

Circuitos elétricos simples utilizando simulações e experimentos em uma escola de Ensino Médio¹

RESUMO

É muito importante para o Ensino de Ciências que as atividades experimentais sejam planejadas de forma a promoverem a vinculação entre teorias científicas e a realidade. Frente a isso, elaborou-se neste trabalho um Produto Técnico-Tecnológico (ou produto educacional) que integra atividades computacionais, por meio de simulações na plataforma online PhET, e atividades experimentais, através da placa de prototipagem Arduino, para o Ensino de Física no Ensino Médio, especificamente para o estudo da eletricidade focado em circuitos elétricos simples. O material é dirigido a professores interessados na implementação de métodos ativos visando a amenização de concepções alternativas dos estudantes sobre eletricidade. Sua aplicação e validação com uma turma de alunos da 3ª série do Ensino Médio reforçou a importância das atividades experimentais e o uso das tecnologias digitais na sala de aula, como o Arduino e a plataforma online PhET. Além disso, teve-se o destaque para a abordagem das concepções alternativas, indicando a importância de se tratar essa questão nas relações de ensino e aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE: Eletricidade. Ensino Médio. Concepções alternativas. PhET. Arduino.

Lucas Rocha Bariani

lucasbariani@gmail.com
[0000-0002-1340-8115](tel:0000-0002-1340-8115)

Universidade do Estado de Mato Grosso,
Sinop, Mato Grosso, Brasil.

Leonardo Albuquerque

Heidemann
leonardo.h@ufrgs.br
[0000-0001-5143-6275](tel:0000-0001-5143-6275)

Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul,
Brasil.

Daiana Demarco

daia_demarco@msn.com
[0000-0002-8180-3432](tel:0000-0002-8180-3432)

Escola Estadual de Sarandi, Sarandi, Rio
Grande do Sul, Brasil.

Ricardo Robinson Campomanes
Santana

ricardo.santana@ufmt.br
[0000-0003-0277-5216](tel:0000-0003-0277-5216)

Universidade Federal de Mato Grosso,
Sinop, Mato Grosso, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Diversos desafios se apresentam para o Ensino de Ciências, desde dificuldades relativas à atualização dos professores, até a falta de materiais pedagógicos. Martins (2005) complementa, para o Ensino de Física, sobre a dificuldade de se encontrar metodologias específicas que viabilizem o cumprimento de objetivos inovadores para as relações de ensino e aprendizagem. Portanto, elaborou-se neste trabalho uma atividade que integra atividades computacionais e atividades experimentais para o Ensino de Física no Ensino Médio, particularmente para o estudo de circuitos elétricos.

Monteiro e colaboradores afirmam: “Já foi bastante estudado e até já se formou consenso entre os pesquisadores em Ensino de Ciências, que as atividades experimentais são muito importantes para o processo de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos” (MONTEIRO *et al.*, 2018, p. 1004). No entanto, são conhecidas as dificuldades enfrentadas pelos professores em explorar a experimentação na prática. Uma das dificuldades enfrentadas é a de o professor não considerar as concepções prévias ou concepções alternativas (CA) que os estudantes trazem sobre determinado assunto.

A partir do cenário apresentado, justifica-se o presente trabalho. Ele é parte da pesquisa desenvolvida num mestrado profissional, no qual foi elaborado um Produto Técnico-Tecnológico (PTT) para fins educacionais, conhecido como produto educacional (PE), aplicado numa turma da 3ª Série do Ensino Médio na disciplina de Física. Este PTT propõe atividades relacionados ao conteúdo de eletricidade, sobre circuitos elétricos simples.

Em relação às abordagens didáticas presentes no PTT, o material propõe a situação de construir uma relação de ensino e aprendizagem a partir das concepções alternativas dos estudantes sobre eletricidade. Foi aplicado um teste inicial (T1) sobre circuitos elétricos simples com opções de respostas diretas para mapear as CA dos estudantes. Em outro momento, os estudantes são encorajados a testar suas respostas através do uso de simulação computacional da plataforma digital online PhET. Posteriormente, para validar empiricamente o obtido pela simulação computacional, são montados circuitos com o auxílio da plataforma Arduino. A ideia é que o educando seja instigado com os circuitos do teste T1 a pensar sobre os fenômenos de eletricidade, e depois possa investigá-los (semelhantemente ao processo de investigação que seria feita por um pesquisador mediante uma problemática de pesquisa). Tem-se ainda, ao final, a aplicação de um outro teste T2, que apresenta as mesmas questões de T1, mas reordenadas, com o intuito de levar o participante mais uma vez à reflexão de qual concepção ele usará para responder as perguntas.

Assim, a metodologia do trabalho se apresentou com a elaboração e planejamento do PTT. Na sequência, tem-se o levantamento de dados durante a aplicação em sala de aula. O objetivo do trabalho é justamente investigar as potencialidades do material desenvolvido para uma aprendizagem científica dos tópicos de circuitos elétricos, tornando assim indispensável sua validação num ambiente pedagógico. Essa etapa aconteceu com uma turma de 20 alunos da 3ª série do Ensino Médio, numa escola particular no município de Sarandi, no estado de Rio Grande do Sul.

Com essa aplicação, a análise e discussão dos resultados buscou ponderar sobre como foi a experiência dos educandos durante o desenvolvimento das atividades do PTT. Com os testes T1 e T2 obteve-se dados numéricos, que ajudaram a discutir sobre a possível aprendizagem científica dos saberes envolvidos. Além disso, com os relatos da professora local que ajudou na aplicação do PE, conseguiu-se discutir e refletir de modo mais amplo sobre as facilidades e as dificuldades de sua utilização, tanto com as falas da professora, quanto com as falas dos alunos.

Reforça-se que as discussões dos resultados buscaram explorar os impactos das atividades práticas, a partir de ferramentas digitais, nessa relação de ensino e aprendizado.

A pergunta a ser respondida neste trabalho é: quais as contribuições de um PTT educacional pautado pela integração de experimentos reais e simulações computacionais na formação dos estudantes de Ensino Médio?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Experimentação nas aulas de ciências

O Trabalho Experimental (TE) “é a atividade desenvolvida num ambiente criado para esse fim, envolvendo-se os alunos em experiências de aprendizagem planejadas, interagindo com materiais para observar e compreender fenômenos” (NEVES; CABALHERO; MOREIRA, 2006, p. 384).

O TE tem sido amplamente estudado pela sua relevância na aprendizagem das ciências como metodologia de ensino. No entanto, nem sempre o TE se mostrou satisfatório, de tal modo que alguns autores defendem a necessidade de sua reconceitualização à luz de uma perspectiva construtivista social da natureza da ciência e da aprendizagem procurando formas de conseguir uma aprendizagem significativa (NEVES; CABALHERO; MOREIRA, 2006, p. 384). Os mesmos autores afirmam:

A importância do TE é reconhecida pelos mais representativos modelos de ensino das ciências pelo que somos levados a admitir que este possui efetivamente potencialidades educativas relevantes. [...] não são suficientes as atividades de “mãos na massa”; é necessário também recorrer a experiências que envolvam “cabeça na massa”, ou seja, para lá de manipular equipamento, é preciso manipular ideias. [...] implica colocar aos alunos situações problemáticas cuja procura de solução conduza à reestruturação do conhecimento que já possui (NEVES; CABALHERO; MOREIRA, 2006, p. 384).

Similarmente, Carvalho (2013), discorrendo sobre a construção do conhecimento, abordando a importância do experimento como possível meio desse processo, diz: “[...] o planejamento de uma sequência de ensino que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito deve iniciar por atividades manipulativas. Nesses casos a questão, ou o problema, precisa incluir um experimento [...]” (CARVALHO, 2013, p. 3). Assim sendo, depreende-se para as aulas de Ciências a inevitabilidade da realização de experimentos. Carvalho (2013) diz que a “[...] derrubada dos obstáculos já acumulados pela vida cotidiana não é tarefa fácil para a escola, e um caminho é [...] procurar mudar a cultura

experimental – de uma experimentação espontânea a uma experimentação científica – para que os alunos possam (re)construir seu conhecimento” (p. 9).

2.2 Ensino de Ciências e o perfil conceitual

As primeiras pesquisas sobre as concepções alternativas (CA) que os estudantes trazem nas aulas de ciência foram dadas a partir dos anos 70. CA também são conhecidas como conceitos espontâneos, conceitos intuitivos, formas espontâneas de raciocínio, entre outras. As CA dos estudantes podem diferir significativamente dos conceitos científicos (NARDI; GATTI, 2004).

Logo, as tentativas foram de encontrar um modelo em que o estudante mude suas concepções alternativas por uma concepção aceita cientificamente, sendo esse o primeiro trabalho que descreve a aprendizagem dos alunos em termos de mudança conceitual, proposto por Posner e colaboradores (1982). Os autores se ampararam em análises históricas e filosóficas da ciência dos trabalhos de Kuhn, Lakatos e Toulmin, e procuravam explicar como se daria esse processo de mudança conceitual.

Muitas críticas foram feitas ao modelo de mudança conceitual de Posner *et al.* (1982). De acordo com Nardi e Gatti (2004), elas foram importantes para o desenvolvimento das discussões na área. Algumas das críticas são dirigidas à noção de substituição existente no modelo de Posner *et al.* (1982). Nardi e Gatti (2004) colocam que as investigações que se seguiram não apresentam a ideia de que as concepções prévias são substituídas pelos conceitos científicos.

Também, percebe-se uma dificuldade para esse entendimento de mudança conceitual, pois “[...] as ideias alternativas [...] são pessoais, fortemente influenciadas pelo contexto do problema e bastantes estáveis e resistentes à mudança [...]” (MORTIMER, 1996, p. 21). Isso problematiza a ideia de uma metodologia de ensino que almeje uma mudança conceitual, pois as concepções prévias dos alunos “[...] são bastante resistentes à mudança e que, mesmo sendo submetidas a situações de conflito, muitas vezes não há construção de um conhecimento novo, mas reafirmação do senso-comum.” (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017, p. 10). Esses autores questionam:

Os estudantes trazem suas próprias concepções e explicações sobre os fenômenos naturais, baseadas na sua experiência de vida, nas informações bombardeadas todos os dias pela mídia, pelos produtos à venda, etc. O que fazer nesse cenário? Quais os objetivos do ensino de ciências nesse contexto? O professor deve ignorar esses conhecimentos? Deve organizar seu curso de maneira a fazer com que os alunos substituam suas crenças e concepções pelo conhecimento científico? Ou deve possibilitar oportunidades de compreensão da forma científica de pensar o mundo? (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017, p. 9).

Mediante esse problema, tem-se como possibilidade um “[...] modelo alternativo para compreender as concepções do estudante [...]: a noção de perfil conceitual” (MORTIMER, 1996). O perfil conceitual se entende pela noção de que uma relação de ensino e aprendizagem vai possibilitar para o educando a construção de um novo saber (o saber científico), que será agregado ao repertório do aluno. Ou seja, o conhecimento aprendido fará parte do perfil do aluno, passando “[...] a conviver com as ideias anteriores, sendo que cada uma delas pode

ser empregada no contexto conveniente”, e que: “Essa noção permite entender a evolução das ideias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de ideias alternativas por ideias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções [...]” (MORTIMER, 1996, p. 23).

Assim, com esse entendimento, o objetivo do Ensino de Ciência se dá pela compreensão dos conceitos científicos, ao invés de se focar em fazer com que os estudantes acreditem na Ciência. Ou seja, “[...] compreender aquela teoria, sem a pretensão de acreditar, mas entender as razões pelas quais algumas pessoas e comunidade acreditam e tem compartilhado esse conhecimento” (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017, p. 17). Portanto, uma proposta de ensino e aprendizagem iria buscar a construção do saber científico, evidenciando que esse saber será agregado ao perfil do aluno.

Além do exposto, o problema com a mudança conceitual seria uma possível supressão dessas concepções trazidas pelos educandos, desprezando assim o conhecimento tradicional. O dilema colocado seria o inerente pensamento de superioridade científica, que poderia escalonar para uma supressão de todo e qualquer saber distinto das Ciências (seja cultural, religioso, filosófico, etc.) (EL-HANI; MORTIMER, 2007; MORTIMER, 1996).

Porém, como relembra El-Hani e Mortimer (2007), a proposta é de coexistência, baseando-se pela ética, que irá direcionar os diálogos e as discussões entre essas visões. Logo, as relações de ensino e aprendizagem devem buscar propiciar ambientes para que se aconteça essa compreensão. Uma vez que houve a aprendizagem científica, se coloca a partir da ética de coexistência as duas visões em diálogos e confrontos.

Um ponto interessante nesse contexto de concepções alternativas seria para o Ensino de Física, para os tópicos de eletricidade. Um exemplo típico dessa situação é a analogia da corrente elétrica com um fluxo de água. Se considerarmos, por exemplo, uma corrente elétrica alternada, tem-se poucas características que poderiam fundamentar essa comparação (GRAVINA; BUCHWEITZ, 1994). Andrade *et al.* (2018) comentam na recorrência dessas concepções alternativas para a eletricidade, e aponta a necessidade de abordagens didáticas específicas para esses saberes, que busquem lidar com essa recorrência.

3 METODOLOGIA

3.1 De Ensino

Uma metodologia de ensino busca pensar um problema da prática pedagógica e, a partir daí, investigar formas de tratar essa questão da educação (BORBA; ALMEIDA; GRACIAS, 2019). Nesse sentido, por exemplo, professores “[...] consideram como utilizar as novas tecnologias digitais em sala ou como ensinar determinado conteúdo de forma mais lúdica” (BORBA; ALMEIDA; GRACIAS, 2019, p. 43).

Neste trabalho, a metodologia de ensino se concentra no PTT desenvolvido e na proposta de como utilizá-lo na sala de aula. Trata-se de um material didático para professores, para uso no Ensino de Física no Ensino Médio, tratando sobre circuitos elétricos simples. Esse material propõe a atividade baseando na relação

do Ensino de Ciências com o perfil conceitual, ou seja, de que se possibilite um momento de aprendizagem científica, agregando ao perfil dos educandos.

3.1.1 Produto Técnico-Tecnológico

Um produto educacional é entendido como uma ferramenta produzida a partir de pesquisas científicas, podendo ser apresentada em diversos formatos, passível de ser utilizável por profissionais da educação (BORBA; ALMEIDA; GRACIAS, 2019).

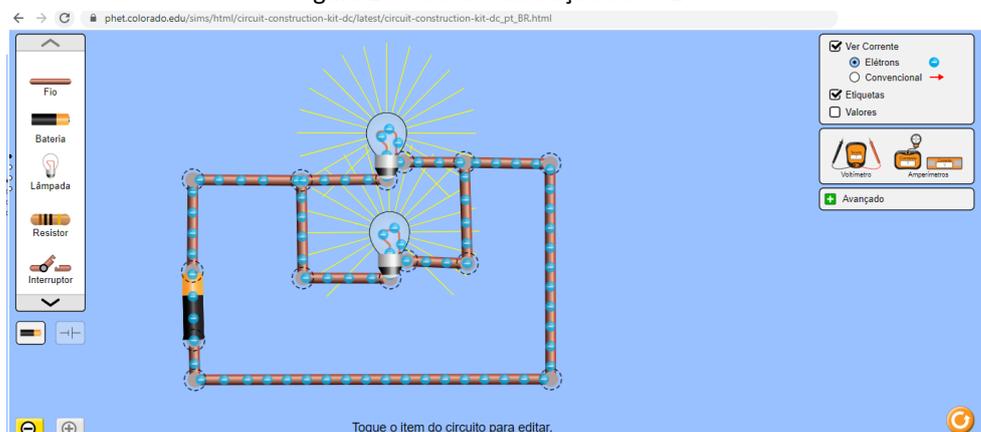
Este trabalho propõe um produto educacional para o ensino de eletricidade e o aplica, focado em atividades experimentais, com destaque para o uso da plataforma Arduino e da plataforma digital online PhET, como tecnologias para o seu desenvolvimento. Trata-se de um material explicativo para os professores, visando orientar para que eles possam melhor adequar as atividades para os respectivos contextos e ambientes escolares.

O PTT possui atividades sugeridas para mapear as CA dos estudantes. Uma primeira referência para se considerar seriam aos moldes de Gravina e Buchewetiz (1994). Eles apontam que se deve iniciar com uma sondagem, por meio de um teste prévio, para se mapear as concepções prévias sobre eletricidade trazidas pelos estudantes.

Para isso, tem-se o teste T1, composto de 10 questões de múltipla escolha, sobre conceitos de eletricidade em circuitos elétricos simples, em que se evitou ao máximo o uso de termos da linguagem científica (ver <https://drive.google.com/file/d/1yf2zFWrsls7MaQiWPYj1qZiYx3A7DKp3/view?usp=sharing>). Após a aplicação de T1, a proposta se baseia na simulação computacional dos circuitos do questionário T1 com o PhET, que é uma plataforma de sistemas computacionais para simulação, sendo gratuita e livre.

Assim, o aluno usa o PhET, desenhando no software os circuitos de T1 e obtém os resultados da simulação. Ou seja, o aluno estará interagindo com um modelo computacional sobre circuitos elétricos para se obter as previsões desse modelo para determinadas configurações dos circuitos. A Figura 1 a seguir retrata a tela de simulação do PhET com um circuito elétrico de T1 (circuito com duas lâmpadas em paralelo).

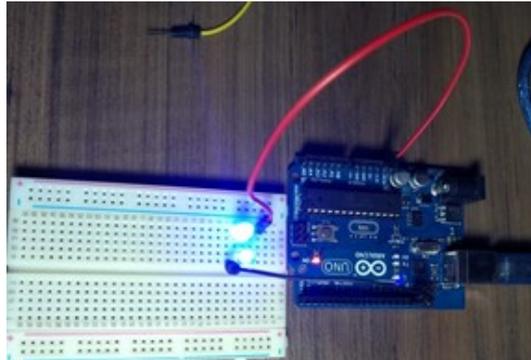
Figura 1 – Tela de simulação do PhET



Fonte: UNIVERSITY OF COLORADO (2022).

A tendência seria que o aluno considere esses resultados da simulação computacional como definitivos. Porém, aqui também se aborda que toda simulação está governada por um modelo computacional elaborado a partir de hipóteses, simplificações e aproximações, e que o caminho natural da investigação científica seria o contraste da predição do modelo a partir de um sistema físico real, que nesse PTT seria a elaboração de circuitos por meio do uso da plataforma Arduino. Na Figura 2 tem-se o retrato do uso de Arduino para montagem do circuito com duas lâmpadas (nesse caso, LED) em paralelo.

Figura 2 – Retrato de um circuito montado no Arduino



Fonte: Acervo dos autores (2022).

Ao respeito, o Arduino é definido como uma placa microcontrolada (sistema constituído por hardware e software), desenvolvido para aplicações diversas (MONK, 2017). Como vantagem, essa plataforma é de fácil uso, permitindo que com noções básicas se possa montar os primeiros experimentos com esse sistema.

Finalizado essas etapas, tem-se a aplicação de outro teste, T2 (ver https://drive.google.com/file/d/1SrRKU4jf1Fwd9AXXuX0KasQoKBTzZ519/view?usp=drive_link). Suas questões foram as mesmas questões de T1, mas enumeradas diferentemente, justamente buscando entender o processo ocorrido nos educandos com as atividades sobre os conceitos científicos abordados.

3.2 De Pesquisa

A pesquisa se iniciou com a elaboração do PTT e o planejamento para sua aplicação em ambientes pedagógicos. A pesquisa é de caráter qualitativa, ou seja, uma pesquisa que trata de observações de momentos de ensino e aprendizagem específicos, buscando compreender suas particularidades. Borba, Almeida e Gracias (2019) pontuam que uma pesquisa qualitativa “[...] enfatiza dimensões subjetivas e objetivas do conhecimento [...]” (p. 44). Nesse sentido, essa pesquisa tem por interesse a exploração das potencialidades do material desenvolvido, por meio de observações e análises do momento de validação realizado em ambiente pedagógico.

Nesta pesquisa adota-se a metodologia da categoria estudo de caso, de tipo exploratória, ou seja, um trabalho no intuito de examinar uma situação, buscando encontrar possibilidades e ampliar os conhecimentos (GIL, 2002). Assim, nesta pesquisa intenta-se explorar o PTT, para verificar seu uso no ensino-aprendizagem de eletricidade. Para a análise de dados, baseia-se nas características da pesquisa exploratória, ou seja, na busca de melhor compreender a situação de interesse, a

partir das possibilidades e desafios encontrados (GIL, 2002), com os relatos dos momentos de validação, com as percepções obtidas no desenrolar das atividades, e com as opiniões, as interpretações e as implicações que os participantes externalizaram (seja por falas, ou por escrita). O projeto, durante a elaboração do material, foi cadastrado junto ao Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, com Parecer Consubstanciado n.º 5.711.144, e Certificado de Apresentação para Apreciação Ética – CAAE: 52300121.0.0000.8097.

A validação do PTT, ou seja, sua aplicação em ambiente pedagógico ocorreu com uma turma de 3ª série do Ensino Médio de uma escola particular no município de Sarandi, no estado de Rio Grande do Sul, com 20 alunos. A análise se deu com os dados obtidos dos testes T1 e T2 do PTT, com os relatos dos alunos participantes, e com as percepções da professora responsável, para assim se explorar os impactos das atividades experimentais propostas nessa relação de ensino e aprendizado sobre eletricidade. Explorou-se ainda sobre as concepções prévias dos alunos sobre os tópicos de circuitos elétricos, e como isso potencialmente influenciou no processo de aprendizagem dos educandos. Para essa discussão, tratou-se os dados obtidos de T1 e T2 com uma ferramenta estatística, e de forma dialógica comparou-se esse levantamento com os dados da experiência pedagógica vivenciada pela professora e pelos alunos, por meio dos relatos obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA APLICAÇÃO DO PTT COM UMA TURMA DE ENSINO MÉDIO

Essa ação foi realizada com uma turma de 20 alunos de 3ª série do Ensino Médio de uma escola particular no município de Sarandi-RS, com o auxílio da professora de física da escola. O desenvolvimento da proposta em sala só teve início após os alunos já terem tido aulas dos conteúdos de corrente elétrica, de associação de resistores, e outros tópicos associados do currículo.

A aplicação do PTT ocorreu em três encontros com duas horas-aula por dia. A professora guiou todas as atividades, e anotou os relatos gerais dos alunos. A seguir no Quadro 1 é descrito as atividades realizadas nos encontros.

Quadro 1 – Descrição geral dos encontros com a turma de Ensino Médio

Encontro	Principais atividades realizadas
1º Encontro: presencial	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilização de T1; • Coleta das respostas dos alunos para T1; • Apresentação da plataforma PhET, e do simulador a ser utilizado; • Simulação dos circuitos de T1 no PhET.
2º Encontro: presencial, com os autores por videoconferência.	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do Arduino: introdução à plataforma e realização dos experimentos da formação inicial; • Montagens dos circuitos de T1 no Arduino.

3º Encontro: presencial	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilização de T2; • Coleta das respostas dos alunos para T2; • Diálogos com os estudantes sobre as atividades.
-------------------------	--

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Embora os alunos já tivessem tido contato com o conteúdo, no momento da aplicação do teste T1, houve certa dificuldade. De acordo com a professora, alegaram que não saberiam resolver os circuitos. Após explicação de que se tratava apenas de uma sondagem, se propuseram a responder.

Na sequência, realizou-se o uso do PhET. Durante as simulações computacionais, a folha do teste T1 foi devolvida. A professora explicou sobre o uso do PhET e fez a simulação dos circuitos das duas primeiras questões de T1. Depois, os alunos tomaram a iniciativa e realizaram as simulações de todos os circuitos de T1 em aproximadamente 30 minutos. Os alunos mostraram interesse em usar o simulador, apesar das dificuldades iniciais, e interagiam em seus pequenos grupos. Comentavam sobre o que visualizavam e sobre suas respostas dadas em T1. Reforçou-se o pressuposto de que se tratava de respostas de simulações computacionais no PhET, e que faltava contrastar experimentalmente se essas respostas estavam adequadas com o auxílio do Arduino.

No segundo encontro, foi feita uma apresentação da plataforma Arduino, com a participação por videoconferência dos pesquisadores, que faziam as apresentações, enquanto a professora local auxiliava os alunos na sala. Na sequência, partiu-se para a utilização do Arduino para montar os circuitos de T1. Nesse momento, os alunos foram novamente divididos em pequenos grupos, e mostraram proatividade e interesse para realizar essas montagens. Eles interagiam principalmente entre si, e conseguiram realizar todos os experimentos propostos. A professora relatou que alguns comentaram ao final que desejariam fazer mais atividades com o Arduino, e ainda solicitaram por experimentos mais complexos.

No último encontro, os alunos responderam o teste T2 que, como mencionado acima, consistiam das mesmas questões, somente mudando a numeração e a ordem das alternativas. Em seguida, houve diálogos entre os estudantes e a professora sobre as atividades.

Para se analisar o aprendizado dos participantes, comparou-se as respostas dos testes T1 e T2 de cada estudante. Para uma boa comparação dos resultados, as questões do teste T2 foram ordenadas segundo a ordem das questões de T1 no Quadro 2, a seguir:

Quadro 2 – Respostas para T1 e T2 dos alunos de Ensino Médio

QUESTÕES												
Aluno		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total de acertos
A	T1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	5
	T2	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	4
B	T1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	4

	T2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	8
C	T1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	3
	T2	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	7
D	T1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3
	T2	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	7
E	T1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	5
	T2	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	5
F	T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	T2	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	4
G	T1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
	T2	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	7
H	T1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	5
	T2	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	5
I	T1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	6
	T2	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	8
J	T1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	T2	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	6
K	T1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	8
	T2	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	6
L	T1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	6
	T2	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	4
M	T1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	4
	T2	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	6
N	T1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	5
	T2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	4
O	T1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3
	T2	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	5
P	T1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	5
	T2	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	6
Q	T1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	T2	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	5
R	T1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3
	T2	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	7
S	T1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	4
	T2	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	4
T	T1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	7
	T2	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	7
	T1	5	10	9	8	7	7	8	5	6	17	

Total por questão	T2	15	9	6	9	15	8	17	15	7	14	
-------------------	----	----	---	---	---	----	---	----	----	---	----	--

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Para esses alunos, houve uma melhora na pontuação em T2 em 12,60% da turma (alunos B, C, D, F, G, I, J, M, O, P, Q, R), enquanto 4 alunos, 20% da turma, mantiveram o mesmo resultado (alunos E, H, S e T), e os últimos 4,20% da turma, tiveram uma pontuação menor em T2 em comparação a T1 (alunos A, K, L e N). De modo geral, essas informações podem indicar que houve a tendência de aprendizagem dos conceitos científicos com a aplicação do produto educacional, permitindo uma maior identificação do domínio de uso dos mesmos.

No detalhe, com exceção dos alunos F e O, todos os outros educandos apresentam variação no número de acertos entre T1 e T2, ou seja, acertos em T1 não se mantiveram em T2. Esse dado pode indicar que, apesar do acerto inicial da questão, a concepção do aluno não era coerente com a concepção científica, ou mesmo sua concepção prévia não era sólida. Com isso, durante as atividades, essas premissas foram confrontadas, e estaria num processo de identificação de seu perfil conceitual, levando a não se ter certeza de qual conceito utilizar para marcar a alternativa.

Individualmente para cada questão, os participantes tiveram diminuição na quantidade de acertos nas questões 2, 3 e 10 apenas, e, dentre o grupo de perguntas com aumento de acertos, tiveram significativa melhora nas questões 1, 5, 7 e 8. Os resultados indicam que os estudantes identificaram as características da associação, seja em série ou em paralelo, dos circuitos com duas lâmpadas, e também a função do interruptor e a noção de corrente e resistência elétrica. Para as questões mais complexas, por exemplo de circuitos com 3 lâmpadas, eles apresentaram dificuldades em dar a resposta científica correta.

Na sequência, para complementar essa análise, utilizou-se o software Jamovi (THE JAMOVI PROJECT, 2021) para realizar um teste estatístico com os dados das notas T1 e T2 dos alunos, e compara-se no *software* essas duas colunas de dados. Aplicando o teste de Wilcoxon, um teste não paramétrico para comparação de dados pareados, o primeiro passo é encontrar seu valor de significância p. Com o Jamovi obtém-se $p=0,007$. Isso significa que os dados de T1 e T2 têm diferença estatisticamente significativa. Passamos então para os resultados da estatística descritiva, ou seja, parâmetros que auxiliam na descrição das características das amostras (ver Quadro 3).

Quadro 3 – Análise estatística das notas em T1 e T2 dos alunos de Ensino Médio

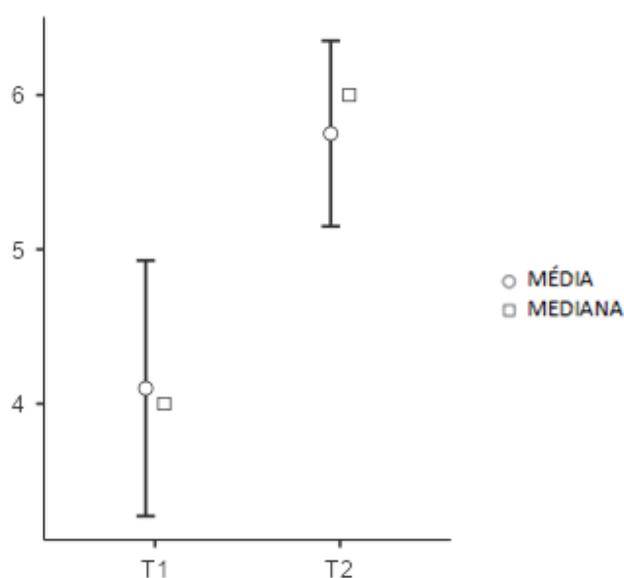
Descritor	T1	T2
Média	4,1	5,75
Mediana	4,00	6,00
Desvio padrão	1,89	1,37
Valor mínimo	1	4
Valor máximo	8	8
1º quartil	3,00	4,75
3º quartil	5,00	7,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Com o auxílio desses resultados, percebe-se que a Média, a Mediana, o Valor Mínimo, o 1º quartil, e o 3º quartil aumentaram de valor em T2, o que pode indicar aprendizagem ocorrida com a atividade, ou seja, potencialmente houve uma melhora na percepção dos alunos das concepções científicas dos circuitos após realizar as ações propostas no PTT.

O gráfico a seguir, também obtido no *software* Jamovi (THE JAMOVI PROJECT, 2021), reforça tal percepção de aprendizagem científica após a atividade, pois mostra em T2 um desvio padrão menor em relação à Média, cujo valor é maior que em T1 (vide Figura 3).

Figura 3 – Gráfico estatístico das notas em T1 e T2 dos alunos de Ensino Médio



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A continuação da análise se dá com a devolutiva da professora de física da turma. Ela pontuou sobre a relevância do material, e sobre suas potencialidades para uso em sala de aula. Disse sobre a importância e necessidade de se trazer atividades práticas experimentais para as aulas de Física, pois assim torna-as mais atrativas e instigantes para os alunos.

Relatou também sobre as dificuldades de planejamento, principalmente em relação ao tempo, para a execução das atividades. Elas só foram possíveis de serem realizadas após as aulas teóricas regulares.

Por mais que a aplicação do PTT foi pensada para ser antes das aulas teóricas de eletricidade, relembra-se, como escrito no material didático orientativo para os professores, que ele apresenta sugestões para que o professor com completa autonomia planeje e adeque o material para a sua realidade de sala de aula.

Porém, esse relato da professora aponta para a dificuldade de se trazer metodologias inovadoras e diferentes para a sala de aula, em oposição ao rígido planejamento tradicional das aulas regulares (seja em relação ao tempo, seja em relação ao grande rol de conteúdos previstos), conforme diz Martins (2005), em seu levantamento de problemáticas para o Ensino de Física.

Apesar disso, a partir da percepção da professora sobre o comportamento dos alunos, indica-se sobre a necessidade de se continuar a buscar essas inovações metodológicas. O principal ponto levantado pela professora foi em relação à receptividade e envolvimento dos educandos com o uso do PhET e do Arduino. De acordo com ela, o uso do simulador realmente agradou e interessou todos os alunos. Durante esse momento, houve intensa interação entre os mesmos e discussão dos resultados obtidos. Sobre o Arduino, também houve de modo geral o interesse pelo seu uso. Como eles já tinham tido a opção de participar de aulas de robótica baseadas na plataforma Arduino, não era novidade para todos. Mas se engajaram com a montagem dos circuitos.

Ainda do relato da professora, chama a atenção que no início a postura dos alunos era sempre de querer chegar à resposta final de imediato, sem passar por uma reflexão mais criteriosa. Com o passar dos experimentos, sentiu-se uma redução desse imediatismo. Esses comentários reforçam a importância de pesquisas e materiais didático-pedagógicos que possam explorar e trazer clareza sobre como engajar os educandos, visando um papel mais ativo deles.

Portanto, essa aplicação do material em sala de aula indica seu potencial para a relação de ensino e aprendizagem dos saberes científicos sobre eletricidade, percepção essa obtida principalmente com as falas dos alunos durante o desenvolvimento das atividades. Uma vez que os relatos reforçam a premissa da importância das atividades experimentais para a compreensão dos tópicos de circuitos elétricos, corrobora-se o referencial teórico de Carvalho (2013), sobre o papel protagonista dos trabalhos práticos e experimentais para o Ensino de Ciências. Ou seja, os resultados obtidos indicam que a utilização de ferramentas tecnológicas pode ser um recurso valioso no ambiente educacional, proporcionando uma abordagem mais dinâmica.

Além disso, a metodologia adotada para obtenção de dados numéricos (por meio de T1 e T2), indicou o potencial para se abordar as concepções prévias dos educandos (premissa da proposta). Essa abordagem permitiu verificar que os alunos participantes passaram por um processo de reflexão e construção de novos saberes, a ponto de propiciar a diversidade de notas entre T1 e T2 (conforme apresentado e discutido).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se baseou nas necessidades de se propiciar uma experiência para os educandos, afinal “[...] a realidade complexa impõe dificuldades àqueles que pretendem adentrar-se pelos caminhos da educação científica” (MARTINS, 2005, p. 54). Com isso, elaborou-se um PTT para o ensino de eletricidade no Ensino Médio, visando trazer tecnologias digitais para a sala de aula (a plataforma PhET e o Arduino), e metodologias inovadoras e instigadoras.

Com a aplicação do material, reforçou-se sobre: a constante busca de inovação para a sala de aula, a importância de se trazer ferramentas digitais e tecnológicas, e a demanda por metodologias que fogem da visão tradicional. Destacamos que, a integração das atividades computacionais através do PhET e das atividades experimentais foram satisfatórias.

Na validação do PTT, houve significativos comentários sobre a importância e relevância do Arduino e da plataforma PhET. O uso dessas ferramentas foi percebido como diferencial para motivar, instigar os alunos, assim como desenvolver habilidades na manipulação e interação com os materiais e competências em argumentação com seus colegas de grupo e da sala, possibilitando uma experiência real de aprendizagem científica.

A aplicação do PTT apresentou algumas dificuldades, a sua validação ocorreu no período de pandemia da Covid-19, o que acabou dificultando nesse processo. A quantidade inicial pensada de apresentações do trabalho foi reduzida. Além disso, durante as validações, não foi possível a realização de todos os encontros presenciais, e nem a remarcação. Como em diversos períodos do ano foi impossibilitada a realização de aulas presenciais, não se tinha flexibilidade para o planejamento das aulas práticas que usariam o PTT.

SIMPLE ELECTRICAL CIRCUITS USING SIMULATIONS AND EXPERIMENTS IN A HIGH SCHOOL

ABSTRACT

It is very important for Science Teaching that experimental activities are planned in a way that promotes the link between scientific theories and reality. In view of this, a Technological-Technical Product (or educational product) was developed in this work, which integrates computational activities through simulations with the online platform PhET, and experimental activities, using the Arduino prototyping board, for teaching physics in High School, specifically for the study of electricity focused on simple electrical circuits. The material is designed for teachers interested in the implementation of active methods aimed at alleviating students' alternative conceptions of electricity. Its application and validation with a group of 3rd grade high school students reinforced the importance of experimental activities and the use of digital technologies in the classroom, such as Arduino and the online platform PhET. In addition, there was an emphasis on the approach of alternative conceptions, indicating the importance of dealing with this issue in teaching and learning relationships.

KEYWORDS: Electricity. High school. Alternative conceptions. PhET. Arduino.

NOTA

1. Trabalho apresentado no VII Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia (SINECT), promovido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Ponta Grossa, realizado na cidade de Ponta Grossa – Paraná, no período de 09/11/2022 a 11/11/2022.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. A. L. de. *et al.* Recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 3, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/ZVFXLsZmrLRRSRvXjcFYHkN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 jan. 2022.

BORBA, M. de C.; ALMEIDA, H. R. F. L. de; GRACIAS, T. A. de S. **Pesquisa em ensino e sala de aula: diferentes vozes em uma investigação**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2019.

CARVALHO, A. M. P. de. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: CENCAGE Learning, 2013.

EL-HANI, C. N. MORTIMER, E. F. Multicultural education, pragmatismo, and the goals of Science teaching. **Cult Stud of Sci Educ**, v. 2, p. 675-702, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/14463/1/art%253A10.1007%252Fs11422-007-9064-y.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRAVINA, M. H. BUCHWETIZ, B. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 16, n. 1-4, 1994. Disponível em: <https://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol16a11.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MARTINS, A. F. P. Ensino de Ciências: desafios à formação de professores. **Revista Educação em Questão**, Natal, RN, v. 23, n. 9, p. 53-65, maio/ago. 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/educacaoemquestao/article/view/8342/5998>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MONK, S. **Programação com o Arduino: começando com sketches**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

MONTEIRO, M. A. A.; CARVALHO, S. J.; MONTEIRO, I. C. C.; CINDRA, J. L. Estudo da queda livre em aulas de Física do Ensino Médio a partir de um marcador de tempo e da História da Ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, 1004-1019, 2018. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2018v35n3p1004/38068>. Acesso em: 15 fev. 2022.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/645/436>. Acesso em: 15 fev. 2022.

NARDI, R.; GATTI, S. R. T. Uma revisão sobre as investigações nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v. 06, n. 02, p. 115-144, jul./dez. 2004. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/epec/a/M3YCG49X3CWZkqLn9WWx3dJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 jul. 2022.

NEVES, M. S.; CABALHERO, C; MOREIRA, M. A. Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula – um estudo exploratório. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 3, p. 383-401, 2006.

Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/490/292>. Acesso em: 15 jul. 2022.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, John Wiley & Sons, New York, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.3730660207>. Acesso em: 10 jan. 2022.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. e. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de Ciências Naturais. **Tópicos Educacionais**, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/bitstream/0c539931-f68d-4ecc-a8d1-ceed137f8e90/O%20ensino%20por%20investiga%C3%A7%C3%A3o%20em%20aulas%20de%20ci%C3%Aancias%20naturais>.

Acesso em: 10 jan. 2022.

THE JAMOVI PROJECT. **Jamovi**. Versão 2.2. Disponível em:

<https://www.jamovi.org/>. Acesso em: 15 jul. 2022.

UNIVERSITY OF COLORADO. **PhET**. Disponível em:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso em: 15 jul. 2022.

Recebido: 21 maio 2023.
Aprovado: 29 jun. 2024.
DOI: 10.3895/rbect.v17n2.16998
Como citar: BARIANI, L. R.; HEIDEMANN, L. A.; DEMARCO, D.; SANTANA, R. R. C. Circuitos elétricos simples utilizando simulações e experimentos em uma escola de Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 17, Edição Especial, p. 1-18, 2024. Disponível em: <<https://periodicos.utpr.edu.br/rbect/article/view/16998>>. Acesso em: XX.
Correspondência: Lucas Rocha Bariani - lucasbariani@gmail.com
Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

