10 de Março de 2019.

PHET. KIT para Motar Circuito DC. Disponível em; https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_pt_BR.html. Acesso em 05 de Março de 2019.

PHET. Lei de Ohm. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_pt_BR.html. Acesso em 05 de Março de 2019.

Resistência de um Fio. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_pt_BR.html. Acesso em 15 de Março de 2019.