

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS CAICÓ

PABLO GORGONHO DE MEDEIROS

**UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO SOBRE O CONCEITO DE CONSERVAÇÃO
DE CORRENTE ELÉTRICA**

CAICÓ/RN
2022

PABLO GORGONHO DE MEDEIROS

**UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO SOBRE O CONCEITO DE CONSERVAÇÃO
DE CORRENTE ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como parte dos requisitos para obtenção do título Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Alcindo Mariano de Souza

Medeiros, Pablo Gorgonho.

M488p Uma proposta de intervenção sobre o conceito de conservação de corrente elétrica. – 2022.

66 f: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Caicó, 2022.

Orientador: Dr. Alcindo Mariano de Souza.

1. Corrente Elétrica. 2. Aprendizagem. 3. Simulador. I. Souza, Alcindo Mariano de. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. III. Título.

CDU 53

PABLO GORGONHO DE MEDEIROS

**UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO SOBRE O CONCEITO DE CONSERVAÇÃO
DE CORRENTE ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Licenciatura em
Física do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Rio Grande do
Norte, em cumprimento às exigências
legais como parte dos requisitos para
obtenção do título de Licenciado em
Física

Aprovado em: ___/___/___

Banca Examinadora

Prof. Dr. Alcindo Mariano de Souza – Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Me. Rhodriggo Mendes Virginio - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Me. Ricardo Rodrigues da Silva - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dedico este trabalho aos meus pais por todo o apoio dado à minha formação acadêmica e à minha namorada por ter me acompanhado durante esses 4 anos e tornado essa caminhada menos árdua e mais aprazível.

AGRADECIMENTOS

Exteriorizo aqui meus sinceros sentimentos de gratidão, em ordem alfabética, aos professores Cícero Elias, João Neto, José Carlos, Larissa Fernanda, Luciane Soares, Rhodriggo Mendes e Ricardo Rodrigues pelas grandes contribuições dadas à minha formação acadêmica.

Ademais, explico um agradecimento especial ao professor Thiago Sobral por ter se tornado fonte de inspiração pessoal e profissional para mim e pela prontidão com a qual me atendeu durante esses 4 anos de convivência.

Por fim, quero agradecer, também de forma especial, ao professor Alcindo Mariano pela brilhante orientação e imensa ajuda dada a esse trabalho. Indubitavelmente, sem seu auxílio, este material não teria a mesma qualidade.

RESUMO

Considerando o consenso entre pesquisadores construtivistas que o ensino focado nas concepções alternativas dos estudantes é fundamental no processo de aprendizagem e que as simulações interativas na forma de modelagens computacionais são ferramentas úteis para tornar os alunos protagonistas do seu processo de aprendizagem, elaborou-se uma proposta de intervenção sobre a conservação da corrente elétrica em circuitos simples com base no modelo de perfil conceitual, utilizando o software livre Physics Education Technology (PHET) para ser aplicada no Ensino Médio. Para tanto, foi necessário identificar em pesquisas as principais concepções alternativas associadas à conservação da corrente elétrica, definir o software de simulação mais adequado à proposta dentre as simulações disponíveis no sítio do PHET, elaborar um roteiro para uso do software com situações-problema e um plano de aula específico para a atividade de intervenção. Realiza-se, então, uma pesquisa propositiva, descritiva e bibliográfica. Diante disso, verificou-se que a elaboração de uma proposta de intervenção como a mostrada nesse trabalho é possível desde que se escolha com base no referencial teórico os critérios e o simulador a ser utilizado e nesta perspectiva um roteiro e um plano de aula com objetivos previamente estabelecidos.

Palavras-chave: Concepções alternativas; Simuladores; Perfil conceitual.

ABSTRACT

Considering that there is a consensus among constructivist researchers that teaching focused on students' alternative conceptions is fundamental in the learning process. Furthermore, considering that interactive simulations in the form of computer modeling are useful tools to make students protagonists of their learning process, an intervention proposal was made on the conservation of electric current in simple circuits based on the model of conceptual profile, using the free software Physics Education Technology (PHET) to be applied in High School. Therefore, it was necessary to identify in research the main alternative conceptions associated with the conservation of electric current, define the most appropriate simulation software for the proposal among the simulations available on the PHET website, elaborate a script for using the software with problem situations and a specific lesson plan for the intervention activity. A propositional, descriptive and bibliographic research is then carried out. In view of this, it was found that the elaboration of an intervention proposal like the one shown in this work is possible as long as the simulator to be used is chosen with good criteria and provided that a script and a lesson plan are elaborated with previously established objectives.

Keywords: Alternative conceptions; Simulators; Conceptual profile.

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Comparação entre as concepções alternativas e científicas..... | 19 |
|---|----|

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Movimento aleatório de um elétron livre em um fio metálico | 23 |
| Figura 2 - Corrente elétrica percorrendo 3 secções de um fio..... | 25 |
| Figura 3 - Experimento de Ampère com bússolas sobre uma pilha e sobre o fio..... | 26 |
| Figura 4 - Perfil epistemológico do conceito de massa em Bachelard | 30 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PHET: Physics Education Technology

TDIC: Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS | 15 |
| 2.1 Características | 15 |
| 2.2 Origem | 16 |
| 2.3 Concepções alternativas em eletrodinâmica | 17 |
| 2.4 Conservação de corrente elétrica | 20 |
| 2.5 Aprendizagem significativa | 26 |
| 2.6 Papel das concepções alternativas no ensino-aprendizagem | 27 |
| 2.6.1 Perfil Epistemológico | 29 |
| 2.6.2 Perfil conceitual | 32 |
| 3 USO DE SIMULADORES NO ENSINO DE FÍSICA | 36 |
| 4 METODOLOGIA | 42 |
| REFERÊNCIAS..... | 45 |
| APÊNDICE A – Roteiro semiestruturado..... | 50 |
| APÊNDICE B – Plano de aula | 59 |

1 INTRODUÇÃO

Concepções alternativas são vistas como a compreensão que estudantes possuem sobre os fenômenos naturais e que diferem das concepções aceitas pelas comunidades científicas e acadêmicas (GRAVINA e BUCHWEITZ, 1994; ANDRADE et al., 2018). Muitas dessas concepções são construídas durante a vida do aluno em seu cotidiano e persistem, apesar de terem tido contato com concepções científicas durante o ensino formal (MORTIMER, 1996; MOREIRA e GRECA, 2003). Algumas das concepções alternativas podem ser inclusive reforçadas ou criadas dentro da escola.

Há o consenso entre os pesquisadores construtivistas de que as concepções alternativas desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem (MORTIMER, 1996; POZZO, CRESPO, 1998; MOREIRA e GRECA, 2003; ANDRADE et al., 2018). Sendo importante que o professor conheça essas concepções e possa usá-las para que o aluno tenha a possibilidade de desenvolver uma aprendizagem significativa com relação ao conhecimento científico adequado.

Contudo, o uso das concepções alternativas sugere algumas ações baseadas em modelos conceituais. Um desses modelos, conhecido como perfil conceitual, consiste na construção do conceito científico partindo dos conhecimentos do aluno sobre o assunto, contudo reconhecendo que não há substituição das concepções alternativas (MORTIMER, 1996). Estas e as científicas coexistem, criando diferentes zonas de perfil conceitual que podem ser úteis ao aluno ou ao cidadão em contextos sociais diferentes.

A maioria das pesquisas sobre as concepções alternativas concentram-se em sua identificação e com processos de intervenção baseados na mudança conceitual. A aplicação de propostas de intervenção baseadas no perfil conceitual são minoria e ainda muito insipientes. Dentro da revisão bibliográfica feita nesta pesquisa, foram identificados 36 artigos na Revista Brasileira em Ensino de Física sobre concepções alternativas entre os anos 2010 e 2022. Deste total, apenas 3 abordavam de alguma perspectiva o modelo de perfil conceitual, nenhum deles como proposta de intervenção. Ressaltando a importância de propostas como a que é apresentada nesta monografia.

Nesta pesquisa, optou-se pelo aprofundamento de algumas concepções alternativas em eletrodinâmica. Segundo Gravina & Buchweitz (1994), Silveira (2011), Macedo, Dickman, Andrade (2012), Andrade et al. (2018) essas concepções são resistentes à metodologia tradicional, com a aprendizagem centrada em equações e representações estáticas de circuitos simples. Inclusive aquelas que envolvem o consumo de corrente elétrica, exemplificado em circuitos simples com lâmpadas.

Na construção do conceito científico adequado, além da importância das concepções alternativas, os alunos devem ser protagonistas do processo. Nessa perspectiva, uma aprendizagem centrada no aluno é fundamental, tendo o professor como mediador do processo. Uma das possibilidades que permitem uma ação mais focada nos alunos consiste no processo de investigação baseado em experimentos ou simulações interativas na forma de modelagens computacionais. Estas são utilizadas em diversas pesquisas na possibilidade de auxiliar a construção e compreensão dos conceitos científicos (MEDEIRO & MEDEIROS, 2002; MECEDO, DICKMAN, ANDRADE, 2012; CARRARO E PEREIRA, 2014).

Portanto, essa pesquisa destaca a relevância da elaboração de uma proposta de intervenção com base em concepções alternativas e no perfil conceitual por meio da aplicação de uma simulação interativa virtual na construção de conceitos científicos adequados. Assim, indaga-se: Como construir uma proposta de intervenção com base no modelo de perfil conceitual sobre a conservação da corrente elétrica em uma simulação virtual de um circuito simples?

Então, o objetivo geral da presente pesquisa é elaborar uma proposta de intervenção sobre a conservação da corrente elétrica em circuitos simples com base no modelo de perfil conceitual, utilizando o software livre *Physics Education Technology* (PHET) para ser aplicada no Ensino Médio.

Para tanto, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- Identificar em pesquisas as principais concepções alternativas associadas à conservação da corrente elétrica;
- definir o aplicativo de simulação mais adequado à proposta dentre as simulações disponíveis no sítio do PHET;
- elaborar roteiro para uso do aplicativo como base em situações problema;
- elaborar plano de aula específico para a atividade de intervenção.

No primeiro capítulo deste trabalho, faz-se uma breve fundamentação teórica sobre as concepções alternativas, destacando-se algumas em eletrodinâmica, inclusive aquela referente ao consumo de corrente elétrica. Também se faz uma explanação sobre o conceito de aprendizagem significativa e aborda-se o conceito de conservação de corrente elétrica. Já no segundo capítulo, realiza-se um levantamento das bases teóricas acerca do uso de um simulador virtual no ensino de física, destacando seus benefícios para a aprendizagem de conceitos científicos, bem como eventuais críticas ao mau uso em sala de aula desse recurso didático. Ao final, apresentam-se as conclusões sobre os objetivos desta pesquisa.

2 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

No âmbito da educação, tem-se dado bastante atenção às ideias prévias que os alunos trazem consigo sobre os mais diversos conceitos científicos, apesar de nunca terem tido contato com esses conceitos no ensino formal. Segundo Pozo e Crespo (2009) os estudantes chegam às salas de aula com crenças socialmente induzidas acerca de vários fenômenos e fatos científicos. Na maioria dos casos, essas ideias não estão em acordo com o que é estabelecido pela ciência.

Na literatura científica, é possível encontrar muitas denominações para essas ideias, como concepções alternativas, concepções espontâneas, ideias equivocadas, concepções prévias, erros conceituais, misconceptions, misunderstandings, children's science, entre outras. Neste trabalho, será utilizado o termo concepções alternativas, pois conforme Zylbersztajn (1983, p.4) "[...] nota-se uma tendência entre pesquisadores em usar expressões com uma conotação negativa menos acentuada [...]".

São consideradas concepções alternativas as ideias que possuem, segundo Silveira, Moreira e Axt (1989, p.1) “[...] significados contextualmente errôneos, não compartilhados pela comunidade científica” ou, conforme Silveira (2011, p. 1), quando têm “[...] significados inadequados, em conflito com o conhecimento aceito pela comunidade científica”. A ideia de senso comum também permeia as concepções alternativas que, embora não sejam aceitas cientificamente, atendem bem à compreensão do mundo feita pelos alunos em seu cotidiano.

Embora, à primeira vista, possam parecer inofensivas, concepções alternativas acerca de um assunto, segundo Zara e Weizenmann (2020), geram problemas no ensino de conceitos físicos, uma vez que os fenômenos observados pelo aluno nem sempre convergem para os modelos científicos aceitos na atualidade. Assim nos processos de aprendizagem é importante conhecer de forma um pouco mais aprofundada as concepções alternativas, suas características, origens e formas.

2.1 Características

De modo geral, concepções alternativas possuem determinadas características, como, por exemplo, a persistência, já amplamente evidenciada em

inúmeras pesquisas e estudos como os de Solbes e Palomar (2013), Barroso, Rubini e Silva (2018), Doménech e Martínez-torregrosa (2010), publicados na Revista Brasileira de Ensino de Física. Nesse ponto, Pozo e Crespo (2009) afirmam que essas concepções são bastante persistentes (mantêm-se apesar de vários anos de instrução formal), generalizadas (estão presentes em indivíduos de várias culturas, idades e patamares educacionais), de caráter mais implícito do que explícito (os estudantes as usam, porém muitas vezes não conseguem verbalizá-las), relativamente coerentes (pois o estudante as usa ao confrontar diversas situações do cotidiano) e, às vezes, possuem bastante similaridade com concepções já superadas pela história das disciplinas científicas.

Ainda relativo às características das concepções alternativas, Viennot (1979) e Zylbersztajn (1983) comentam que estudos feitos sobre essa temática mostraram que as ideias alternativas de crianças e adolescentes possuem caráter pessoal, fortemente influenciadas pelo problema e muito estáveis e resistentes a alterações, podendo ser encontradas mesmo entre alunos de nível superior como pode ser visto nos trabalhos de Guisasola, Almudí e Zuza (2010), Nelson (2012), Monteiro e Martins (2015) e Pantoja e Moreira (2020).

2.2 Origem

Quanto às origens dessas concepções, Pozo et al. (1991) e Russell (1993) afirmam que as regularidades que existem no mundo sensorial do aluno constituem a primeira e mais sistemática fonte de concepções alternativas sobre o mundo. Outras origens são de cunho cultural, pois muitas concepções são formadas nos jogos de linguagem pertencentes a cada cultura.

As concepções alternativas também podem surgir ou serem reforçadas nas próprias salas de aula, têm uma origem escolar na utilização mais ou menos acertada de metáforas e modelos que acabam sendo incutidas no pensamento dos alunos, ou seja, a escola, em alguns casos ao invés de auxiliar na construção do saber cultural ligado ao conhecimento científico, acaba contribuindo com ideias confusas e na criação ou reforço das concepções alternativas.

Já Pozo e Crespo (2009) dão a entender que uma das fontes de concepções alternativas está na desconexão entre o conhecimento que os estudantes produzem para tentar entender o mundo que os cerca - um mundo de

objetos e pessoas - e o conhecimento científico, impregnado de estranhos símbolos e conceitos abstratos referentes a um mundo mais imaginário que real. Outra fonte de concepções alternativas que merece destaque são os próprios livros didáticos usados pelos alunos, conforme menciona Lima (2018).

Em resumo, nota-se que pelas vias escolar, cultural e sensorial os estudantes vão obtendo uma considerável bagagem de concepções alternativas fortemente enraizadas que, embora possuam caráter diferente, interagem e se misturam, fazendo surgir esse conhecimento intuitivo o qual não é fácil de modificar nas salas de aula, mesmo usando estratégias projetadas exclusivamente para isso. Portanto, diante de suas origens, percebe-se que as concepções alternativas, as quais os estudantes mantêm ao se depararem com os mais diversos conceitos e fenômenos científicos, não são algo arbitrário ou casual, não são produto de um erro, de algo irregular ou defeito de sua cognição, mas sim o resultado de um aprendizado que muitas vezes é informal ou implícito, cujo objetivo consiste em criar regularidades no mundo, de forma a torná-lo mais previsível e controlável. (POZO; CRESPO, 2009).

2.3 Concepções alternativas em eletrodinâmica

Assim como em todas as áreas do conhecimento humano e da física, a eletrodinâmica também gera inúmeras concepções alternativas nos alunos, como sugere Silveira, Moreira e Axt (1989) ao afirmarem que muitos estudantes acreditam que a corrente elétrica é consumida ao passar pelos elementos do circuito, que a corrente é uma propriedade da fonte, que a fonte armazena carga elétrica e que esta carga vai sendo gasta durante o funcionamento do circuito. Além disso, afirmam que, para esses estudantes, a corrente elétrica flui sempre em uma mesma direção diminuindo de intensidade gradualmente cada vez que passa por um componente resistivo, de modo que cada componente recebe menos corrente do que o anterior. Por fim, enfatizam que os alunos têm uma tendência a pensarem localmente, isto é, utilizam um modelo no qual o circuito não é percebido como um sistema em que uma perturbação em certo ponto provoca uma modificação global, ou seja, uma alteração no circuito como um todo.

Dentre as concepções alternativas em eletrodinâmica, as mais recorrentes podem ser agrupadas em 4 categorias ou modelos diferentes, conforme menciona Andrade et al. (2018, p. 2):

- a) Modelo I – A corrente elétrica é emitida pela fonte (bateria, pilha ou gerador) a partir de um dos polos e é consumida durante sua passagem no circuito, de modo que sua intensidade diminui ao ultrapassar algum elemento do circuito;
- b) Modelo II – Correntes elétricas deixam a fonte a partir de ambos os polos, sendo usadas quando se encontram nos elementos do circuito;
- c) Modelo III – A intensidade da corrente é determinada pelo elemento através do qual ela está passando. Ela não pode ser influenciada por um elemento onde ainda não passou. Ou seja, a corrente é vista como algo que atravessa o circuito ponto a ponto, afetando cada elemento no momento que o atinge. Assim, uma mudança em um ponto do circuito não afeta o comportamento do circuito nos pontos anteriores;
- d) Modelo IV – A corrente é uma propriedade exclusiva do gerador. Ela é independente dos demais elementos do circuito.

Destes modelos, cabe ressaltar o Modelo I, também denominado de modelo não conservativo pelo fato de os alunos imaginarem a corrente elétrica como algo que vai sendo consumido em cada um dos vários componentes do circuito de tal maneira que os últimos elementos recebem menos corrente elétrica (ou brilham menos quando estes elementos são lâmpadas). De acordo com Andrade et al. (2018), é provável que essa concepção seja proveniente da ideia de consumo de energia em nosso dia a dia, dessa forma é necessário, então, mostrar para os alunos a diferença entre corrente elétrica e energia. Essa concepção também pode ser proveniente do fato de os estudantes terem, segundo Silveira, Moreira e Axt (1989, p.1), “[...] uma tendência a considerar corrente elétrica como uma noção primária com características de energia e de substância: ela pode ser consumida e apresenta propriedades de um fluido material”.

Outro aspecto que merece destaque reside no fato de que as concepções alternativas sobre determinado conceito não aparecem de forma isolada, elas aparecem de forma associada. Por exemplo, quando o aluno é diagnosticado com concepções presentes no Modelo I e no raciocínio sequencial, ele tende a analisar o circuito em termos do “antes e “depois”, imaginando que a corrente elétrica sofre influência de um elemento somente ao atingi-lo. Outro exemplo ocorre quando o estudante tem a concepção de que a bateria é uma fonte de corrente constante, ao pensar dessa maneira, ele automaticamente usa como base outras concepções

alternativas, tais como a do raciocínio local e a do raciocínio sequencial. (ANDRADE et al., 2018).

Para cada concepção alternativa em eletrodinâmica, existe sempre uma concepção científica adequada. Para ilustrar isso, Silveira (2011) elaborou um quadro comparativo no qual as concepções alternativas em eletrodinâmica mais recorrentes são mostradas lado a lado com suas respectivas concepções científicas, conforme pode ser visto no Quadro 1.

Com relação às origens das concepções alternativas em eletrodinâmica, Härtel (1982) comenta que alguns estudos têm demonstrado que a maneira como o assunto é abordado em determinados livros didáticos de ensino médio pode originar muitas concepções alternativas em eletrodinâmica identificadas nos mais variados testes mencionados na literatura. Já Stocklmayer e Treagust (1996) e Pozo e Crespo (2009) mencionam que uma das origens está na analogia feita por professores e presente nos livros didáticos comparando corrente elétrica e fluxo de água, uma vez que essa analogia pode ensejar o aparecimento de uma noção equivocada de que os portadores de carga se movimentam de um polo a outro da pilha ou bateria. Esses dois últimos autores têm a sensação de que ainda não foi encontrada uma linguagem, analogia ou metáfora apropriadas para fazer a transposição didática do que é entendido cientificamente por corrente elétrica e que a abordagem dos livros didáticos feita a partir da análise de circuitos elétricos simples, como, por exemplo, uma pilha ou bateria ligada a uma lâmpada ou um resistor pode transmitir noções equivocadas aos alunos.

Quadro 1 - Comparação entre as concepções alternativas e científicas

| Concepções sobre corrente elétrica em circuitos simples de corrente contínua | |
|---|---|
| Alternativas | Científicas |
| 1. A corrente é uma forma de fluido produzido pela fonte ou gerador. A fonte é um depósito deste fluido, liberando-o para o circuito. A fonte produz ou armazena cargas para fornecê-las ao circuito. | 1. A corrente elétrica é o movimento "ordenado" das cargas livres que preexistem nos condutores. A fonte é responsável pelo campo elétrico que, exercido internamente aos condutores do circuito, coloca as cargas livres nos condutores em movimento "ordenado". A fonte não produz ou armazena cargas; a fonte libera energia para produzir o movimento "ordenado" das cargas livres que sempre existem nas diversas partes do circuito. |
| 2. A corrente que "sai", que é "emitida" pela fonte (gerador) é uma | 2 A intensidade da corrente produzida pela fonte não depende apenas da fonte. A parte do circuito externa à fonte também influencia a intensidade da corrente |

| | |
|---|---|
| propriedade exclusiva desta, não sendo afetada pelos demais elementos do circuito. | na fonte. A mesma fonte pode produzir correntes elétricas com intensidades diferentes, dependendo do que foi conectado entre seus terminais. |
| 3. A corrente “desgasta-se”, “dissipa-se” ao passar por “obstáculos” no circuito (lâmpadas, resistores etc.), podendo até ser extinta caso passe por muitos “obstáculos”. Conforme a corrente vai “passando” pelos “obstáculos”, vai se tomando mais fraca. | 3 A corrente conserva-se espacialmente. Não importando quantos elementos existam associados em série, a intensidade da corrente é a mesma em todos eles. Para que a intensidade da corrente elétrica seja diferente em regiões diversas de um circuito, deve existir um ou mais nodos ou divisores de corrente (associações em paralelo) entre essas regiões. Quando isto ocorre, a corrente se divide, porém a soma das intensidades da corrente nas diversas partes é necessariamente igual à corrente total. |
| 4. A intensidade da corrente elétrica é determinada pelo local em que ela “está passando” e pelos locais onde já “passou”. Ela não pode ser influenciada pelos elementos onde ainda “não passou”. | 4. A intensidade da corrente elétrica em uma região do circuito depende de todo o circuito. O circuito é um sistema, isto é, modificando-se uma parte do circuito, altera-se a corrente em outras partes. Somente em situações muito especiais e idealizadas é possível alterar a intensidade da corrente elétrica em uma parte de um circuito sem alterar a intensidade em outras partes. |

Fonte: Silveira (2011).

2.4 Conservação de corrente elétrica

Para se entender a ideia de conservação de corrente elétrica, é necessário primeiramente compreender o conceito de conservação de carga elétrica e a noção de corrente elétrica.

Segundo Hewitt (2015), o princípio da conservação da carga elétrica é um dos alicerces da física, equiparando-se a nível de relevância com os princípios da conservação da energia e do momento linear. Em suma, esse princípio diz que não há criação nem destruição de elétrons durante a eletrização de corpos. Sears et al. (2009, p.4), resume esse princípio afirmando que “a soma algébrica de todas as cargas elétricas existentes em um sistema isolado permanece sempre constante”. Já Halliday, Resnick e Walker (2012) ilustra esse princípio com um experimento em que ocorre a fricção de um bastão de vidro com um pano de seda. Ao final do processo ocorre transferência de elétrons do bastão para a seda, tornando o bastão carregado positivamente e a seda carregada negativamente. Após esse processo, realizou-se medidas da quantidade de carga elétrica presente na seda e no bastão de vidro, constatando-se a mesma quantidade de carga em ambos os objetos. Portanto, o procedimento não produz cargas, simplesmente as transfere de um objeto para

outro. Cabe ressaltar que esse princípio foi proposto inicialmente por Benjamin Franklin e comprovado de forma exaustiva tanto com materiais macroscópicos quanto com partículas microscópicas como elétrons e núcleos, não tendo sido encontrada até hoje nenhuma exceção. Dessa forma, é possível incorporar a carga elétrica à lista de outras grandezas que obedecem a leis de conservação como o momento angular, linear e a energia.

Outro exemplo de conservação da carga elétrica é visto nas interações que envolvem grandes quantidades de energia, nas quais partículas são criadas e destruídas, como por exemplo no processo de criação do par elétron-pósitron. Durante esse processo, a carga elétrica do sistema permanece constante, pois os raios gamas que originam o par elétron-pósitron não possuem carga e a carga líquida do par é zero (SEARS et al., 2009). Já no processo inverso, denominado de aniquilação, um elétron e sua antipartícula, o pósitron, se transformam em raios gama, preservando o valor da carga elétrica do sistema. Outro exemplo de conservação de carga elétrica é o decaimento radioativo, no qual núcleos atômicos se transformam em núcleos diferentes, porém a carga elétrica do sistema é preservada por meio da liberação de partículas α , β ou radiação γ . (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012)

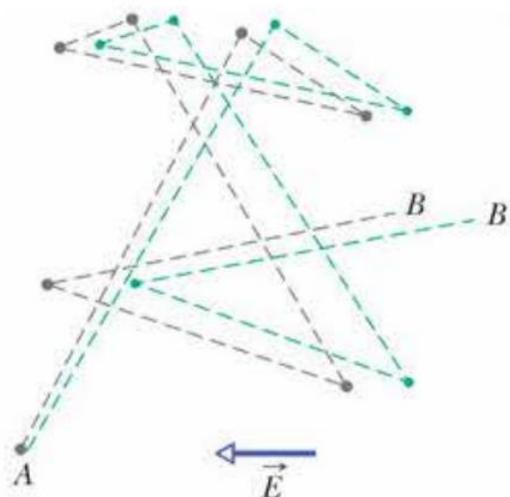
Apesar de o princípio da conservação da carga elétrica ser consenso no meio científico, a explicação de o elétron e o próton, apesar de serem duas partículas tão diferentes, possuírem valores absolutos iguais de carga ainda não foi respondido pela física. (HEWITT, 2015)

Adentrando-se agora no conceito de corrente elétrica, Hewitt (2015, p.431), de forma resumida, diz que “a corrente elétrica é o fluxo de carga, posta em movimento por uma voltagem e dificultada pela resistência”. Já Sears et al. (2009, p.135), afirma que “uma corrente elétrica é o movimento de cargas de uma região para outra. Quando esse movimento ocorre ao longo de uma trajetória que forma um circuito fechado, a trajetória denomina-se circuito elétrico”. No entanto, segundo Halliday, Resnick e Walker (2012), apesar do movimento de cargas representar uma corrente elétrica, nem todas as cargas que se deslocam criam corrente elétrica. Para haver corrente elétrica, é necessário existir um fluxo líquido dessas cargas passando por determinada superfície. O seguinte exemplo ilustra essa ideia de fluxo líquido: Em um fio de cobre existem elétrons livres, também chamados de elétrons de condução, que se deslocam de forma aleatória em várias direções com uma

velocidade da ordem de 10^6 m/s. Ao traçarmos um plano imaginário sobre o fio de cobre, os elétrons de condução passarão através desse plano bilhões de vezes a cada segundo, no entanto não existe um fluxo líquido de cargas, pois os elétrons que atravessam o plano de um lado são compensados pelos elétrons que passam pelo plano do lado oposto, resultando em uma corrente nula. Porém, ligando-se as pontas do fio de cobre a uma bateria gerando e mantendo um campo elétrico, a quantidade de elétrons que passa por um lado do plano imaginário torna-se maior que a quantidade que o atravessa pelo lado oposto; conseqüentemente, há um fluxo líquido em uma das direções e, dessa forma, uma corrente elétrica é percebida no fio.

Sob o efeito desse campo, os elétrons livres do fio metálico alteram de forma sutil seus deslocamentos aleatórios, passando a ter um pequeno deslocamento adicional no sentido oposto ao do campo elétrico, porém ainda continuam com seus movimentos caóticos. Esse pequeno deslocamento adicional dos elétrons provocado pelo campo é o que produz a velocidade de deriva que, em fios metálicos, é da ordem de 5×10^{-1} m/s, sendo muito menor que a velocidade efetiva dos elétrons de aproximadamente $1,6 \times 10^6$ m/s. Essa situação é ilustrada na figura 1, onde o percurso cinza seria um possível caminho aleatório percorrido por um elétron livre sem a presença do campo elétrico, enquanto o percurso azul representaria o mesmo elétron sobre a influência do campo elétrico presente no interior do fio. Portanto, mesmo com a presença do campo elétrico, o elétron ainda continua com seu movimento aleatório, porém com uma leve velocidade de deriva para a direita. Cabe ressaltar que as alterações bruscas de direção do elétron são decorrentes de colisões com a rede cristalina do fio. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

Figura 1 - Movimento aleatório de um elétron livre em um fio metálico



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2012)

Como já visto, a velocidade de deriva dos elétrons livres é muito pequena, da ordem de alguns centímetros por segundo. Diante desse fato, surgem indagações acerca do motivo pelo qual as lâmpadas ligam praticamente instantaneamente ao se acionar o seu interruptor. Esse tipo de questionamento é bastante comum, pois muitas pessoas pensam que, em virtude da velocidade de deriva ser muito pequena, os elétrons de condução iriam demorar muito tempo até chegar à lâmpada. Porém, é preciso entender que esses elétrons estão em toda a extensão do fio e dentro das conexões das lâmpadas. Outro detalhe é o fato de que o campo elétrico que gera a velocidade de deriva é transmitido ao mesmo tempo no interior do fio e da lâmpada. Dessa forma os elétrons de condução adquirem a velocidade de deriva quase que instantaneamente, fazendo com que a lâmpada acenda rapidamente independente do tamanho do fio. Uma analogia utilizada para ilustrar essa situação é uma fila de soldados que começa a marchar ao escutar o comando do seu superior. O último soldado da fila começa a marchar praticamente no mesmo instante que o primeiro soldado enfileirado, pois o som emitido pelo comandante é percebido quase que instantaneamente por ambos os soldados (SEARS et al., 2009).

Cabe ressaltar aqui uma concepção alternativa que também é identificada como senso comum sobre a velocidade dos elétrons em um fio condutor. Muitas pessoas também entendem que os elétrons se deslocam com grande velocidade indo do interruptor ou da bateria em direção à lâmpada, fazendo com que ela acenda muito rapidamente. Em muitas aulas de física, o conceito de corrente elétrica

não é adequadamente discutido podendo reforçar algumas concepções alternativas sobre corrente elétrica, como a ideia de que o condutor é “vazio” de elétrons e que eles estão armazenados na bateria.

Ao estarem imersos em um campo elétrico, os elétrons de condução adquirem energia potencial elétrica e uma energia cinética média com base na velocidade de deriva, a qual pode ser convertida em outras formas de energia, de acordo com os equipamentos ligados ao circuito. Se o componente for uma lâmpada, a energia elétrica é convertida em energia luminosa, se for uma bateria recarregável, a energia elétrica é convertida em química e se for um resistor, a conversão é feita de energia elétrica para térmica, causando o aumento de temperatura do resistor. Neste último caso, ao atravessar o resistor, os elétrons de condução mantêm constantes suas velocidades de deriva, ou seja, sua energia cinética é preservada, havendo decréscimo apenas da sua energia potencial elétrica. Microscopicamente, essa conversão de energia elétrica para térmica ocorre em virtude das colisões entre os elétrons de condução e as moléculas do resistor, o que acarreta a elevação de temperatura do resistor. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

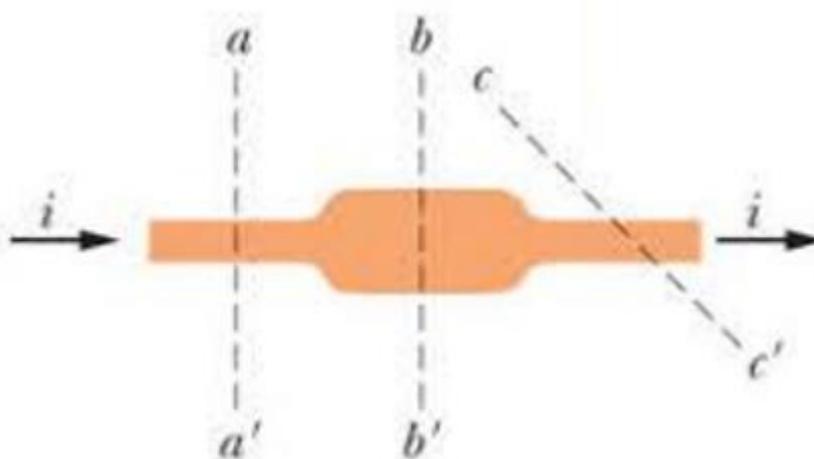
Segundo Hewitt (2015), os elétrons de condução só adquirem velocidade de deriva, se existir algo que proporcione uma diferença de potencial elétrico nas extremidades de um fio. Havendo essa diferença de potencial, as cargas fluem de uma extremidade a outra do fio. À medida que percorre equipamentos, o potencial das cargas livres diminui, bem como sua energia potencial elétrica, a qual é convertida, como já mencionado, em outras formas de energia. O fluxo líquido só cessa, caso não haja mais diferença de potencial elétrico nas extremidades do fio. Uma analogia desse processo é o caso de um material condutor cujas extremidades possuem temperaturas diferentes, havendo fluxo de energia na forma de calor da extremidade mais quente para a mais fria. Quando as extremidades adquirem temperaturas iguais, cessa-se o calor.

Ao percorrerem os filamentos de uma lâmpada, os elétrons de condução não ficam retidos na lâmpada, continuam com seu movimento de deriva pelo circuito. A todo instante, existem elétrons livres se deslocando próximos ao polo negativo da fonte, outros se deslocando próximos ao terminal positivo da fonte e outros atravessando a bateria. Nessas 3 situações, a corrente elétrica é a mesma, ou seja, a corrente que passa em uma seção próxima ao polo positivo é igual à

corrente que passa em uma secção próxima ao polo negativo, logo, nota-se que a corrente elétrica é conservada. (HEWITT, 2015).

A conservação da corrente elétrica é ilustrada na Figura 2 mostrando que a corrente que passa pelas secções aa' , bb' e cc' , bem como por qualquer outra secção que intercepte por completo o condutor, possui a mesma intensidade. Isso decorre diretamente do princípio da conservação da carga elétrica, ou seja, para cada elétron de condução que atravessa a secção cc' , existe um elétron atravessando a secção aa' . Uma analogia para isso é o fluxo contínuo de água atravessando uma mangueira, em que para cada gota de água que sai da mangueira, deve existir uma gota de água entrando, logo a quantidade de água dentro da mangueira é sempre a mesma. (HALLIDAY; RESNICK e WALKER, 2012).

Figura 2 - Corrente elétrica percorrendo 3 secções de um fio

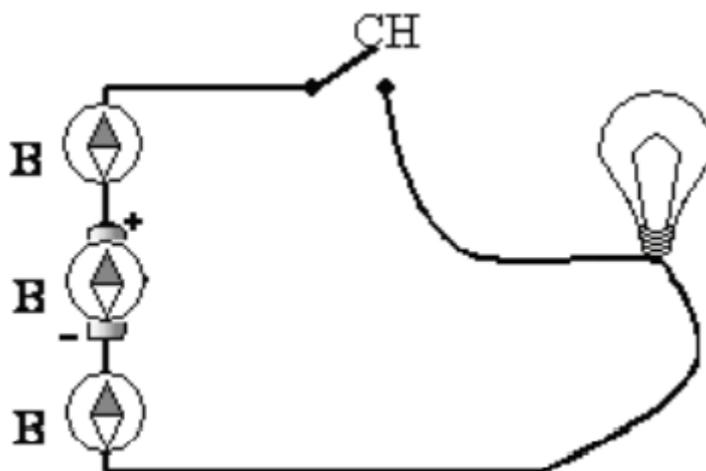


Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2012).

Por volta do início do século XIX, havia uma dúvida comum entre os cientistas da época acerca da corrente percorrida no interior das pilhas. A dúvida consistia em saber se essa corrente que percorria internamente as pilhas era igual ou diferente, em natureza, à corrente existente nos fios de condução. Cabe ressaltar que as pilhas foram inventadas por Alessandro Volta no início do século XIX. Certa feita, o físico André Marie Ampère percebeu que uma bússola colocada sobre uma pilha defletia exatamente igual à outra bússola colocada sobre o fio ligado aos polos da pilha, como pode ser visto na Figura 3. Logo, concluiu-se que havia uma corrente percorrendo o interior da pilha e que esta corrente causava o mesmo efeito magnético da corrente que fluía pelo fio, fato que evidenciava que tanto a corrente

no fio quanto a corrente na pilha possuíam a mesma natureza. A partir desses resultados, ganhou força a ideia de que a corrente era contínua e se conservava por todo o circuito, inclusive no interior da pilha. (TALIM, 2001).

Figura 3– Experimento de Ampère com bússolas sobre uma pilha e sobre o fio



Fonte: Talim (2001).

2.5 Aprendizagem significativa

O conceito de aprendizagem significativa foi concebido pelo psicólogo David Ausubel e pode ser entendido, como o próprio nome sugere, como uma aprendizagem com significado, ou seja, uma aprendizagem em que os conhecimentos novos adquiridos (equações, teorias, leis, princípios) fazem sentido para o aluno, o qual adquire a capacidade de explicar situações e fenômenos com palavras próprias, bem como capacidade de resolução de novos problemas (MOREIRA, 2003).

De acordo com Pozo e Crespo (2009), para que a aprendizagem significativa seja efetivada é preciso que o aluno consiga fazer relação entre o conhecimento que se almeja aprender e o conhecimento que o aluno já tem interiorizado. Assim, o entendimento do significado de um conceito novo, por exemplo, não depende somente de quem está ensinando, como também dos conhecimentos conceituais já existentes no estudante.

Um conceito relevante na aprendizagem significativa é o de subsunção. Segundo Moreira (2003), essa aprendizagem ocorre por meio do processo de ancoragem do conhecimento novo a uma base de subsunções, os quais

representam o conhecimento que o estudante já detém sobre o assunto, denominados de conhecimentos prévios. Para Silveira e Moreira (1989), estes funcionam como um ancoradouro para a concepção científica que se deseja incutir no aluno, a qual torna-se uma extensão dos conhecimentos previamente existentes e, no fim do procedimento, obtém-se como produto o subsunçor original suavemente alterado.

2.6 Papel das concepções alternativas no ensino-aprendizagem

Nos primórdios das pesquisas sobre concepções alternativas, muitas discussões estavam em aberto, principalmente na década de 1980. Segundo Pozo e Crespo (2009, p.120), algumas delas eram:

O que fazer com as concepções alternativas dos alunos uma vez que tenham sido identificadas? Ignorá-las e continuar ensinando os mesmos conteúdos de sempre? Respeitá-las como se fossem uma espécie em risco de extinção? Ou diretamente aniquilá-las, extingui-las, substituindo-as por conhecimentos científicos?

Muitos pesquisadores se questionavam sobre a possibilidade de substituição das concepções alternativas por concepções científicas, de modo que aquelas pudessem ser completamente eliminadas da mente do aluno para dar espaço às concepções cientificamente aceitas. A partir daí, surgiu o conceito de mudança conceitual que, segundo Pozo e Crespo (2009, p.120), é “[...] entendida como passagem do conhecimento cotidiano para o científico”. Para Posner et al. (1982), mudança conceitual seria um processo por meio do qual os conceitos centrais e organizadores dos indivíduos mudam de um conjunto de conceitos para outro, sendo este novo conjunto incompatível com o anterior.

Já Mortimer (2016), fala da ideia de mudança conceitual como sendo uma crença de que concepções alternativas possam ser transformadas em ideias científicas, desde que sejam expostas a situações de conflito, sendo necessário que o professor monitore esse processo para levar o aluno à superação do conflito por meio do abandono das ideias alternativas ou por meio da subsunção às ideias científicas, que são mais poderosas. Cabe ressaltar que, o fato desses autores falarem sobre o conceito de mudança conceitual, não significa que eles acreditassem nesse modelo, conforme será visto mais adiante.

A ideia de mudança conceitual estava tão em voga nos primórdios dos estudos sobre concepções alternativas que, de acordo com Duit, Goldberg, Niedderer (1992), este conceito era considerado como sinônimo de aprender ciência, apesar de isso não ser consenso na época. Segundo Posner et al. (1982), seriam necessárias quatro condições para se chegar à mudança conceitual: a) o aluno precisaria estar insatisfeito com sua concepção alternativa; b) necessitaria dispor de uma nova concepção inteligível; c) essa concepção nova deveria parecer plausível e aceitável para o aluno; d) a concepção nova deveria se mostrar mais frutífera ou produtiva do que a concepção alternativa inicial.

No entanto, de acordo com Duit (1999), não existe nenhum estudo na literatura de pesquisa acerca das concepções alternativas que evidencie que uma concepção fortemente enraizada nos estudantes tenha sido completamente substituída por uma nova ideia. O que se percebe com os resultados da maioria das pesquisas é que há simplesmente um sucesso limitado a respeito da aceitação das ideias novas e que as ideias velhas permanecem “vivas” manifestando-se em contextos particulares. No máximo, o que se consegue é que os estudantes assimilem os conhecimentos científicos, mas sem abandonar seus conhecimentos alternativos. Ainda como crítica a essa ideia de mudança conceitual, Caravita e Halldén (1994) comentam que tal mudança não só se mostrou bastante difícil de se obter como também talvez seja desnecessária. Ainda segundo esses autores, alguns pesquisadores entendem que as concepções científicas e as alternativas são independentes entre si e poderiam ser usadas em contextos diversos e para metas diferentes, de forma que não seria questão de substituir umas pelas outras, mas sim torná-las coabitáveis no aluno e que este aprenderia a ativá-las no momento adequado, a depender do contexto.

Pozo e Crespo (2009) são ainda mais enfáticos em suas críticas à ideia de mudança conceitual ao comentarem que a causa primordial do fracasso em obter a substituição das concepções alternativas pelas científicas seja a própria ideia de que mudança conceitual deve ter como implicação o abandono das concepções alternativas, fato que não somente é bastante difícil de obter, mas que inclusive pode ser algo inconveniente. Eles complementam suas afirmações ao comentarem que talvez a mudança conceitual não tenha como implicação a substituição da concepção alternativa pela científica, mas sim a aquisição de tipos diferentes de conhecimentos para situações diversas. Portanto, ao se analisar por esse ponto de

vista, a mudança conceitual seria desnecessária, pois a aprendizagem consistiria principalmente de um processo de acúmulo de experiências e saberes, e não um processo de reformatar a mente dos estudantes por meio de processos de mudança conceitual.

Em virtude das inúmeras críticas ao modelo de mudança conceitual, foram surgindo partidários de outro modelo de ensino baseado nas concepções alternativas: o modelo de perfil conceitual que surge com base no modelo epistemológico de Gaston Bachelard, o perfil epistemológico.

2.6.1 Perfil Epistemológico

A ideia de perfil epistemológico surgiu com Gaston Bachelard por volta de meados do século XX ao abordar um conceito mais amplo chamado de epistemologia do conhecimento. Ele mostrou com a ideia de perfil epistemológico que uma escola filosófica sozinha não é capaz de fazer a descrição das mais diversas formas de pensar ao expressar ou explicar um simples conceito como, por exemplo, o conceito de massa, de tempo ou de espaço. (SILVA JÚNIOR; TENÓRIO; BASTOS, 2007)

Partindo dessa premissa de que existem diversas formas de expressar um conceito, Buscatti Júnior (2014) fala que essa pluralidade de explicações pertence a diferentes zonas dentro de um perfil epistemológico: Realismo Ingênuo, Empirismo, Racionalismo Clássico, Racionalismo Moderno e Racionalismo Contemporâneo. Conforme Giacopini e Silva (2019, p.10):

o realismo ingênuo, que é o próprio senso comum criado pelo estudante em sua infância ou outras situações sociais; o empirismo, que ultrapassa a realidade imediata através de instrumentos de medidas em experiências vividas, todavia ainda não se têm as relações racionais; o racionalismo clássico, em que os conceitos passam a fazer parte de relações racionais; o racionalismo moderno, em que as noções simples da ciência clássica passam a ser mais complexas, e parte de uma rede ampla de conhecimento; e ainda o racionalismo contemporâneo, que engloba os avanços recentes da ciência para a formação de um conceito completo.

Segundo Silva Júnior, Tenório e Bastos (2007), é importante destacar que um perfil epistemológico está relacionado a um determinado conceito e absorve a influência social e cultural de cada pessoa. O perfil epistemológico de Bachelard

relativo ao conceito de massa está apresentado na Figura 4. Percebe-se ao analisar esta figura que Bachelard, apesar de ser um notório filósofo da ciência, além de físico e químico, possui em seu perfil concepções sobre massa até mesmo na zona do realismo ingênuo, a qual está relacionada predominantemente a ideias do senso-comum. Porém, a zona que mais se destaca em seu perfil é o racionalismo clássico.

Figura 4 - Perfil epistemológico do conceito de massa em Bachelard



Fonte: Buscatti Júnior (2014)

Ao examinar com mais detalhes o perfil de Bachelard sobre o conceito de massa, Buscatti Júnior (2014, p. 27) explica a ideia de massa que caracteriza cada uma das 5 zonas:

- a) Animismo (ou realismo ingênuo): a massa aparece como uma “apreciação quantitativa grosseira” da realidade, relacionada essencialmente com “coisas grandes”. As visões corriqueiras do senso comum, que atribuem uma relação direta entre a massa e o “tamanho”, enquadram-se nessa categoria;
- b) Empirismo: a concepção é vinculada diretamente com a mensuração e com o instrumento para tal, de forma objetiva e precisa. Bachelard refere-se a uma “conduta da balança” que carrega consigo toda a noção por trás do conceito de massa, de modo a criar-se um pragmatismo seguro: “pensar é pesar” (Bachelard, 2009);
- c) Racionalismo simples: o conceito encontra-se inserido em um corpo de noções, segundo uma teoria já estabelecida. Para o caso do conceito de massa, a teoria é a mecânica newtoniana, que o apresenta relacionado com os conceitos de força e aceleração. O caráter simbólico da

ideia de massa irá intensificar-se com a mecânica racional (a massa de um corpo é a razão entre a intensidade da força nele aplicada e a aceleração por ele adquirida), passando a ser um “instante da construção racional”; d) Racionalismo completo: neste estágio, uma propriedade fundamental do conceito é posta em cheque em uma teoria consistente. Segundo a teoria da relatividade, massa deixa de ser um conceito absoluto e passa a ser uma função da velocidade. Surge-se, então, uma ruptura com o racionalismo tradicional, evidenciando uma pluralização e segmentação das noções tradicionais. A ruptura dá-se no “interior da noção”; e) Racionalismo dialético: nesse estágio final, o conceito é definido segundo uma teoria ainda mais sofisticada, e uma propriedade ainda mais fundamental é modificada. Segundo a mecânica de Dirac, pode-se atribuir um valor negativo a massa, o que gera inconsistência em todos os estágios anteriores, e também suscita uma “dialética externa”. O conceito é novo e surge desvinculado da realidade comum, mas pode ser trabalhado com um instrumental matemático adequado e é, portanto, inteligível e consistente.

Diante do exposto, torna-se claro que um conceito é algo plural, ou seja, possui várias interpretações de acordo com o indivíduo que o está definindo, podendo ir desde uma visão mais simples que caracteriza a zona realista até uma visão mais sofisticada que caracteriza zonas mais à direita do perfil. Cada uma dessas interpretações pertence a doutrinas filosóficas diferentes e cada sujeito possui uma intensidade particular de cada uma das zonas, a depender do conceito em questão e da formação cultural da pessoa (BUSCATTI JÚNIOR, 2014).

Entrando no âmbito escolar, Lôbo (2008) comenta que cada zona desse perfil tem um poder de explicação maior que as anteriores. Logo, o deslocamento para a direita representaria uma evolução conceitual do aluno, a qual significa a obtenção de concepções que vão se tornando mais racionais e mais afastadas do comportamento realista ingênuo.

Outro conceito utilizado em estudos sobre perfis epistemológicos é o de tempo. Um desses estudos é o de Martins (2004) que traçou o perfil epistemológico de alunos do curso noturno de licenciatura em física e constatou que eles possuem concepções de tempo com características que se enquadram nas zonas realista ingênua e empirista. Ainda nesse trabalho, Martins identificou quais seriam as características das várias interpretações do conceito de tempo que fariam enquadrá-

las nas diversas zonas do perfil. Tais características são resumidas por Lôbo (2008, p.193-194):

a) Realismo Ingênuo: em que o tempo está centrado no próprio sujeito, carregado de subjetividade e egocentrismo. O tempo, nesse estágio, permanece heterogêneo, não sendo aplicável a todos os objetos e movimentos. A passagem do tempo depende (varia) de indivíduo para indivíduo, exige a presença de um indivíduo para que haja a “contagem” do tempo. O conceito de tempo vincula-se assim a uma espécie de “animismo”, uma vez que sua realidade ontológica é dependente de um espírito que o marque. b) Empirismo: permite a construção de um tempo único e comum a todos os objetos e movimentos. Esse tempo homogêneo é uma quantidade mensurável e pode ser determinado por aparelhos de medida. Mais do que isso, para o pensamento empírico, o tempo reduz-se aos procedimentos de sua medição. Há sempre uma idéia de repetição presente: seja a de uma unidade que corresponde ao próprio ciclo de um fenômeno físico periódico (p.ex.: em relógios de pêndulo), seja a de uma unidade imposta arbitrariamente sobre o fluxo contínuo e uniforme associado a fenômenos físicos regulares, mas não periódicos (p.ex.: em relógios de água). c) Racionalismo Tradicional: é um verdadeiro parâmetro matemático abstrato, que participa das equações mecânicas e permanece inalterado por uma mudança de coordenadas entre dois sistemas inerciais de referência. O relógio já não define o tempo, apenas o marca. d) Surracionalismo: caracterizado a partir de duas perspectivas: a primeira, que nega o tempo absoluto, centrada na Teoria da Relatividade (Especial e Geral), fazendo o transcorrer do tempo depender do referencial adotado e da presença de matéria. Surge o Espaço-tempo, não sendo possível pensar no tempo isoladamente. A outra é a termodinâmica e a mecânica estatística, que leva a uma nova compreensão do conceito de tempo ao oferecer uma abordagem explicativa (de natureza probabilística) para a irreversibilidade temporal. O que era uma “constatação sem explicação” nos estágios anteriores agora é um resultado.

Por fim, diante dos resultados dos perfis epistemológicos obtidos no estudo de Martins (2004), ele sugere que os docentes das licenciaturas pensem melhor acerca da maneira como estão abordando o conceito de tempo, pois, apesar desse conceito se encontrar num nível avançado devido o desenvolvimento de teorias como a Relatividade, os alunos continuam enfatizando características realista ingênua e empírica do conceito.

2.6.2 Perfil conceitual

Ao mesmo tempo em que foram crescendo as críticas ao modelo de mudança conceitual, foi-se ganhando relevância as posturas que advogavam a necessidade de que o estudante possuísse diferentes representações para enfrentar

diferentes tarefas. Nesse contexto, a pretensão de fazer com que o aluno abandonasse, por exemplo, sua mecânica intuitiva para dar lugar aos modelos científicos da mecânica, foi deixada de lado para tentar fazer com que ele conseguisse diferenciar entre ambos os modelos e interpretações e aprendesse a utilizá-los de forma discriminada conforme o contexto em que ele estivesse inserido. (POZO; CRESPO, 2009)

Essa nova tendência era defendida por inúmeros pesquisadores, como Wertsch, Linder, Scott e Mortimer. Segundo Wertsch (1993), a ideia de heterogeneidade concede relevante argumento psicológico para que a aquisição de um conceito científico mais complexo não implique na eliminação da concepção alternativa relacionada a este conceito. Para Linder (1993), a aprendizagem em ciências deve almejar a que o aluno consiga aumentar sua capacidade em distinguir entre concepções adequadas para cada contexto particular. Já para Scott (1987), no lugar de haver mudança conceitual, o que se observa é um desenvolvimento paralelo de novas ideias que podem ser empregadas no momento e situação adequados. Scott ainda critica o trabalho de Posner et al. (1982) ao afirmar que não existe mudança conceitual do tipo referido no trabalho deles.

A ideia de perfil conceitual consiste, segundo Mortimer (2016), do entendimento de que a evolução das ideias dos alunos ocorre por meio da evolução de um perfil de concepções no qual as ideias novas que foram obtidas no processo de ensino-aprendizagem coabitam com as ideias pré-existentes do aluno, cabendo ao estudante a habilidade de empregar cada ideia no contexto mais adequada para seu uso. Por exemplo, em uma situação do dia a dia o aluno não precisaria afirmar que vai vestir um casaco de lã porque ele é um bom isolante térmico que impedirá que o corpo forneça energia térmica para o ambiente. Em vez disso, o aluno simplesmente poderia dizer que vai vestir um casaco de lã porque o casaco é quente e ele está com frio”, até porque suprimir essas concepções alternativas seria o mesmo que suprimir o pensamento do senso comum e sua maneira de se expressar, a linguagem cotidiana. Portanto, conforme afirma Pozo e Crespo (2009), a finalidade da educação científica não deveria consistir na erradicação ou extinção das concepções alternativas dos alunos, mas sim separar cada forma de conhecimento, permitindo que os estudantes aprendam a usá-las no contexto mais adequado para cada uma delas.

Para Mortimer (2016), uma característica relevante que poderia diferenciar o perfil, por exemplo, de um físico e de um químico daquele de um aluno iniciante destas áreas do conhecimento é que os primeiros teriam a consciência de seu perfil e utilizariam cada noção no contexto adequado, enquanto o estudante iniciante dificilmente teria atingido aquele nível de consciência. Nesse sentido, a tomada de consciência do próprio perfil, por parte do aluno, exerce um importante papel no processo de ensino-aprendizagem, pois, ao se conscientizar do seu perfil, o aluno teria maior probabilidade de priorizar certos mediadores e linguagens sociais, adequando-os aos vários contextos diferentes. No entanto, na prática, essa conscientização dificilmente ocorre e o que se percebe é a utilização, pelo aluno, de concepções alternativas em situações e problemas novos elaborados pelo professor. Ou seja, o aluno teria adquirido, por exemplo, a ideia newtoniana de movimento, mas não teria tomado consciência da relação entre esta ideia e a noção anterior de que movimento requer força, não sabendo, então, em qual contexto empregar cada uma dessas concepções. Logo, no novo problema estabelecido pelo professor, o aluno utilizaria a ideia pré-newtoniana de que movimento requer força, apesar de já ter usado a ideia newtoniana em situações e problemas familiares, pois ele não teria se conscientizado de que esses dois conceitos estão dentro de um mesmo perfil, apesar de os domínios de aplicação serem diferentes. A ausência dessa consciência faria o aluno generalizar sua noção anterior de movimento, que, por ser mais familiar, seria privilegiada e utilizada em um problema novo.

Existe um conceito atrelado à ideia de perfil conceitual chamado de zonas. De acordo com Amaral e Mortimer (2001, p. 2),

a elaboração do perfil prevê a estruturação das idéias em diversas zonas que representam diferentes compromissos epistemológicos e características ontológicas distintas. Cada zona do perfil corresponde a uma forma de pensar e falar sobre a realidade, que convive com outras formas diferentes num mesmo indivíduo. O perfil conceitual pode se constituir num instrumento para planejamento e análise do ensino de ciências. A partir dele, obstáculos à aprendizagem dos conceitos podem ser identificados e trabalhados em sala de aula numa visão de aprendizagem de ciências como mudança de perfis conceituais, onde o aluno não necessariamente tem de abandonar as suas concepções ao aprender novas idéias científicas, mas tornar-se consciente dessas diversas zonas e da relação entre elas.

Mortimer (2016) complementa, afirmando que uma fase essencial durante o planejamento do ensino consiste no estabelecimento das categorias que formam as diversas zonas do perfil do conceito a ser debatido, além da identificação das barreiras ontológicas e epistêmicas para a fabricação de conceitos mais sofisticados, presentes nas mais simples concepções do perfil. Existe uma ampla fonte de informações, na literatura, acerca dos conceitos alternativos, a qual pode ser utilizada para indicar características do perfil nos seus níveis mais simples. A história da ciência é também uma importante fonte, tanto para esses níveis simples como para níveis avançados.

3 USO DE SIMULADORES NO ENSINO DE FÍSICA

Antes de abordar o uso de simuladores no ensino de física, é interessante falar um pouco sobre a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TDICs) na educação, já que os simuladores são um produto tecnológico oriundo da informática.

Para se entender um pouco da utilização das TDICs na educação, é necessário conhecer algumas tecnologias que já foram utilizadas no ensino formal antes da inserção dos computadores nas escolas. Segundo Oppenheimer (1997 apud MEDEIROS; MEDEIROS, 2002) a informática é apenas uma das inúmeras ferramentas já utilizadas na educação e que muitas outras geraram tanta ou mais expectativa no seu potencial uso educacional.

Em 1922, Thomas Edison, fazendo referência ao cinema, dizia que as imagens em movimento iriam revolucionar a educação escolar. Apesar dessa afirmação não ter se concretizado, houve muitas discussões a respeito do uso escolar desse e de outros meios tecnológicos. Em 1945, William Leveron afirmava que, em pouco tempo, os rádios portáteis passariam a ser tão frequentes nas salas de aula como os quadros de escrever. Outras tecnologias da época que aventavam poder fazer parte do dia a dia da escola foram os retroprojetores, o videocassete, calculadoras, televisão, gravadores de áudio, filmstrips etc. (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002)

Ainda segundo Medeiros e Medeiros (2002), apesar de ter se criado muita expectativa em torno do uso dessas tecnologias na educação, o que se percebeu foi um posterior desencanto por elas. Passou-se então a duvidar dos possíveis benefícios que a utilização dessas tecnologias pudesse oferecer no âmbito educacional. Porém, essas dúvidas sempre perdiam força quando surgia uma outra tecnologia promissora que pudesse ser utilizada na educação, iniciando novamente, assim, outro ciclo de expectativas e de potenciais frustrações. Um exemplo é a inserção da informática na educação, que inicialmente gerou grandes expectativas em virtude de suas inúmeras possibilidades, mas que, se analisada com cautela, pode ser mais uma tecnologia iniciando um novo ciclo de expectativas e esperando sua fase de frustrações. Por isso, é necessário analisar de forma crítica essa tecnologia educacional em questão.

De acordo com Gomes (2011), vários estudos comprovaram que o uso das tecnologias ligadas à informática contribui para melhorar os processos educativos nos mais variados níveis de ensino. Porém, esse uso requer alterações na prática educativa dos docentes, causando alterações no funcionamento dos estabelecimentos educacionais e no sistema educativo. Já Mantovani e Schiel (2002) falam que foram feitos muitos estudos sobre as possibilidades da utilização do computador como utensílio pedagógico, os quais mostraram que a informática é capaz de proporcionar uma maneira mais dinâmica de ensino que favoreça a aprendizagem significativa e fomente o interesse do aluno pelo processo de ensino-aprendizagem. Além disso, ao se tratar particularmente do ensino de física no Brasil, esses autores comentam que os principais estudos acerca da utilização de ferramentas computacionais têm focado mais no ensino médio e tratado em geral da criação e utilização de softwares, sistemas para obtenção de dados experimentais e simuladores virtuais. No entanto, para Vrankar (1996) equívocos na construção de softwares, sobretudo por falta de cuidado ou carência de conhecimento físico por parte dos desenvolvedores, podem levar os alunos a pensarem de modo incorreto e, por conseguinte, gerar concepções alternativas sobre determinado fenômeno estudado.

Adentrando-se agora no âmbito do uso de simuladores na educação, nota-se que existem muitas controvérsias ao seu respeito, pois como comentam Medeiros e Medeiros (2002, p.1) “[...] afirmações de alguns dos defensores do uso de animações e simulações no ensino de física é contrastada com as argumentações de parte relevante dos seus críticos”. Cabe ressaltar que a maioria desses críticos não é contra o uso das simulações em si, mas ao mau uso delas no contexto escolar.

De acordo com Gomes (2011), a simulação computacional é vista como uma área multidisciplinar de conhecimentos, consistindo basicamente na aplicação de modelos matemáticos que proporcionam a análise e compreensão de situações complexas nas mais variadas áreas do conhecimento humano. Além disso, é uma prática que, no âmbito escolar, possibilita ao aluno manipular e perceber situações que emulam ou chegam muito próximo da realidade de um fenômeno físico real. Para Gaddis (2000), as simulações virtuais não devem ser confundidas com simples animações computacionais, pois aquelas compreendem uma grande categoria de tecnologias, indo desde o vídeo até à realidade virtual, tendo a possibilidade de

utilizar ferramentas interativas, permitindo que o software em questão ofereça, além da animação de um fenômeno, uma variedade de animações alternativas que podem ser obtidas por meio da entrada de parâmetros pelo estudante. Esses parâmetros podem ser variáveis como intensidade de corrente, resistência elétrica, capacitância etc. Como outros exemplos de parâmetros de entrada de dados, Medeiros e Medeiros (2002) sugere o ângulo de tiro e a velocidade inicial para uma simulação do movimento de um projétil. Assim, de acordo com os valores de entrada, a simulação fornecerá diferentes animações.

Com relação aos benefícios e utilidades do uso de simulações no ambiente escolar, Saraiva et al. (1991) abordam a questão da obtenção de competências ao afirmarem que as simulações virtuais são excelentes ferramentas à disposição dos professores, podendo influenciar positivamente no desenvolvimento de muitas competências dos estudantes. Para Russell (2001), as simulações podem ser bastante úteis quando a situação física a ser estudada tem sua reprodução impossibilitada de ser feita pelos alunos, como um pouso na lua, um momento de caos em uma usina nuclear ou um acontecimento astronômico. Snir et al. (1988) também seguem na mesma linha de Russell ao comentarem que situações perigosas ou de realizações que demandem muitos custos ou que se refiram a fenômenos bastante lentos ou excessivamente rápidos fazem parte da categoria de eventos suscetíveis ao uso de simulações virtuais. Porém, de acordo com Pietrocola e Brockinton (2003), até mesmo fenômenos de áreas da física como dinâmica, cujos experimentos são geralmente de baixo custo e existem em grande quantidade, podem ser emulados por simuladores. Nestes casos, os simuladores podem ser usados conjuntamente com o experimento real como forma de dinamizar a prática experimental, pois a simulação não enfrenta eventuais problemas comumente observados em experimentos reais, como: imprecisão de alguns instrumentos, más condições climáticas, influências externas, etc.

Outros autores entusiastas do uso de simulações são Santos, Alves e Moret (2006), Miranda, Vanin e Bechara (2004) e Barbeta e Bechara (1996). No primeiro desses trabalhos, os autores comentam que os simuladores virtuais oferecem a comodidade de poderem ser usados a qualquer hora do dia, além de poderem ser utilizados fora do ambiente escolar como parte de atividades extrassala. Ademais, os professores podem roteirizar as atividades de forma variada e individualizada, de acordo com o ritmo e o nível de conhecimento de cada aluno.

Já Barbeta e Bechara (1996), argumentam que o uso de simuladores possibilita ao aluno focar no âmago do problema, sem a necessidade de dar atenção a detalhes experimentais, possibilitando uma absorção mais eficiente dos assuntos estipulados para cada experimento. Além disso, o uso dos simuladores possibilita a análise de situações que, na prática, teriam sua realização comprometida ou inviabilizada. Assim, esse uso permitiria um melhor entendimento dos problemas e um aprofundamento no assunto. Por fim, Miranda, Vanin e Bechara (2004, p. 2), complementam o assunto ao afirmarem que

uma característica da Física que a torna de entendimento difícil para os alunos é o fato de lidar com conceitos abstratos, às vezes contra-intuitivos, exigindo uma capacidade de abstração que os estudantes, em especial os ingressantes na graduação, ainda não as atingiram. As simulações podem contribuir no desenvolvimento dessa capacidade de chegar a conceitos abstratos mais gerais da Física, ao permitir que o estudante investigue a realidade do sistema observando-o diretamente, promovendo mudanças nas suas condições específicas, e observando suas conseqüências. Um outro aspecto importante no uso dessas simulações, é o fato do aluno poder atuar de forma independente na busca do entendimento da situação mostrada, fazendo ele mesmo perguntas e procurando as respostas sobre uma dada situação física, num processo de auto-reflexão, diferentemente de uma atividade automática ou meramente reprodutiva de situação semelhante já vista, como são muitas das atividades usualmente propostas aos estudantes.

O uso de simuladores é particularmente interessante em escolas cuja infraestrutura de laboratórios de ciências é deficiente ou, muitas vezes, inexistente. Esse recurso está disponível a qualquer instante, podendo ser acessado de diferentes locais com praticidade e agilidade. Seu uso possibilita o entendimento dos vários aspectos de um fenômeno físico, muitos dos quais são bastante sutis e de difícil percepção. O aluno, ao utilizar esse recurso didático, pode alterar as condições iniciais do sistema, responder e fazer perguntas sobre o fenômeno estudado e, dessa forma, ir construindo seu conhecimento sobre o assunto. (MIRANDA; VANIN; BECHARA, 2004)

No entanto, apesar de todos os pontos positivos apresentados em favor do uso dos simuladores na educação, Gomes (2011) enfatiza que o simulador por si só não garante os benefícios que se esperam dele, pois, para obter as benesses

que sua utilização pode oferecer, é necessário que o simulador seja de boa qualidade, que o professor planeje antecipadamente qual objetivo didático ele quer atingir com o uso do simulador e que esse uso tenha compatibilidade com a opção de metodologia de ensino feita pelo docente. Saraiva et al. (2012) também são outros autores que advertem quanto ao uso dos simuladores. Para eles, seu uso em aula exige que os professores tenham conhecimento não somente para manusear o simulador de forma adequada, mas também ter a perspicácia de saber o momento certo de dar apoio epistemológico aos estudantes por meio de suas ações como mediador do processo de ensino-aprendizagem a fim de que esses alunos se tornem mais autônomos, apesar do auxílio do docente, e possam se envolver em ações que possibilitem criar atitudes positivas quanto à ciência e quanto à maneira que esta é produzida. Dessa forma, os alunos desenvolvem competências e constroem significados relacionados às atividades práticas. Mas, é importante ressaltar que, segundo Medeiros e Medeiros (2002), uma simulação não substitui um experimento prático. A utilização demasiada dos simuladores, devido sua comodidade e praticidade, pode criar uma tendência nociva, isto é, tomar o lugar de experimentos reais como se os simuladores possuíssem caráter educacional e epistêmico iguais ao dos laboratórios físicos.

Outra questão interessante referente ao uso de simuladores na educação é a distinção entre simuladores e laboratórios virtuais. Segundo Figueiredo et al. (2017), três critérios são necessários para fazer essa diferenciação. O primeiro critério é relativo ao nível de interação entre o aluno e o programa, o segundo critério está relacionado ao tipo de informação gerada pelo programa e o terceiro critério se refere ao tipo de representação preponderante vista no software. Com relação ao primeiro critério, as simulações têm nível de interação baixo, intermediário ou alto, enquanto os laboratórios virtuais podem ter nível de interação oscilando entre intermediário e alto. Relativo ao segundo critério, os laboratórios virtuais possibilitam ao aluno fazer medidas, as quais resultam da interação entre o aluno e os equipamentos e objetos virtuais do programa. Já os simuladores apresentam também informações e medidas quantitativas, porém esse tipo de programa não tem essa característica como sendo preponderante, diferentemente dos laboratórios virtuais. Por fim, com relação ao terceiro critério, nos laboratórios virtuais preponderam representações de eventos e objetos existentes nos laboratórios reais, ou seja, equipamentos virtuais que simulam os existentes nos laboratórios físicos e

que são imprescindíveis para a realização de experimentos. Já nas simulações, o que preponderam são as representações de processos e objetos que correspondem aos modelos aceitos cientificamente, ou seja, representações que correspondem à forma como os cientistas enxergam os fenômenos e modelos científicos. Portanto, no caso das simulações, é possível visualizar, por exemplo, o movimento de elétrons representados muitas vezes por pequenas bolas em movimento nos fios, enquanto nos laboratórios virtuais essa representação não é vista. Diante do exposto, percebe-se que a utilização de um único critério não é suficiente para classificar um programa como laboratório virtual ou como simulador, sendo necessário para isso lançar mão da análise dos três critérios mencionados.

4 METODOLOGIA

Quanto à finalidade, esta pesquisa é classificada como propositiva, pois tem como produto um plano de aula elaborado na proposição de intervenção em sala, com base no perfil conceitual, em turmas do ensino médio.

Com relação ao objetivo, esta pesquisa é classificada como descritiva e quanto ao procedimento como bibliográfica. A pesquisa é descritiva e bibliográfica, pois foi realizada consulta bibliográfica em livros e trabalhos acadêmicos que embasaram a construção desse texto e do plano de aula proposto.

A construção dessa pesquisa deu-se com base na escolha do recorte do tema que envolve as concepções alternativas no ensino da conservação da corrente elétrica aplicada ao ensino médio. Essa escolha aconteceu em virtude da experiência adquirida por seu autor principal no desenvolvimento do estágio e nas leituras sobre concepções alternativas e seu interesse no uso de aplicativos gratuitos, como aqueles disponibilizados pelo PHET.

A escolha do simulador de circuitos elétricos presente na plataforma PHET foi feita em virtude principalmente da sua interface ser intuitiva, o que facilita o uso por parte do aluno. Além disso, outros fatores que contribuíram para a escolha foram a disponibilidade de instrumentos de medição, como amperímetros e voltímetros e a nitidez com que os alunos poderão visualizar a intensidade luminosa das lâmpadas, a qual é proporcional ao tamanho dos raios emitidos.

Essa pesquisa foi dividida em três fases que teve início com a revisão bibliográfica e a construção da base teórica. Foram revisados livros e textos sobre as concepções alternativas em seus principais referenciais teóricos, trabalhos na Revista Brasileira de Ensino de Física e principais eventos como o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.

A segunda fase constou da elaboração do planejamento da aula com base no referencial teórico. Essa aula foi planejada para ser realizada em 90 minutos, englobando a criação de situações-problema e geração de conflitos cognitivos a partir do simulador virtual sobre circuitos elétricos em corrente contínua do PHET, a fim de dar consciência aos alunos sobre suas concepções alternativas e ajudá-los a ir construindo os conceitos científicos de conservação de corrente

elétrica e de potência elétrica de forma paulatina e ativa, contribuindo para o aluno se tornar protagonista do seu processo de aprendizagem.

Como uma das características das concepções alternativas é a generalidade, então supõe-se que a maioria dos alunos terá essas concepções independente do seu nível de ensino e da sua localidade. As concepções alternativas relacionadas à conservação de corrente elétrica já são bastante conhecidas e confirmadas por pesquisas ao redor do mundo. Em virtude disso, não foi necessário realizar uma nova pesquisa com alunos para diagnosticar essas concepções, sendo suficiente uma pesquisa bibliográfica para listá-las.

Por fim, elaborou-se um roteiro (ver apêndice A) de aula estruturado para uso do software com situações-problema e um plano de aula (ver apêndice B) específico para a atividade de intervenção.

A opção pelo roteiro estruturado deu-se em função do objetivo de orientar os estudantes na solução problema apresentada. Considerando que o diálogo com o professor é constante, colocações que surjam podem ser mediadas, mesmo sem acrescentá-las ao roteiro da simulação. Dessa forma, uma sequência de perguntas abertas e fechadas leva os alunos a questionarem suas concepções e auxiliam na construção das concepções científicas adequadas.

A terceira fase constaria da aplicação da aula proposta como intervenção por parte de professor colaborador ou do autor principal dessa pesquisa, contudo foi limitada à proposta e plano de aula em virtude da dificuldade de aplicação em meio à pandemia da COVID-19. Essa fase, então, foi composta pelas conclusões e possíveis contribuições e limitações desta pesquisa para a aprendizagem da conservação de carga elétrica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho consistiu em uma proposta de intervenção com base no modelo de perfil conceitual sobre a conservação da corrente elétrica em uma simulação virtual de um circuito simples, haja vista que é consenso entre pesquisadores construtivistas de que o ensino focado nas concepções alternativas dos estudantes é fundamental no processo de aprendizagem. Além disso, é importante tornar os alunos protagonistas nesse processo, logo, nesse intuito, as simulações interativas na forma de modelagens computacionais são ferramentas interessantes.

Assim, o produto deste trabalho foi a elaboração de uma proposta de intervenção, construída com base em um referencial teórico bem estabelecido e que será fonte de consulta para outros pesquisadores interessados em propostas com base no perfil conceitual. A aplicação dessa proposta por parte de outros pesquisadores trará dados que irão contribuir ainda mais para os processos de ensino e a aprendizagem significativa.

A proposta inicial desse trabalho era realizar uma intervenção em uma turma de ensino médio do IFRN-Campus Caicó, porém, em virtude da pandemia da COVID-19, surgiram algumas dificuldades e optou-se apenas em elaborar uma proposta de intervenção, a qual poderá ser utilizada no futuro por outros pesquisadores para que se possa verificar se, de fato, a intervenção proposta é efetiva quanto à criação do perfil conceitual pretendido.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, Edenia Maria Ribeiro do; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3, 2001.
- ANDRADE, Francisco Andreázio Lôbo de et al. Recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018.
- BARBETA, Vagner Bernal; BECHARA, José Maria. Uso de simulações em computador em aulas de laboratório de física. In: **Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia-COBENGE**. 1996.
- BARROSO, Marta F.; RUBINI, Gustavo; SILVA, Tatiana da. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018.
- BUSCATTI JUNIOR, Donizete Aparecido. **O perfil epistemológico do conceito de espaço em alunos do curso de licenciatura em física**. 2014.
- CARAVITA, Silvia; HALLDÉN, Ola. Re-framing the problem of conceptual change. **Learning and instruction**, v. 4, n. 1, p. 89-111, 1994.
- CARRARO, Francisco Luiz; PEREIRA, Ricardo Francisco. **O uso de simuladores virtuais do phet como metodologia de ensino de eletrodinâmica**. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE, Paraná, v.1, 2014.
- DOMÉNECH, J. L.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. ¿ Disponen los estudiantes de secundaria de una comprensión adecuada de los conceptos de trabajo y calor y de su relación con la energía?. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 1308-1310, 2010.
- DUIT, Reinders; GOLDBERG, Fred M.; NIEDDERER, Hans (Ed.). **Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies: Proceedings of an International Workshop Held at the University of Bremen**, March 4-8, 1991. IPN, 1992.
- DUIT, Reinders. Conceptual change approaches in science education. **New perspectives on conceptual change**, 1999.
- FIGUEIREDO, Helder de et al. Fundamentos pedagógicos para o uso de simulações e laboratórios virtuais no ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 75-103, 2017.
- GADDIS, Barbara. Learning in a virtual lab: Distance education and computer simulations. **Manuscrito não publicado**. University of Colorado, 2000.

GIACOPINI, Ágatha Maria Momoli; SILVA, Caio Sene da. **O Construtivismo no Ensino de Ciências: Origens e modelos teóricos de desenvolvimento conceitual**. 2019.

GOMES, Valdenes Carvalho et al. **O uso de simulações computacionais do efeito fotoelétrico no ensino médio**. 2011.

GRAVINA, Maria Helena; BUCHWEITZ, Bernardo. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. **Revista brasileira de ensino de física. São Paulo**. vol. 16, n. 1/4 (1994), p. 110-119, 1994.

GUISASOLA, Jenaro; ALMUDÍ, José M.; ZUZA, Kristina. Dificultades de los estudiantes universitarios en el aprendizaje de la inducción electromagnética. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 1401-1409, 2010.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 2012. v. 3.

HÄRTEL, H. The electric circuit as a system: A new approach. **European Journal of Science Education**, v. 4, n. 1, p. 45-55, 1982.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

LIMA, Francisco Cristiano Barbosa et al. **Experimentos de baixo custo para abordar concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples**. 2018.

LINDER, Cedric J. A challenge to conceptual change. **Science Education**, 1993.

LÔBO, Soraia Freaza. O ensino de química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 14, n. 1, p. 89-100, 2008.

MACEDO, Josué Antunes de; DICKMAN, Adriana Gomes; ANDRADE, Isabela Silva Faleiro de. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 562-613, 2012.

MANTOVANI, Kátia C.; SCHIEL, Dietrich; BARREIRO, Águida. **Analisando a aplicação da Informática na Educação de Jovens e Adultos: É possível que a Informática contribua para a construção de modelos científicos em Eletricidade?**. Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo: SBF, 2002.

MARTINS, André Ferrer Pinto. **Concepções de estudantes acerca do conceito de tempo: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

MIRANDA, Roberta Martins; VANIN, Vito Roberto; BECHARA, Maria José. Uso de simulações em disciplinas básicas de mecânica em um curso de licenciatura em física. **Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, v. 9, p. 1-12, 2004.

MONTEIRO, Midiã M.; MARTINS, André Ferrer P. História da ciência na sala de aula: Uma sequência didática sobre o conceito de inércia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, p. 4501-1-4501-9, 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. Linguagem e aprendizagem significativa. In: **Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Maragogi, AL, Brasil**. 2003.

MOREIRA, Marco Antonio; GRECA, Ileana María. Mudança conceitual: análise crítica e propostas à luz da teoria da aprendizagem significativa. **Ciência e Educação, Bauru**, v. 9, n. 2, p. 301-315, 2003.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?. **Investigações em ensino de ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 2016.

NELSON, Osman Rosso. Rolamento sem deslizamento: um exemplo ilustrativo capaz de mostrar muitos conflitos conceituais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 1-5, 2012.

PANTOJA, Glauco Cohen; MOREIRA, Marco Antonio. Conceitualização do conceito de campo elétrico de estudantes de Ensino Superior em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas sobre eletrostática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.

PIETROCOLA, Maurício; BROCKINGTON, Guilherme. Recursos computacionais disponíveis na internet para o ensino de física moderna e contemporânea. **Atas do IV ENPEC. Bauru, São Paulo**, 2003.

POSNER, G. J. et al. Accommodation of scientific conception toward a theory of conceptual change Sci. 1982.

POZO, Juan Ignacio. **Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia**. Ministerio de Educación, 1991.

POZO, Juan Ignacio et al. Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, 1991.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel A. G. **A solução de problemas nas ciências da natureza**. 1998.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. **Porto Alegre: Artmed**, v. 5, p. 5, 2009.

RUSSELL, Glenn. **Computer-mediated school education and the Web**. 2001.

SANTOS, Gustavo H.; ALVES, Lynn; MORET, Marcelo A. Modélus: animações interativas mediando a aprendizagem significativa dos conceitos de física no ensino médio. **RICAM Revista Interdisciplinar de Ciências Aplicadas à Atividade Militar**, v. 1, n. 1, p. 83-102, 2006.

SARAIVA, Elisa et al. Papel da mediação do professor na promoção de trabalho epistêmico dos alunos durante o uso de simulações computacionais. **Física**, p. 51-58, 2012.

SCOTT, Phil H. **The process of conceptual change in science: A case study of the development of a secondary pupil's ideas relating to matter**. 1987. Tese de Doutorado. University of Leeds (School of Education).

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física III: Eletromagnetismo**. 12. ed. São Paulo: Editora Pearson, Addison Wesley, 2009. v. 3.

SILVA JÚNIOR, Adahir Gonzaga da; TENÓRIO, Alexandro Cardoso; BASTOS, Heloisa Flora Brasil Nóbrega. O perfil epistemológico do conceito de tempo a partir de sua representação social. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 9, p. 188-204, 2007.

SILVEIRA, FL da; MOREIRA, Marco Antonio; AXT, Rolando. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Ciência e Cultura**, v. 41, n. 11, p. 1129-1133, 1989.

SILVEIRA, F. L. Um teste para verificar se o respondente possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Física no ensino médio: falhas e soluções**. Porto Alegre: Edipucrs, p. 61-67, 2011.

SNIR, Joseph et al. **The Truth, but Not the Whole Truth: An Essay on Building a Conceptually Enhanced Computer Simulation for Science Teaching**. Draft Article. Technical Report 88-18. 1988.

SOLBES, Jordi; PALOMAR, Rafael. Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 01-12, 2013.

STOCKLMAYER, Susan M.; TREAGUST, David F. Images of electricity: How do novices and experts model electric current?. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 2, p. 163-178, 1996.

TALIM, Sérgio Luiz. A conservação da corrente elétrica em circuitos simples a demonstração de Ampère. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 18, n. 3, p. 376-380, 2001.

VIENNOT, Laurence. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European journal of science education**, v. 1, n. 2, p. 205-221, 1979.

VRANKAR, L. Computer Games and Physics. In: **Proceedings of the GIREP-ICPE-ICTP International Conference: New Ways of Teaching Physics**. 1996.

WERTSCH, James V. **Voices of the mind: Sociocultural approach to mediated action**. Harvard University Press, 1993.

ZARA, Reginaldo A.; WEIZENMANN, Leandro Marcos. SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS. **Arquivos do Mudi**, v. 24, n. 3, p. 256-266, 2020.

ZYLBERSZTAJN, Arden. Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. **Revista de Ensino de Física**, v. 5, n. 2, p. 3-16, 1983.

APÊNDICE A – Roteiro semiestruturado

ROTEIRO SEMIESTRUTURADO

Um circuito elétrico acontece quando componentes elétricos como lâmpadas, fios, resistores são ligados entre si, de maneira que possam estar em funcionamento. Quanto menos componentes mais simples é o circuito, desde que apresente um número mínimo de elementos necessários para o funcionamento. O endereço da simulação abaixo permite que circuitos simples sejam montados.

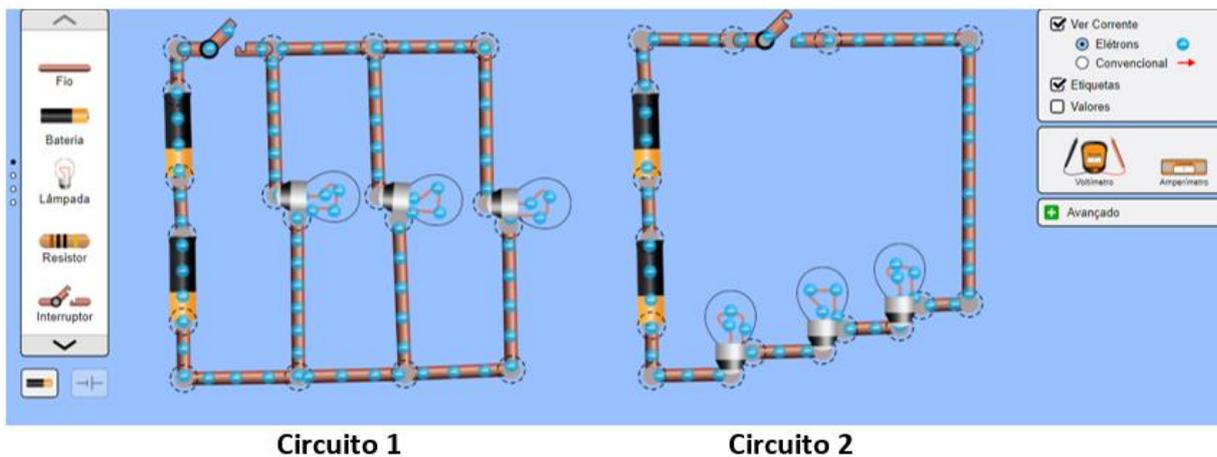
Acesso ao simulador de circuitos elétricos da plataforma PheT

Abra o navegador e digite o endereço abaixo:

https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html

Parte 1 – Montagem dos circuitos

Observe os dois circuitos elétricos da figura abaixo que utilizam baterias, lâmpadas, interruptores e fios.



Vamos pensar um pouquinho e responder as perguntas abaixo.

1) O que você acha que vai acontecer com o brilho das lâmpadas para os dois circuitos quando o interruptor for ligado?

- As lâmpadas nos circuitos 1 e 2 irão brilhar da mesma forma.
- As lâmpadas no circuito 1 irão ter um brilho mais intenso.

c) As lâmpadas no circuito 2 irão ter um brilho mais intenso.

2) No circuito 1, o que acha?

- A) As lâmpadas terão o mesmo brilho.
 - B) A lâmpada mais próxima das baterias irá brilhar mais.
 - C) A lâmpada mais próxima das baterias irá brilhar menos.
-

3) No circuito 2, o que acha?

- A) As lâmpadas terão o mesmo brilho.
 - B) A lâmpada mais próxima das baterias irá brilhar mais.
 - C) A lâmpada mais próxima das baterias irá brilhar menos.
-

Agora no site de simulação que você abriu, vamos montar os circuitos 1 e 2 iguais aos que aparecem na figura.

Ligue o interruptor.

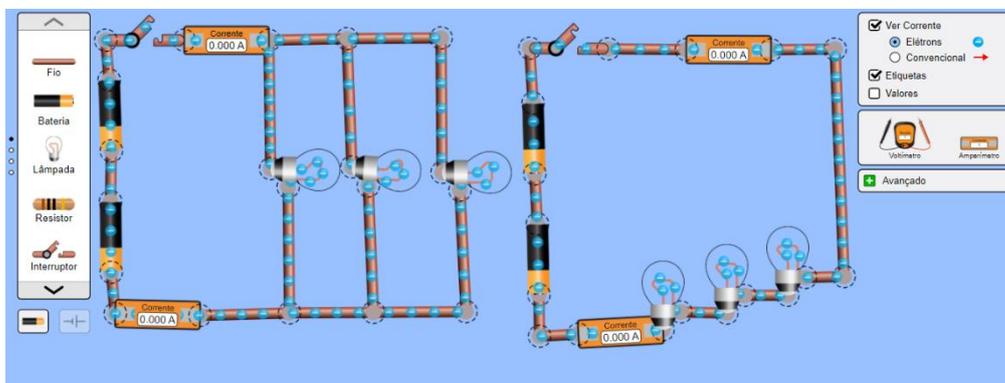
4) O brilho das lâmpadas ocorreu como esperava? O que surpreendeu você?

Agora, vamos utilizar um equipamento para medir a corrente elétrica, chamado de amperímetro.



Você deve colocar dois amperímetros, um amperímetro antes das três lâmpadas e outro depois delas.

Na figura abaixo sugerimos como poderia ser a montagem dos amperímetros.



Antes de ligar o interruptor, pense no que deve acontecer com a corrente elétrica antes e depois das lâmpadas

5) A corrente elétrica nos dois circuitos:

-
- A) Será a mesma nos circuitos 1 e 2.
 - B) Será maior no circuito 1.
 - C) Será maior no circuito 2.
-

6) No circuito 1, o que acha?

-
- A) A corrente é maior mais próximo das baterias.
 - B) A corrente elétrica é maior mais próximo do interruptor.
 - C) A corrente elétrica é a mesma antes e depois das lâmpadas.
-

7) No circuito 2, o que acha?

-
- A) A corrente é maior mais próximo das baterias.
 - B) A corrente elétrica é maior mais próximo do interruptor.
 - C) A corrente elétrica é a mesma antes e depois das lâmpadas.
-

Agora, ligue o interruptor e anote o valor de cada um deles aqui abaixo:

Circuito 1

| Amperímetro antes das lâmpadas | Amperímetro depois delas |
|--------------------------------|--------------------------|
| | |

Circuito 2

| Amperímetro antes das lâmpadas | Amperímetro depois delas |
|--------------------------------|--------------------------|
| | |

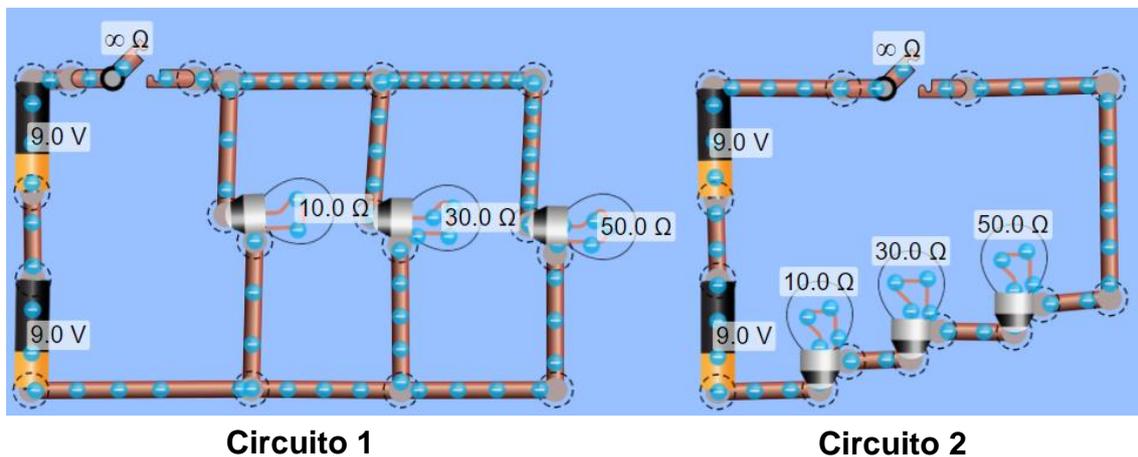
8) Essa medição era a que você esperava? Por quê?

9) A corrente elétrica se conservou (manteve seu valor inalterado) após as lâmpadas ou parte dela foi consumida?

- 10) Por que você acha que as lâmpadas acendem, mesmo não consumindo corrente elétrica (conforme verificado nos amperímetros)?
- 11) Agora, selecione a opção valores e veja quanto vale a resistência de cada lâmpada. Com base na lei de Ohm, calcule o valor da corrente elétrica total e veja se ele confere com o medido nos amperímetros. Confere? Houve alguma diferença?
- 12) Essa corrente elétrica que encontrou é chamada comumente de corrente elétrica total. Por que você acha que ela recebe esse nome?

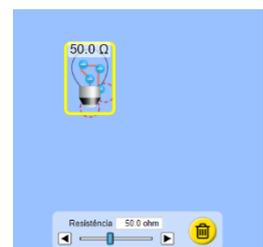
Parte 2 – Montagem 2

Agora, você vai aproveitar a montagem que já fez, tirar os amperímetros e com o interruptor desligado clicar sobre as lâmpadas e alterar seus valores. As lâmpadas agora devem possuir valores de resistência como os indicados na figura abaixo.



Para alterar o valor de resistência das lâmpadas, basta clicar sobre elas. Irá aparecer uma barra com a indicação para mudança da resistência.

Na figura ao lado, há um print de como se pode alterar o valor de resistência das lâmpadas.



Depois que alterar a resistência das lâmpadas, desmarque a opção valores antes de ligar o interruptor.

Ligue o interruptor e pense no que está acontecendo com a corrente elétrica antes e depois das lâmpadas.

13) A corrente elétrica total nos dois circuitos:

-
- A) Será a mesma nos circuitos 1 e 2.
 - B) Será maior no circuito 1.
 - C) Será maior no circuito 2.
-

14) No circuito 1, o que acha?

-
- A) A corrente é maior mais próximo das baterias.
 - B) A corrente elétrica é maior mais próximo do interruptor.
 - C) A corrente elétrica é a mesma antes e depois das lâmpadas.
-

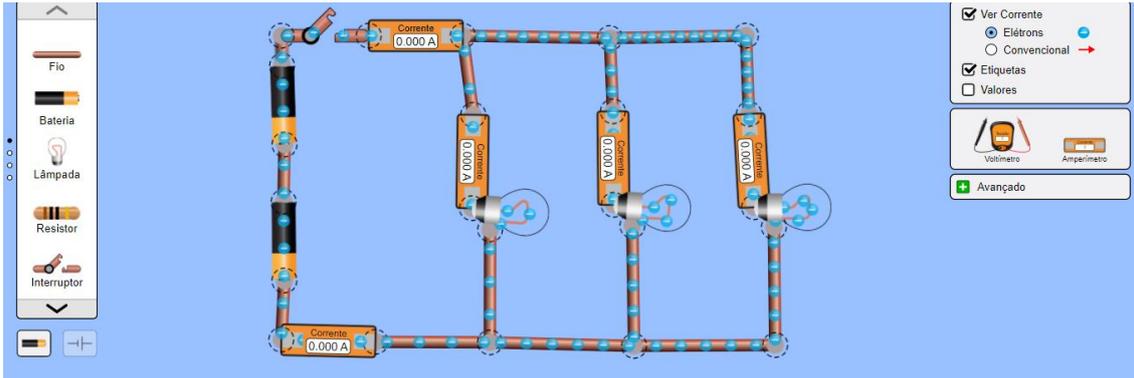
15) No circuito 2, o que acha?

-
- A) A corrente é maior mais próximo das baterias.
 - B) A corrente elétrica é maior mais próximo do interruptor.
 - C) A corrente elétrica é a mesma antes e depois das lâmpadas.
-

Agora, vamos colocar os amperímetros antes e depois das lâmpadas. Mas vamos ter que fazer com um circuito de cada vez.

Primeiro com o circuito 1.

Coloque os amperímetros como na figura abaixo.



Feche a chave e observe a corrente elétrica em cada uma das lâmpadas.

16) Houve alteração na corrente elétrica total?

17) A corrente elétrica é diferente em cada lâmpada. Por que você acha que essa diferença existe?

18) Agora some a corrente elétrica em cada lâmpada. Essa soma é igual a corrente elétrica total? Por que é igual?

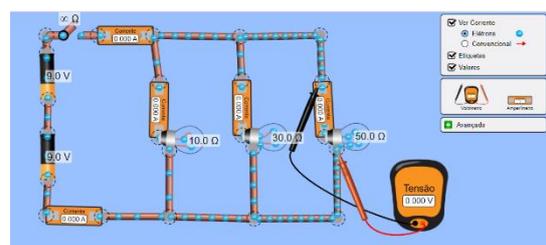
19) Você poderia afirmar, mesmos antes de ver a corrente em cada lâmpada que a soma seria igual à total? Há alguma base ou conceito físico que ajuda você nisso?

20) Você consegue ter alguma conclusão sobre a corrente elétrica e o brilho nas lâmpadas?

Da mesma forma que no circuito 1, também no circuito 2 as lâmpadas acendem mesmo que a corrente elétrica não seja consumida.

21) Por que as lâmpadas acendem? O que a corrente elétrica leva para as lâmpadas, afinal? Ou não leva nada?

Agora você vai utilizar o voltímetro e medir a ddp (tensão) em cada lâmpada. Anote os valores de corrente e ddp em cada lâmpada na tabela.

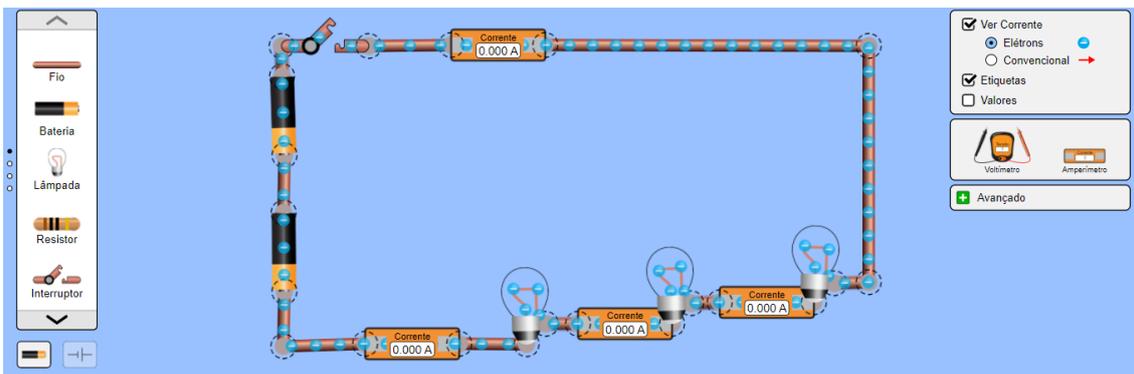


E também coloque o brilho das lâmpadas em ordem crescente da menor para a maior.

| Lâmpada (R) | Corrente elétrica (i) | DDP (U) |
|-----------------|---------------------------|---------------------|
| 10 Ω | | |
| 30 Ω | | |
| 50 Ω | | |
| Menor brilho | Brilho intermediário | Brilho mais intenso |
| | | |

Circuito 2

Vamos refazer a montagem do circuito 2 e incluir os amperímetros como na figura abaixo.



Observe a corrente elétrica em cada uma das lâmpadas.

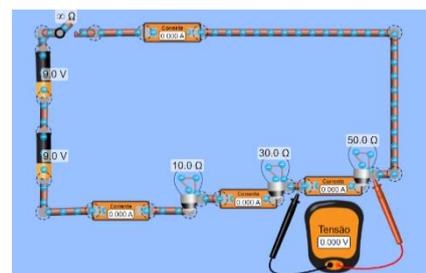
22) Houve alteração na corrente elétrica total?

23) A corrente elétrica é igual em cada lâmpada? Por que ela é igual?

24) Houve consumo de corrente elétrica?

25) Você consegue ter alguma conclusão sobre a corrente elétrica e o brilho nas lâmpadas?

Hora de usar o voltímetro para medir a ddp (tensão) em cada lâmpada. Anote os valores de corrente e ddp em cada lâmpada na tabela.



E também coloque o brilho das lâmpadas em ordem crescente da menor para a maior.

| Lâmpada (R) | Corrente elétrica (i) | DDP (U) |
|-----------------|---------------------------|---------------------|
| 10 Ω | | |
| 30 Ω | | |
| 50 Ω | | |
| Menor brilho | Brilho intermediário | Brilho mais intenso |
| | | |

No circuito 1, as lâmpadas foram ligadas de uma forma que chamamos de paralelo. Assim, ele é um circuito paralelo.

26) O que você pode afirmar sobre o circuito paralelo em relação às correntes e às ddps?

No circuito 2, as lâmpadas foram ligadas uma ao lado da outra, esse tipo de ligação recebe o nome de ligação em série. Dessa forma o circuito 2 é um circuito série.

27) O que você pode afirmar sobre o circuito série em relação às correntes e às ddps?

28) E sobre o brilho das lâmpadas? Conseguiu alguma conclusão?

Para ajudar, pegue as tabelas de tensão e corrente e faça o produto entre elas.

Circuito 1

| Lâmpada (R) | Corrente elétrica (i) | DDP (U) | $U \cdot i$ |
|-----------------|---------------------------|---------------------|-------------|
| 10 Ω | | | |
| 30 Ω | | | |
| 50 Ω | | | |
| Menor brilho | Brilho intermediário | Brilho mais intenso | |
| | | | |

Circuito 2

| Lâmpada (R) | Corrente elétrica (i) | DDP (U) | $U \cdot i$ |
|-----------------|---------------------------|-------------|-------------|
| 10 Ω | | | |
| 30 Ω | | | |
| 50 Ω | | | |

| | | | |
|--------------|----------------------|---------------------|--|
| Menor brilho | Brilho intermediário | Brilho mais intenso | |
| | | | |

Agora, veja qual lâmpada brilha mais ou menos em relação ao produto que você fez.

29) Consegue ter alguma conclusão sobre isso? Qual?

A resistência elétrica de cada lâmpada irá influenciar na rapidez com que cada lâmpada recebe energia.

E essa rapidez com que cada lâmpada recebe energia é que vai determinar seu brilho, quanto mais energia receber em menos tempo, mais ela irá brilhar. E tem uma grandeza física que mede isso, é chamada de potência elétrica.

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

Mas a potência também é dada pelo produto entre a diferença de potencial e a corrente elétrica em cada lâmpada.

A potência também pode ser descrita pelo produto entre a tensão e a corrente.

$$P = \frac{U \cdot q}{\Delta t}$$

$$P = U \cdot i$$

30) E agora, qual a conclusão que podemos ter sobre a potência e o brilho das lâmpadas?

31) Na sua casa, os equipamentos como televisão, computador, as lâmpadas. Esses equipamentos consomem corrente elétrica?

APÊNDICE B – Plano de aula

PLANO DE AULA**1. IDENTIFICAÇÃO**

DOCENTE: Pablo Gorgonho de Medeiros

ASSUNTO: Eletrodinâmica

DISCIPLINA: Física

TURMA:

DATA:

DURAÇÃO: 90 min

ESCOLA:

CONTEÚDOS:

Corrente Elétrica e sua conservação, potência elétrica.

2. INTRODUÇÃO

Em nossa atual sociedade, a utilização da energia elétrica é condição indispensável para mantermos nossa qualidade e estilo de vida. Indústrias, comércio, lazer, entretenimento, enfim, quase tudo necessita de energia elétrica para se manter funcionando. E para que esse funcionamento ocorra a contento, é necessário que exista um fenômeno físico denominado de corrente elétrica.

Diante disso, é mister entender os conceitos físicos básicos relacionados à corrente elétrica para que se possa entender melhor o mundo ao nosso redor e participar da inclusão tecnológica cada vez mais acessível ao público em geral.

Da mesma forma, os equipamentos eletroeletrônicos são muito comuns e conhecer a relação que possuem com a corrente elétrica e também com a potência elétrica ajudam na compreensão e solução de pequenos problemas encontrados em nosso cotidiano. Além disso, é muito comum a concepção alternativa de consumo de corrente elétrica, assim essa aula irá utilizar um software gratuito no sentido de gerar um conflito cognitivo sobre essa concepção.

Nessa perspectiva, uma aula que traga a construção do conceito de potência elétrica e da conservação da corrente elétrica é importante na formação acadêmica e cidadão de nossos alunos.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Compreender o conceito de potência elétrica em função do brilho de lâmpadas em circuitos elétricos simples.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Construir o conceito de conservação de corrente elétrica.

Compreender a relação entre o brilho das lâmpadas e o conceito de potência elétrica.

Aplicar a lei de Ohm na determinação da corrente elétrica total.

4. QUESTÕES INICIAIS

Os alunos já possuem o conhecimento sobre corrente elétrica, diferença de potencial (ddp) e resistência elétrica. A lei de Ohm relacionando corrente, ddp e resistência bem como sua aplicação.

5. RECURSOS DIDÁTICOS

Projeter multimídia, Computadores do Laboratório de informática, Simulador de circuitos elétricos da plataforma PheT. Formulários google forms.

6. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

A aula terá um roteiro estruturado com o desenvolvimento de uma simulação virtual na forma de demonstração utilizando circuitos elétricos simples montados na plataforma PHET.

Será expositiva e interativa, na medida em que a montagem dos circuitos é feita pelo professor e um roteiro de questionamentos com base em situações problema é respondido pelos alunos. Várias situações são apresentadas e por meio delas os alunos possuem o direcionamento no sentido da construção do conceito científico adequado. Assim, os alunos interagem com a atividade e constroem suas soluções e conclusões em relação às situações criadas.

A aula constará de 3 momentos:

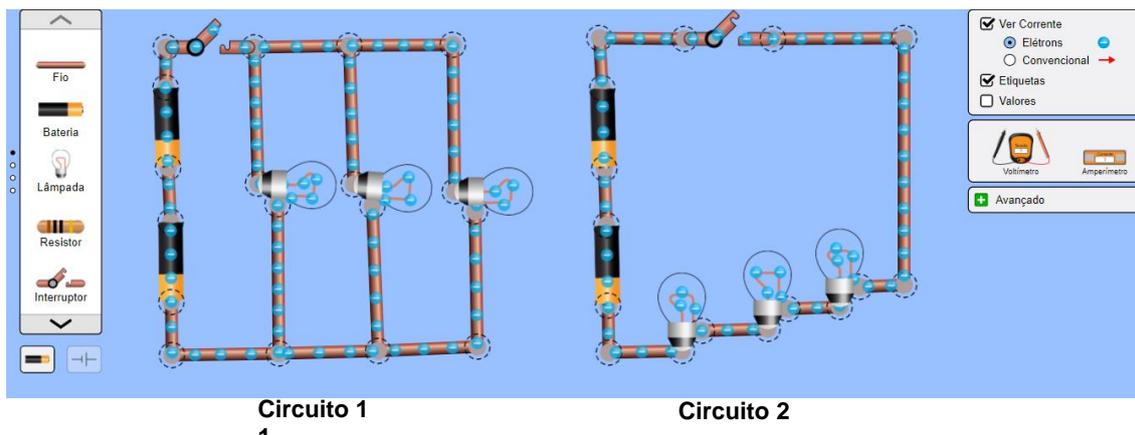
MOMENTO 1 – APRESENTAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E PERCEPÇÃO DA CONCEPÇÕES INICIAIS DOS ALUNOS. (20 min)

Os alunos serão orientados sobre o desenvolvimento da atividade e acompanharão a demonstração do funcionamento de dois circuitos elétricos simples em um simulador virtual e responderão há algumas questões sobre diversas situações criadas.

O objetivo geral da aula será apresentado aos alunos, como sendo a compreensão do conceito de potência elétrica.

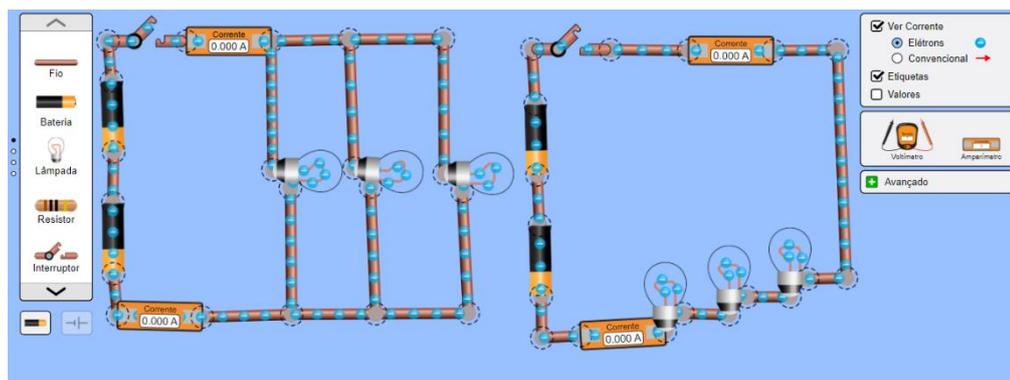
Será apresentado o site do PHET e o aplicativo de construção dos circuitos elétricos.

Dois circuitos pré-construídos (conforme figura abaixo) em outra janela do navegador serão apresentados aos alunos e algumas perguntas sobre o brilho das lâmpadas e a corrente elétrica serão feitas.



Essas perguntas possuem o objetivo de perceber as concepções iniciais sobre a associação entre corrente elétrica e o brilho das lâmpadas.

Após, os alunos verão esses circuitos com a inserção de amperímetros.



Novamente, algumas perguntas serão feitas com o objetivo de verificar as concepções iniciais dos alunos sobre a conservação da corrente elétrica.

MOMENTO 2 – CONSTRUÇÃO DOS CONCEITOS DE CONSERVAÇÃO DE CORRENTE ELÉTRICA (40 min)

Ainda nos circuitos anteriores, os alunos farão a leitura nos amperímetros, verificando que as correntes elétricas são iguais antes e depois das lâmpadas. Isso acontecerá em ambos os circuitos e alguns alunos devem entrar em conflito cognitivo, principalmente no circuito 2, circuito série. As pesquisas mostram que a concepção alternativa sobre o consumo de corrente elétrica é mais comum nesses circuitos simples.

Alguns alunos também devem ficar confusos com relação ao brilho das lâmpadas, pois esperariam que as lâmpadas mais afastadas das baterias teriam menor brilho. Espera-se que essa concepção seja a mesma para a corrente elétrica, isto é, que em pontos do circuito mais afastados das baterias, a corrente elétrica seja menor.

Agora, os alunos anotam os valores das leituras e são questionados sobre o consumo da corrente elétrica e sobre o motivo das lâmpadas acenderem mesmo sem haver consumo de corrente elétrica. Essa pergunta é feita, com base na concepção alternativa sobre o consumo de corrente elétrica. Para muitos alunos, o conceito de corrente elétrica se confunde com o de energia, então a transformação de energia que ocorre nas lâmpadas, utilizando energia elétrica transferida pela corrente elétrica, confunde-se com o consumo de corrente elétrica.

Contudo a resposta sobre a energia elétrica e sua transferência às lâmpadas por meio da corrente elétrica ainda não será dada, espera-se que os alunos construam essa concepção ao final da aula.

Nesse momento, a concepção de conservação de corrente elétrica está sendo priorizada. Assim, os alunos aplicam a lei de Ohm para encontrar a corrente total e são convidados a refletir sobre a ideia de totalidade da corrente elétrica. Aqui espera-se que os alunos tenham uma concepção adequada de que ela representa toda a corrente que é fornecida aos componentes do circuito. E que o valor dessa corrente depende dos componentes desse circuito, isto é, do valor total de suas resistências. Por isso, é interessante a comparação com dois circuitos. Caso os

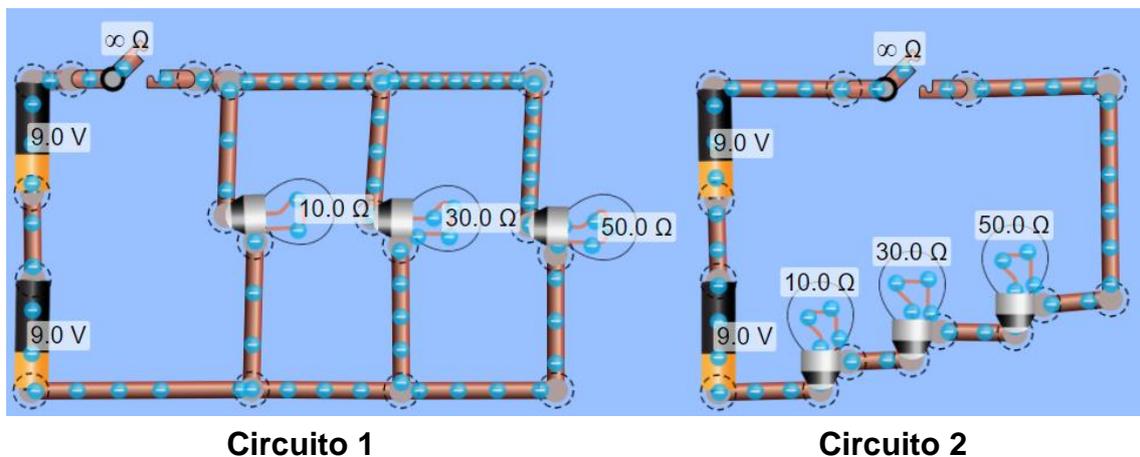
alunos tenham dificuldade com essa resposta, o professor deve intervir direcionando para a sua compreensão.

Esse momento da aula termina com a aplicação da lei de Ohm e a comparação da corrente elétrica indicada nos amperímetros e a calculada pelos alunos. O professor deve auxiliar os alunos na resolução dessa aplicação para ambos os circuitos por meio do quadro ou da solução em editor de apresentação como o power point.

MOMENTO 3 – CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE POTÊNCIA ELÉTRICA (30 min)

Nesse momento os circuitos serão montados, inicialmente na mesma janela, mas depois serão tratados de forma separada.

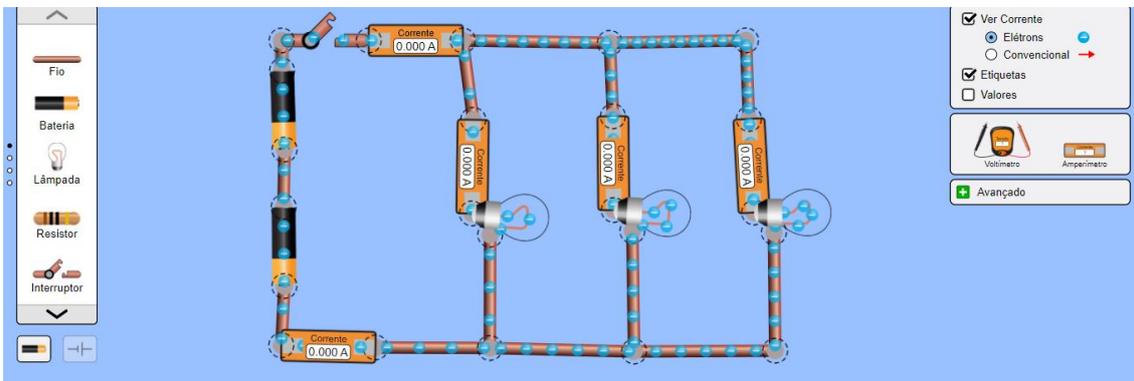
Assim, os mesmos circuitos serão montados, mas agora as lâmpadas terão os valores de resistência alterados. O professor fará a alteração e apresentará aos alunos o circuito montado com os novos valores.



Com os circuitos montados e com os valores de resistência omitidos, os alunos serão questionados novamente sobre a conservação da corrente elétrica. Dessa vez os brilhos das lâmpadas são diferentes para um mesmo circuito, espera-se que alguns alunos ainda devam retomar o conceito de que a corrente é consumida, pois também há a concepção alternativa de que o brilho da lâmpada está associado à corrente elétrica. Brilho menor, corrente menor.

Agora, os amperímetros serão inseridos no circuito. Mas por falta de espaço na janela e pela limitação em número de amperímetros disponíveis na plataforma, será analisado um circuito por vez.

Primeiro o circuito 1.



Novamente, os alunos devem observar os amperímetros e os brilhos das lâmpadas. Primeiro, a conservação da corrente total, os alunos devem constatar a conservação da corrente elétrica e gerando o conflito cognitivo. Contudo devem perceber que a corrente elétrica é menor para a lâmpada com o brilho menor.

Ainda assim, as perguntas direcionam para a conservação da corrente elétrica, no circuito 2 o conceito da relação entre brilho e corrente será retomado.

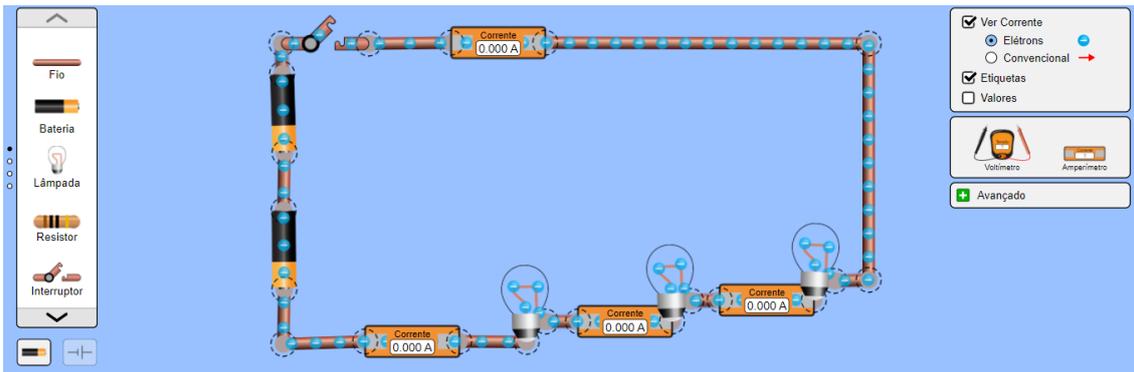
Os alunos são questionados sobre a soma da corrente elétrica em cada lâmpada e a corrente elétrica total. Se eles conseguem estabelecer alguma relação. Espera-se que consigam, com base na concepção da conservação da corrente elétrica.

Agora é retomada a questão da transferência de energia para as lâmpadas. Novamente, os alunos são questionados sobre o porquê de as lâmpadas acenderem, mesmo sem o consumo de corrente elétrica. Assim, eles devem sugerir que a corrente elétrica transporta outra coisa, provavelmente energia. Caso os alunos não associem à energia, o professor deve direcionar para esse conceito com base na transferência de energia e na transformação de energia elétrica em luminosa ou térmica pela lâmpada.

Após a discussão dessa pergunta, ainda se espera que os alunos associem o brilho das lâmpadas à intensidade da corrente elétrica.

Ainda não é hora dessa discussão ser retomada, antes disso o professor deve utilizar um voltímetro e pedir que os alunos anotem o valor da ddp e da corrente elétrica de cada lâmpada em uma tabela, bem como os brilhos das lâmpadas.

Após essas anotações, os alunos são apresentados ao circuito 2.



As perguntas feitas para a demonstração do circuito 1 também são feitas para o 2. Ainda devem surgir as concepções de consumo de corrente elétrica no circuito série em que o brilho das lâmpadas é diferente. Com os amperímetros e a intensidade de corrente elétrica exposta, devem surgir novos conflitos cognitivos e o conceito de conservação de corrente elétrica é retomado nas perguntas feitas aos alunos.

Da mesma forma os alunos também devem construir uma tabela com os valores de resistência, ddp, corrente elétrica e brilho. Mas, dessa vez, o brilho não será proporcional à corrente elétrica. Mesmo com as lâmpadas em série e percorridas pela mesma corrente elétrica, o brilho das lâmpadas é diferente. Os alunos também entram em conflito cognitivo com relação à concepção da proporcionalidade direta entre o brilho com a corrente elétrica.

A seguir, os alunos devem preencher uma nova tabela para os dois circuitos, agora com uma coluna a mais. Nessa coluna os alunos devem incluir o produto entre corrente elétrica e ddp. Após, eles são convidados a comparar o brilho das lâmpadas com os valores do produto e indicarem a qual conclusão chegaram sobre essa comparação. Espera-se que comentem sobre a proporcionalidade direta do brilho com o produto.

O professor intervém comentando sobre o conceito de potência elétrica, é provável que os alunos não construam sozinhos o conceito, precisam da orientação do professor, concentrando na ideia de transferência de energia em relação ao tempo.

Na simulação do PHET, as cargas elétricas alteram sua velocidade no condutor em função da corrente elétrica. É preciso ter cuidado, pois essa velocidade não está relacionada à potência, lembrando do caso no circuito série. Assim, poderia-se definir a potência como sendo a rapidez com que essas lâmpadas

conseguem promover os processos de transformação de energia. Então, as lâmpadas que brilham mais, são aqueles que conseguem transformar mais energia elétrica em luminosa no mesmo tempo que as outras.

É interessante usar a relação matemática de definição de energia em razão do tempo e chegar a relação entre ddp e corrente elétrica.

Finalmente os alunos podem descrever, que conclusão possuem sobre a potência e o brilho das lâmpadas, bem como sobre o consumo de corrente elétrica. Uma pergunta final sobre os equipamentos domésticos também pode ser feita, verificando a relação entre a corrente elétrica e a potência elétrica.

Na aula seguinte, outras questões baseadas nessa aula podem ser exploradas, como por exemplo: a melhor forma de ligar os equipamentos em casa é em série ou em paralelo? Qual forma consome menos energia? Qual a relação entre a corrente elétrica, energia e potência nas residências?

7. SISTEMÁTICA DE AVALIAÇÃO

A avaliação dos objetivos na aula será feita pelo acompanhamento do professor diante da participação dos alunos na atividade e por meio do preenchimento do formulário no google forms em que estarão as perguntas. Ademais, durante a intervenção, o professor poderá perguntar a alguns alunos qual a alternativa que eles consideram a correta, para que eventuais respostas erradas sejam prontamente corrigidas e não comprometam a construção dos conceitos almejados.

Serão avaliados se os alunos atingiram tanto o objetivo geral como os objetivos específicos.