



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

FRANCISCO KELGILSON FERREIRA GOMES

CIRCUITOTECA: KIT EXPERIMENTAL COM FOCO NO ENSINO DE
ELETRODINÂMICA

SOBRAL
2018

FRANCISCO KELGILSON FERREIRA GOMES

CIRCUITOTECA: KIT EXPERIMENTAL COM FOCO NO ENSINO DE
ELETRODINÂMICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará em parceria com a Universidade Estadual Vale do Acaraú no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Dr. Wilton Bezerra de Fraga.
Coorientadora:
Me. Nória Nabuco Parente

SOBRAL
2018

Dedico:
A minha esposa e companheira, Juliana
Coelho, por estar sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me iluminou durante esta caminhada.

A meus pais, Gilcenir e Edmilson, por terem feito de mim um homem de bem e se sacrificado tanto em nome dos filhos, demonstrando o grande amor que tem.

A minha esposa, Juliana Coelho, que com muito amor e carinho, compreendeu minha ausência nos meus momentos de estudo e não mediu esforços para que eu atingisse meu objetivo.

Ao meu filho, João Arthur, por todo amor e carinho que me dá incondicionalmente, cujo sorriso renova minhas esperanças em um mundo melhor.

Aos meus irmãos, por estarem ao meu lado e pelo amor e carinho.

A todos os meus amigos e colegas do CEJA, professores, coordenadores e diretora, pela amizade, companheirismo e apoio à aplicação do Produto Educacional.

A SBF, CAPES, UVA e IFCE pela competência e qualidade;

A meu primo e companheiro de classe, agora mestre, Raimundo Nonato, pelas sugestões que contribuíram para a finalização deste trabalho.

Ao Professor Me. Luis Carlos pela grande ajuda na confecção do produto educacional.

Agradeço aos professores e colegas do Programa de Mestrado que dividiram suas experiências e seus conhecimentos durante os nossos encontros;

A meu orientador, Professor Dr. Wilton Bezerra de Fraga, pela paciência compreensão, acessibilidade e contribuições valiosas, que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

A minha Coorientadora, Professora Me. Nória Nabuco Parente, pela disponibilidade e conselhos

RESUMO

Nos últimos anos muitos professores têm buscado novas metodologias e estratégias para motivar os estudantes a fim de tornaras aulas de física interessantes e mais assimiláveis. Estudos mostram que as atividades experimentais têm assumido uma importância fundamental na promoção da aprendizagem. Neste trabalho relatamos a elaboração, construção, aplicação e análise de um produto educacional pautado na Teoria dos Campos conceituais de Gerard Vergnaud, para um total de vinte estudantes da Educação de Jovens e Adultos, todos cursando o ensino médio, na cidade de Sobral, Ceará. Esta proposta didática apresenta um estudo sobre a utilização de um kit educacional para o ensino de eletrodinâmica com a finalidade de abordar conceitos físicos através de aulas experimentais sobre circuitos elétricos, algo anteriormente estudado apenas a teoria em sala de aula. Foram desenvolvidos instrumentais e aplicados oito experimentos, onde os estudantes em grupo sob a supervisão do professor tiveram a oportunidade de realizar as atividades usando como suporte um roteiro contendo um passo a passo para a montagem dos circuitos e questões problemas a serem discutidas e solucionadas. Através dessa metodologia conseguimos observar um maior interesse e participação dos estudantes em relação as aulas e um melhor rendimento nas avaliações. A eficácia do produto educacional foi verificada através da aplicação de questionários antes e depois da realização das atividades experimentais, onde foi observado que quase todos os estudantes tiveram um rendimento maior que 60% nos pós-testes, o que nos motiva a continuar o desenvolvimento do produto em outros assuntos como o eletromagnetismo, bem como a ampliação de sua utilização.

PALAVRAS CHAVES:Ensino de Física. Kit educacional. Experimentos. Circuitos elétricos.

ABSTRACT

In recent years, many teachers have been looking for new methodologies and strategies to motivate students to make physics classes more interesting and more assimilable, and studies show that experimental activities have taken on a key role in promoting learning. In this work we report the elaboration, construction, application and analysis of an educational product based on Gerard Vergnaud's Conceptual Field Theory, for a total of twenty students of Youth and Adult Education, all attending high school, in the city of Sobral, Ceara. This didactic proposal presents a study about the use of an educational kit for the teaching of electrodynamics with the purpose of approaching physical concepts through experimental classes on electric circuits, something previously studied only theory in the classroom. Instrumentation was developed and eight experiments were carried out, where the students in a group under the supervision of the teacher had the opportunity to carry out the activities using as support a roadmap containing a step by step to the assembly of the circuits and issues issues to be discussed and solved. Through this methodology we were able to observe a greater interest and participation of the students in relation to the classes and a better performance in the evaluations. The effectiveness of the educational product was verified through the application of questionnaires, before and after the experimental activities where it was observed that almost all the students had an income greater than 60% in the post tests, which motivates us to continue the development of the product in other subjects such as electromagnetism, as well as the extension of its use.

KEYWORDS: Physics Teaching. Educational Kit.Experiments. Electrical Circuits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Escola Centro de Educação de Jovens e Adultos – CEJA.	28
Figura 2- Circuito fechado a esquerda e aberto a direita	34
Figura 3- Interruptor com contatos fechados(esquerda) e abertos (direita).....	35
Figura 4- Desenho esquemático à esquerda e teste da montagem proposta à direita.	36
Figura 5- Simbologia do circuito fechado a esquerda e aberto a direita.....	36
Figura 6- Experimento de condutividade de sólidos e líquidos.....	37
Figura 7- Experimento sobre condução dos líquidos.	38
Figura 8- Verificação do efeito da corrente elétrica através de um resistor.....	39
Figura 9- Analisando o efeito da corrente elétrica através do corpo humano.....	40
Figura 10- Deflexão da agulha da bussola causada pelo campo magnético gerado pela passagem da corrente.	40
Figura 11- Análise do efeito causado pela corrente elétrica ao passar através de soluções eletrolíticas.	41
Figura 12 - Aluno medindo a tensão numa pilha AA	42
Figura 13- circuito divisor de corrente elétrica a esquerda e de tensão a direita.....	43
Figura 14- alunos analisando circuitos divisores de corrente elétrica a esquerda e tensão a direita.....	44
Figura 15- Alunos determinando a resistência elétrica com a utilização do Ohmímetro	45
Figura 16 - Alunos analisando associação de resistores em série a esquerda e paralelo.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Trabalhos encontrados na literatura no período de 2010 a 2017.....	21
Quadro 2- Sequência didática.....	30
Quadro 3- Detalhamento das atividades experimentais.....	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Percentual de acertos nos pré e pós-testes da atividade 01.	49
Gráfico 2- Percentual de acertos nos pré e pós-testes da atividade 02.	51
Gráfico 3 - Percentual de acerto nos pré e pós-testes da atividade 03	53
Gráfico 4 - Percentual de acerto nos pré e pós-testes da atividade 04.	54
Gráfico 5 - Percentual de acerto nos pré e pós-testes da atividade 05.	55
Gráfico 6 - Percentual de acerto nos pré e pós-testes da atividade 06	57
Gráfico 7 - Percentual de acerto nos pré e pós-testes da atividade 07.	58
Gráfico 8 - Percentual de acerto nos pré e pós-testes da atividade 08.	59

SUMÁRIO

1	Introdução.....	12
2	Revisão da literatura.....	15
3	Fundamentação Teórica.....	25
3.1	Teoria dos campos conceituais de Gerard Vernaud	25
4	Metodologia	28
4.1	Sujeitos da pesquisa.	28
4.2	Local da intervenção	28
4.3	Sequência didática	29
4.4	Descrição da experimentação didática.....	34
4.4.1	Atividade experimental 01- Circuito simples	34
4.4.2	Atividade experimental 02- Condutividade elétrica.....	37
4.4.3	Atividade experimental 03- Efeitos da corrente elétrica.....	39
4.4.4	Atividade experimental 04 – Utilização do voltímetro e amperímetro. ...	41
4.5	Atividade experimental 05- Circuitos divisores de corrente e tensão elétrica. 43	
4.5.1	Atividade experimental 06- Resistência elétrica- Código de cores.	44
4.5.2	Atividade experimental 07- Lei de Ohm.....	46
4.5.3	Atividade experimental 08- Associação de resistores em série e em paralelo.....	47
5	Resultados e discussões	48
5.1	Análise dos questionários da atividade 01- circuito simples.....	48
5.2	Análise dos questionários da atividade 02- condutividade elétrica.....	50
5.3	Análise dos questionários da atividade 03- Efeitos da corrente elétrica.....	52
5.4	Análise dos questionários da atividade 04- Utilização do voltímetro e amperímetro.....	53
5.5	Análise dos questionários da atividade 05- Circuitos divisores de corrente e tensão	54
5.6	Análise dos questionários da atividade 06- Resistência elétrica	56

5.7	Análise dos questionários da atividade 07- Lei de Ohm.....	58
5.8	Análise dos questionários da atividade 08- Associação de resistores em série e paralelo.....	59
6	Conclusão.....	61
7	Referências.....	63
8	Apêndice - O produto Educacional	67

1 Introdução

Observa-se que, nos últimos anos, professores da área de ciências da natureza, de uma maneira geral, têm sentido a necessidade de modificar suas práticas pedagógicas, buscando novas metodologias para motivar o estudante a ter interesse pelo estudo das Ciências, trazendo-o para sala de aula (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011). Nesse sentido propomos a realização de atividades experimentais, com o intuito de diversificar a atividade pedagógica e com isso melhorar o aprendizado, uma vez que as atividades experimentais podem ser de grande importância na promoção da aprendizagem significativa em ciências, sendo importante valorizar propostas que potencializem as atividades experimentais, proporcionando aprendizado através de inter-relações entre os saberes inerentes ao processo do conhecimento (SILVA e ZANON, 2007).

Este trabalho tem como objetivo investigar as contribuições de uma proposta de física baseada na teoria de campos conceituais de Gerard Vernaud, no campo da Eletricidade, através do desenvolvimento, montagem e experimentação de um kit didático para o ensino de circuitos elétricos na Educação de Jovens e Adultos. Buscando promover uma interação dos estudantes através de atividades em grupo com a manipulação de componentes eletrônicos durante a intervenção.

O kit circuitoteca consta de um painel de circuitos, construído em PVC com ligações acopladas a *jacks* para plug P10 e uma base de sustentação em MDF. A montagem dos circuitos é feita através de máscaras (placas de PVC com desenhos de circuitos) a fim de obter circuitos específicos. Para a ligação dos circuitos é necessário uma fonte de tensão de 12 volts e os módulos, que são componentes eletrônicos acoplados a caixas de acrílico e através de um plug P10 podem ser conectados no painel de circuitos para obtenção e estudo de circuitos específicos.

Os materiais instrumentais utilizados no produto educacional serão disponibilizados gratuitamente na internet através de um QR code. Ao acessá-lo ocorrerá um direcionamento para uma página onde terão materiais para dar suporte a montagem do kit e também vídeos dos experimentos.

O valor médio da construção completa do kit é aproximadamente R\$ 350,00. A montagem é bem simples, necessitando apenas de conhecimentos básicos de soldagem e consta de um passo a passo para a construção.

As atividades experimentais constam de estudos de eletricidade, abordando assuntos de eletrodinâmica e são propostos oito experimentos, com atividades sobre circuito simples, condutividade elétrica de sólidos e líquidos, efeitos da corrente elétrica, circuitos divisores de tensão e corrente elétrica, resistência elétrica, análise da lei de Ohm e associação de resistores em série e paralela. Para cada atividade experimental, consta um roteiro e fundamentação teórica, mas caso o professor julgue necessário poderá alterá-lo de acordo com suas necessidades.

Além de sugerir propostas aplicáveis a serem desenvolvidas em sala de aula, almeja-se que o trabalho possa servir para instigar a reflexão e, dessa forma, contribuir para o surgimento de novas propostas pedagógicas para o ensino de Física, especialmente no campo do eletromagnetismo.

Evidenciamos a necessidade de uma abordagem peculiar para a Educação de Jovens e Adultos (EJA) que contemple suas particularidades. Entretanto, o que se observa no ensino de física é a reprodução de metodologias utilizadas no ensino convencional, abordando os conteúdos de forma superficial e em muitos casos observa-se resistência em desenvolver atividades experimentais em sala de aula, levando o aluno a pensar que física não passa de um emaranhado de fórmulas para serem memorizadas e aplicadas em problemas.

Acreditamos que um dos motivos dessa resistência

se dá em decorrência da própria formação, falha e fragmentada, pois o professor não possui subsídios necessários para o desenvolvimento de atividades específicas, as quais exigiriam muito mais conhecimentos do que adquiriu enquanto aluno (GRANDINI, 2008, p.3).

O baixo rendimento dos estudantes no ensino de física e a evidência de uma escassez de material relativo à utilização de atividades experimentais no campo da eletricidade também contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e na revisão bibliográfica dessa pesquisa constatamos a escassez de estudos sobre a utilização de atividades experimentais sobre eletrodinâmica.

Esse trabalho, através da pesquisa na literatura escrita e na mídia eletrônica, tem o intuito de produzir um material didático de fácil manuseio, que aborde uma parte relevante do ensino de Física no campo da eletricidade.

Apresentamos no **segundo capítulo** uma abordagem da revisão da literatura, exibindo a análise de artigos relacionados ao ensino de física alusivo ao uso de laboratórios ou atividades experimentais. O **terceiro capítulo** é dedicado ao

referencial teórico, que norteou o desenvolvimento e aplicação da proposta didática, sendo justificada através da teoria dos campos conceituais de Gerard Vergnaud. No **quarto capítulo** apresentamos o detalhamento da pesquisa, a organização da proposta, a sequência didática e a descrição da experimentação didática. No **quinto capítulo** apresentamos a análise dos dados coletados na aplicação, assim como as discussões dos resultados obtidos. O **sexto capítulo** é destinado às considerações finais, e na sequência o **sétimo capítulo** com as referências bibliográficas utilizadas, seguido de apêndice, onde é apresentada, de forma detalhada, a construção e utilização do kit experimental circuitoteca, produto educacional desta dissertação de mestrado.

2 Revisão da literatura

Muitos estudos salientam que a utilização de atividades experimentais pode ser cativante e atuar como estímulo aos estudantes para se interessarem pelos conceitos estudados. Para Borges (2002) as atividades experimentais devem promover o debate de interpretações e idéias sobre observações e fenômenos com o propósito de produzir conhecimento, e não somente a manipulação de objetos e equipamentos com o intuito de constatar leis e fatos.

A revisão da literatura teve como objetivo verificar a produção bibliográfica de artigos publicados, em periódicos, nos últimos oito anos, relacionados ao ensino de física acerca do ensino e da aprendizagem através de atividades experimentais.

Esse levantamento foi feito nas seguintes revistas:

- Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/ojs/index.php/rbef>, vinculada à Sociedade Brasileira de Física e com Qualis A1 na área de Ensino;
- Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica>, vinculado a Universidade Federal de Santa Catarina e com Qualis B1 na área de Ensino;
- Revista Física na Escola, disponível em : [http:// www.sbfisica.org.br/fne/](http://www.sbfisica.org.br/fne/), um suplemento semestral da Revista Brasileira de ensino de Física destinada a apoiar as atividades de professores de Física do Ensino Fundamental e Médio publicada em 2000. Haviām encerrado suas publicações em 2012, mas retomaram as publicações em 2016.

No ano de 2010, o artigo de *Piubelli et al (2010)* apresenta a descrição de um aparato experimental construído, com materiais de baixo custo, para simular e evidenciar a influência das características inerciais e elásticas do meio na velocidade de propagação de uma onda mecânica longitudinal. A aplicação do experimento tem caráter demonstrativo e qualitativo, podendo o aparato ser aplicado em sala de aula ou laboratório e tem por objetivo minimizar as dificuldades enfrentadas pelos estudantes em relação ao estudo das ondas.

Catelli, Martins e Silva (2010) apresentam uma proposta para estudo de cinemática, com foco na transposição didática que pode advir de uma aprendizagem significativa; obtida através do envolvimento dos estudantes na coleta, manipulação e interpretação dos dados, além da ressignificação dada aos objetos do cotidiano. A atividade consiste no uso de câmeras digitais para estudo do movimento de um automóvel, com base em dados retirados diretamente do velocímetro e a da medida direta da distância percorrida comparada com aquela obtida a partir da área de um gráfico v em função de t .

Ludke (2010) discute a construção de um indutímetro destinado a medidas de pequenas indutâncias e apresenta um experimento em laboratório de eletromagnetismo.

Soares e Borges (2010) apresentam um artigo onde enfatizam a importância do uso do laboratório de no ensino de ciências. Nesse trabalho discutem num primeiro momento a história da ciência como mediador na construção de áreas de desenvolvimento cognitivo para a aprendizagem de conceitos movimento. Após essa discussão os estudantes são convidados a irem ao laboratório e estimulados a comparar as idéias discutidas previamente com os resultados de medidas tomadas manualmente e com o auxílio de um microcomputador e sensores para a aquisição automática de dados.

Pessanha, Cozendey e Souza (2010) descrevem em seu artigo dados sobre desenvolvimento de um sistema de instrumentação virtual que possibilita o controle e coleta de dados de experimentos através da internet, para o uso em atividades de ensino de física experimental à distância. O sistema é composto por um conjunto interativo de softwares e hardwares. Foram criados três tipos diferentes de softwares: Cliente, Servidor de Comunicação e Servidor de Controle. Estes softwares foram desenvolvidos com o uso das linguagens de programação *Object*

Pascal e *C++*. Foram construídos circuitos eletrônicos de interface para a comunicação entre computador e experimento. Testes de comunicação e controle/coleta de dados foram realizados com a utilização de um experimento básico de física moderna.

Rocha, Sabino e Muramatsu (2010) apresentam um artigo com o objetivo de propiciar aulas através da construção de um experimento simples de colisão inelástica, com o qual é possível calcular o coeficiente de atrito entre duas superfícies utilizando as leis da conservação de energia e da quantidade de movimento, além do conceito de trabalho e forças dissipativas. Para a construção do aparato experimental com materiais de baixo custo, a fim de viabilizar a sua aplicação em escolas públicas. O resultado obtido para o coeficiente de atrito entre duas superfícies de madeira foi próximo do esperado, o que valida o método experimental e o torna uma boa opção a ser desenvolvida em sala de aula.

Arantes, Miranda e Studart (2010) abordam em seu artigo uma ampla classe de recursos instrucionais chamados objetos de aprendizagem, que se encontram em repositórios na internet. São essencialmente recursos digitais em diferentes formatos: áudio, vídeo, animações e simulação computacional com características específicas no processo de ensino aprendizagem. E proposto como exemplo uma atividade de física sobre circuitos elétricos com o uso do programa de simulação interativa do projeto Physics Educacional Technology (PhET) da Universidade do Colorado

Souza et al (2011) descrevem dois experimentos, um oscilador amortecido e outro sobre transferência radiativa de calor, com o auxílio da placa arduino, apresentando as potencialidades da placa e seu baixo custo para a aquisição de dados com um PC.

Darroz e Perez (2011) apresentam um artigo com objetivo de oferecer uma alternativa para tornar os conteúdos físicos ensinados em sala de aula mais próximos da realidade dos estudantes. Para isso demonstram através de uma atividade experimental a existência de força de empuxo e com isso determinam a sua intensidade. O experimento permite também identificar a relação que há entre a intensidade e o volume do corpo submerso. A atividade consiste num experimento simples, com materiais alternativos e foi elaborada para subsidiar as aulas da disciplina de física em nível médio

Michia *et al* (2011) apresentam em seu trabalho duas experiências. A primeira cujo título é “Enxergando a luz invisível de um LED”, demonstra a luz infravermelha, invisível ao olho nu, emitida por um LED. A segunda que tem por título: “Enxergando a luz invisível além do vermelho”, demonstra a continuidade do espectro eletromagnético após a última cor visível, o vermelho. Utilizaram na atividade experimental, uma lanterna de filamento, um CD para dispersar a luz branca e uma *webcam* sem filtro infravermelho para captar as imagens projetadas num anteparo. O experimento mostra claramente que após a faixa vermelha do espectro existe outra, não visível ao olho humano, a luz infravermelha. As duas experiências têm por objetivo auxiliar a introdução ao estudo do espectro eletromagnético, dando ênfase à faixa do infravermelho próximo e suas aplicações no cotidiano.

Moreira e Celeste (2011) abordam em seu trabalho alguns conhecimentos básicos sobre ciência e tecnologia através da construção de um termômetro digital relativamente simples e de baixo custo que possa ser aplicado em um laboratório de ensino. Os autores esperam que durante a construção do termômetro os estudantes possam aprender alguns conceitos sobre termodinâmica e eletricidade.

Leão (2011) propõe em seu artigo a construção de um pequeno planetário de baixo custo para ser utilizado em aulas sobre astronomia, gravitação universal ou em alguma atividade de caráter lúdico-interativo. O autor concluiu que a aplicação desse material com alunos do ensino médio da rede pública de ensino se mostrou satisfatória e os depoimentos dos estudantes indicam o caráter lúdico e interativo como elementos de destaque da proposta e isso comprova o valor inerente ao desenvolvimento de materiais didáticos instrucionais na formação de professores.

Silva (2011) propõe em seu artigo uma série de atividades experimentais envolvendo ligações de lâmpadas incandescentes em circuitos paralelo, série e misto utilizando materiais de baixo custo. O objetivo da atividade é dar aos estudantes alguma percepção concreta, pois segundo o autor o estudo da eletricidade é repleto de conceitos abstratos e de difícil compreensão o que provoca o desinteresse dos alunos, mas que pode ser revertido com a utilização de atividades experimentais.

Cavalcante e Rodrigues (2012) propõem em seu trabalho um método de ensino de óptica para auxiliar as aulas de física no Ensino Médio, estabelecendo uma conexão entre a óptica geométrica e a óptica física.

Ribeiro e Veideaux (2012) apresentam uma revisão de artigos que tratam sobre a experimentação no ensino de óptica, entre 1998 e 2010, com o objetivo de fornecer um panorama atualizado da pesquisa na área de experimentação em óptica, dividida e classificada por temas: Natureza da luz, reflexão, refração, difração, polarização, interferência e espalhamento.

Mendes, Costa e Sousa (2012) realizam em seu trabalho uma pesquisa sobre a utilização de simulação de atividades de simulação para complementar as aulas experimentais, em tópicos de mecânica.

Oliveira, Lima e Dutra (2012) apresentam em seu trabalho a construção de uma fonte de luz de raios paralelos para banco óptico mais simples e mais barato que as presentes no mercado. Para a construção do experimento foi utilizado um *led* como fonte luminosa pontual e uma lupa como lente convergente. Os autores mostram por meio de fotos o passo a passo da construção do aparato experimental e concluem que serve de suporte para o desenvolvimento de diversas atividades envolvendo a óptica geométrica e por ser compacta apresenta bastante praticidade.

Gonçalves et al (2013) descrevem uma atividade experimental de baixo custo com o objetivo de mostrar uma metodologia de ensino ao resolver o problema da medição da temperatura final de um corpo de prova para a determinação do coeficiente de dilatação linear do material.

Fonseca et al (2013) apresentam um laboratório virtual, para estudar o movimento de objetos com a utilização de filmadoras e programas específicos para a edição das imagens, estabelecendo também uma comparação entre experimentos.

Vieira e Lara (2013) expõem em seu trabalho uma maneira simples de obter fotografias ampliadas utilizando um *tablet* ou *smartphone*. Inicialmente discutem a técnica empregada, que consiste essencialmente na colocação de uma gota de água sobre a lente de uma câmera explorando em seguida algumas aplicações ao ensino de ciências.

Carvalho e Amorim (2014) apresentam uma montagem experimental simples para estudo da maré atmosférica, com a utilização da placa *arduino*. O experimento é destinado ao Ensino médio, para determinação das oscilações barométricas. Também é feita uma comparação entre maré atmosférica e efeito gravitacional da maré oceânica, destacando suas diferenças.

Lunazzi, França e Mori (2015) descrevem a montagem de um estereoscópio com a utilização de dois espelhos, similar ao primeiro da história, mas com a vantagem de utilizar imagens digitais.

Guedes (2015) apresenta em seu trabalho um experimento de baixo custo para o estudo de ondas estacionárias em uma corda. Utilizando um smartphone e o aplicativo “PA Tone” para gerar um sinal senoidal, tornando assim o experimento bem acessível. A montagem experimental consiste num oscilador mecânico ligado a uma corda, no clássico experimento de criação de ondas estacionárias, no qual a densidade linear da corda pode ser inferida. Concluíram que a utilização do aplicativo “PA Tone é uma alternativa viável ao gerador de sinais comercial.

Souza et al (2015) propõem em seu trabalho um experimento simples e de baixo custo para discutir a natureza ondulatória da luz e o limite em que a óptica geométrica é válida. A proposta constitui também um dispositivo para realização de medidas de objetos cuja dimensão seja da ordem do comprimento da luz.

Pedroso et al (2016) em seu artigo propõe a construção de um instrumento eletrônico denominado luxímetro digital, aliando a simplicidade e o baixo custo, o que o torna mais simples e barato que os disponíveis no mercado. A sua construção tende a facilitar a difusão e acesso a este tipo de instrumento de medidas entre professores do Ensino Médio e instituições de ensino, sendo ideal para construir em laboratórios de ciências.

Dorta, Sousa e Muramatsu (2016) apresentam em seu trabalho um experimento didático e de baixo custo, de forma simples e intuitiva, denominado de projetor de gotas. O experimento é uma alternativa mais eficiente ao uso de microscópio em sala de aula. Os fundamentos físicos dos experimentos podem ser analisados sobre conceitos de óptica e podem ser abordados de forma dinâmica e interativa, favorecendo a discussão sobre a interação da luz com a matéria orgânica e a natureza ondulatória e geométrica envolvida.

Ferreira, Silva e Nascimento (2016) apresentam em seu artigo a construção de uma bobina a partir de materiais de fácil acesso, podendo ser utilizada para uma aula experimental sobre indução eletromagnética.

Silveira, Girardi (2017) descrevem em seu artigo a construção e funcionamento de um kit experimental de baixo custo para demonstrar o efeito fotoelétrico. No desenvolvimento do projeto utilizam a plataforma arduino para

controle e interfaceamento com o computador. São apresentados também aplicações do kit no estudo do efeito termiônico e da condutividade elétrica do plasma.

O quadro 1 resume o levantamento bibliográfico.

Quadro 1- Trabalhos encontrados na literatura no período de 2010 a 2017.

2010			
Título	Revista	Área da Física	Atividades De Laboratório
Simulador de propagação de ondas mecânicas em meios sólidos para o ensino da física	RBEF	Ondulatória	Sim
Um estudo de cinemática com câmera digital	RBEF	Mecânica	Não
Um espectrofotômetro de baixo custo para laboratórios de ensino: aplicações no ensino da absorção eletrônica	RBEF	Óptica	Sim
O plano inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados	RBEF	Mecânica	Sim
Desenvolvimento de uma ferramenta para o ensino de física experimental a distância	RBEF	Óptica	Sim
Calculando o coeficiente de atrito entre superfícies com material alternativo	Física na Escola	Mecânica	Sim
Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET.	Física na Escola	Elettricidade	Sim
2011			
Título	Revista	Área da Física	Atividades De Laboratório
A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC	RBEF	Mecânica	Sim
Princípio de Arquimedes: uma abordagem experimental	Física Na Escola	Mecânica	Sim
"Vendo o invisível". Experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo	RBEF	Óptica	Sim
Construção de um termômetro para fins didáticos	Física na Escola	Óptica e eletricidade	Sim
Mini-planetário: um projetor portátil de baixo custo	Física na Escola	Mecânica Celeste	Não
Quais lâmpadas acendem? Entendendo o funcionamento dos circuitos elétricos	Física na Escola	Elettricidade	Sim
2012			
Título	Revista	Área da Física	Atividades de Laboratório
Uso do "espelho de Lloyd" como método de ensino de óptica no Ensino Médio	RBEF	Óptica	Sim

Atividades experimentais no ensino de óptica: uma revisão	RBEF	Óptica	Sim
O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica	RBEF	Mecânica	Sim
Material didático de baixo custo para laboratório de ensino: construção de uma fonte para banco óptico	Física na Escola	Óptica	Sim
2013			
Título	Revista	Área da Física	Atividades De Laboratório
Nova metodologia para aferição da temperatura final de hastes metálicas em um experimento de dilatação térmica linear	RBEF	Termologia	Sim
O laboratório virtual: Uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica	RBEF	Mecânica	Sim
Macrofotografia com um <i>tablet</i> : aplicações ao ensino de ciências	RBEF	Óptica	Sim
2014			
Título	Revista	Área da Física	Atividades De Laboratório
Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura	RBEF	Mecânica	Sim
2015			
Título	Revista	Área da Física	Atividades De Laboratório
Revivendo o estereoscópio de Wheatstone	RBEF	Óptica	Sim
Estudo de ondas estacionárias em uma corda com a utilização de um aplicativo gratuito para <i>smartphones</i>	RBEF	Ondulatória	Sim
Discutindo a natureza ondulatória da luz e o modelo da óptica Geométrica através de uma atividade experimental de baixo custo	RBEF	Óptica	Sim
2016			
Título	Revista	Área da Física	Atividades De Laboratório
Construção de um luxímetro de baixo custo	RBEF	Óptica	Sim
O projetor de gotas e suas diversas abordagens interdisciplinares no Ensino de Física	RBEF	Óptica	Sim
Fios, bobinas e ímãs: iniciando os estudos em eletromagnetismo	Física na Escola	Eletromagnetismo	Sim
2017			
Título	Revista	Área da Física	Atividades De Laboratório
Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio	RBEF	Física moderna	Sim

A partir da revisão de literatura efetuada entre os anos 2010 e 2017, constatamos que, nos vinte e sete artigos que utilizam atividades experimentais, as áreas da física exploradas foram: Óptica 41%, Mecânica 29%, Eletricidade 11%, ondulatória 7%, Eletromagnetismo 4%, Termologia 4% e Física Moderna 4%. Constatamos uma escassez de experimentos de eletricidade, justificando assim, o trabalho a ser desenvolvido, pois analisando os trabalhos que contemplam estudos sobre eletricidade, observamos que Arantes, Miranda e Studart (2010) realizam uma atividade de física sobre circuitos elétricos com o uso do programa de simulação utilizando o software PhET, ou seja, em ambiente virtual. O trabalho proposto nessa dissertação consiste de um painel de circuitos reais, fazendo com que os estudantes compreendam melhor os conceitos abordados, como por exemplo, corrente elétrica, efeito joule, cujo efeitos podem ser sentidos e analisados nas atividades propostas.

Moreira e Celeste (2011) abordam conceitos de eletricidade de forma bem superficial, ou seja, o foco não é análise de circuitos elétricos e sim a construção de um termômetro digital. E pra finalizar, Silva (2011) propõe uma série de experimentos de eletricidade envolvendo ligações de lâmpadas incandescentes em circuitos paralelo, série e misto, mas podemos destacar alguns problemas, como por exemplo, o painel para análise de circuitos é grande, dificultando assim sua utilização em sala de aula, a tensão utilizada é a mesma da rede elétrica, tornando o circuito muito perigoso, pois ao manipular as lâmpadas, o aluno corre o risco de ser eletrocutado caso entre em contato com as partes metálicas do soquete, e mesmo se o circuito for protegido por disjuntor diferencial residual (DR), ainda assim sentiria um choque, pois a legislação brasileira permite que a corrente máxima de fuga nesses dispositivos sejam de 30 mA (trinta mil amperes), corrente não tão baixa, pois a partir de 10 mA o choque já começa a ser doloroso, podendo ser traumático e ocorrer em alguns casos um distanciamento ainda maior dos estudantes em relação a física.

A proposta da aplicação do kit circuitoteca consiste em um painel de circuito relativamente pequeno, podendo ser aplicado em diversos ambientes escolares e que consiste na utilização de máscaras para construção de circuitos elétricos utilizando como alimentação para seu funcionamento uma tensão máxima em torno de 12 volts em corrente contínua, não havendo, portanto, perigo de choques

elétricos e dando total liberdade ao aluno durante a realização das atividades experimentais.

Ao finalizar a revisão da literatura, acreditamos que ficou clara a relevância da abordagem ao estudo de eletricidade a ser desenvolvido no trabalho que originou esta dissertação.

3 Fundamentação Teórica

Neste capítulo abordamos os conceitos fundamentais relativos ao referencial que embasou essa pesquisa.

3.1 Teoria dos campos conceituais de Gerard Vergnaud

Gerard Vergnaud, diretor de pesquisa do Centro Nacional de pesquisa científica (CNRS) da França, doutorado por Piaget, amplia e redireciona, em sua teoria, o foco piagetiano das operações lógicas gerais, das estruturas gerais de pensamento, para o estudo do funcionamento cognitivo do “sujeito-em-ação”.

Para Vergnaud, o conhecimento está organizado em campos conceituais e que seu domínio por parte do sujeito ocorre ao longo de muito tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem. Campo conceitual é definido por ele, como um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e que provavelmente se relacionam com as representações simbólicas por meio do conjunto de invariantes operatórios. A Teoria dos campos conceituais considera a conceitualização o âmago do desenvolvimento cognitivo (MOREIRA, 2002).

A teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud é uma teoria psicológica de conceitos, (VERGNAUD, 1990, P.147), uma teoria cognitivista do processo de conceitualização do real, como ele próprio diz (op. Cit., p.133). É uma teoria pragmática no sentido de que pressupõe que a aquisição do conhecimento é moldada por situações e problemas e ações do sujeito nessas situações. Quer dizer, é por meio de situações e problemas a resolver que um conceito adquire sentido para o aprendiz. A teoria dos campos conceituais é desenvolvida a partir da premissa de que não se pode evidenciar e analisar as dificuldades encontradas pelos estudantes, ignorando as especificidades dos conteúdos envolvidos e não levando em consideração o processo de conceitualização do real no qual está engajado o aprendiz (Vergnaud, 1983). O conceito de campo conceitual é, então, introduzido como a unidade de estudo adequada para dar sentido às dificuldades observadas nesse processo de conceitualização do real. Assim, o professor sempre trabalhará baseado nas dificuldades do aprendiz.

É uma teoria neopiagetiana que pretende oferecer um referencial [...] ao estudo do desenvolvimento cognitivo e da aprendizagem de competências complexas [...] levando em conta os próprios conteúdos do conhecimento e a análise conceitual de seu domínio. (MOREIRA, p.8, 2007)

Os conceitos de campo conceitual, conceito, situações, esquema e invariante operatório são a espinha dorsal de sua teoria. Vergnaud define conceito como um triplete de três conjuntos:

- I) um conjunto de situações (S) que dão sentido ao conceito. Observando que para Vergnaud não se trata de situação didática, mas sim o de tarefa, sendo que toda situação complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas, para as quais é importante conhecer suas naturezas e dificuldades próprias.
- II) um conjunto de invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) que lhe dão o significado;
- III) um conjunto de representações simbólicas (linguagem natural, gráficos, diagramas, mapas e sentenças formais, entre outras) que podem ser usadas para indicar e representar esses invariantes e conseqüentemente, representar as situações e os procedimentos para lidar com elas.

Assim, o conceito só pode ser definido a partir de situações que estão relacionadas com as representações simbólicas por meio do conjunto de invariantes operatórios.

Teoremas-em-ação são proposições que o sujeito acredita serem verdadeiras sobre o real. Os conceitos-em-ação são propriedades, categorias, atributos que o sujeito acredita serem relevantes a uma dada situação. À medida que os teoremas-em-ação e os conceitos-em-ação se tornam mais claros e próximos dos teoremas e conceitos científicos, eles fazem com que o esquema seja mais eficaz e mais útil. Além disso, possibilita a criação, pelo indivíduo, de esquemas mais complexos, mais eficientes e mais úteis, o que proporciona avanço. Isso pode ser caracterizado como aprendizagem na ótica de Vergnaud.

Vergnaud afirma que o processo de desenvolvimento cognitivo, por ser fortemente dependente das situações a serem enfrentadas pelo sujeito, tem como cerne a construção de conceitos, ou seja, a conceitualização.

As situações propostas aos estudantes consistem na montagem e estudo de diversos circuitos elétricos que serão trabalhos em equipe, buscando uma maior

interação através da utilização de um painel de circuitos, denominado circuitoteca, com o intuito de proporcionar a compreensão dos diversos conceitos físicos envolvidos e o estudo de diversas situações sobre circuitos elétricos farão com que os estudantes desenvolvam seus esquemas.

De acordo com Jeskei (2011) para que o estudante domine o conhecimento de um campo conceitual, é necessário, experiência, maturidade e aprendizagem. As dificuldades vão sendo superadas na medida em que são enfrentadas, portanto não acontecem de uma só vez.

Durante o desenvolvimento da aplicação do trabalho, os estudantes realizaram diversas atividades experimentais, propondo, construindo e analisando circuitos de diversas formas, com e sem a utilização direta do kit circuitoteca, fazendo com que eles revejam várias vezes os mesmos conceitos em situações diferenciadas, proporcionando ao aluno uma compreensão gradativa dos conceitos, que de acordo com Vergnaud (1983), um conceito não pode ser analisado por um só tipo de situação e nem uma situação pode ser analisada com um só conceito.

Segundo Moreira (2004), os conhecimentos prévios dos estudantes contêm teoremas e conceitos-em-ação que não são necessariamente, teoremas ou conceitos científicos, podendo evoluir para eles, mas isso poderá levar muito tempo. No entanto as novas situações assimiladas pelos estudantes acabam provocando, durante o processo, uma mudança conceitual.

4 Metodologia

Apresentamos neste capítulo os objetivos, geral e específicos, o local de intervenção da pesquisa, seus participantes e descrevemos a metodologia através de uma sequência didática da experimentação.

4.1 Sujeitos da pesquisa.

As atividades experimentais foram aplicadas em um total de vinte estudantes, todos concluintes da disciplina de Física referente ao Ensino Médio na modalidade de Educação de Jovens e Adultos. Desses estudantes 12 eram do sexo masculino e 8 do sexo feminino. A média de idade dos sujeitos dessa pesquisa era de 25 anos.

4.2 Local da intervenção

O local da intervenção foi o Centro de Educação de Jovens e Adultos Professora Cecy Cialdini- CEJA, mostrado na figura 1.

Figura 1- Escola Centro de Educação de Jovens e Adultos – CEJA.



Fonte: <http://encurtador.com.br/jEHNP>

O Centro Educação de jovens e adultos professora Cecy Cialdini- CEJA, localizado na rua Oriano Mendes -455, centro da cidade de Sobral, foi criado pelo decreto nº 16.784, de 09 de outubro de 1984, com o nome de CES- Centro de Estudos Supletivos. A partir de 2002, por determinação legal, passou a denominar-se Centro de Educação de Jovens e Adultos professora Cecy Cialdini. É um Centro de Educação de Jovens e Adultos público que busca sempre primar pelo melhor

atendimento à comunidade pelo resgate da cidadania, como eixo norteador e pela promoção do conhecimento sistematizado e específico da modalidade de ensino da Educação de Jovens e Adultos.

É mantido pelo Governo do Estado do Ceará e subordinado administrativamente à 6ª CREDE- Coordenadoria Regional de Desenvolvimento da Educação e à Coordenadoria da escola e da Aprendizagem/ CODEA- Diversidade e Inclusão educacional/ Educação de Jovens e Adultos.

4.3 Sequência didática

Inicialmente foi feito uma pequena explanação para os estudantes acerca do trabalho a ser desenvolvido. Apresentando a proposta do mestrado, todos os estudantes foram informados sobre as atividades a serem desenvolvidas e que os registros serviriam de base para a dissertação de mestrado. Foram esclarecidos que as atividades seriam complementares e não haveria obrigatoriedade de participação, mas que poderia contribuir para sua formação acadêmica, uma vez que os conteúdos abordados nas aulas experimentais seriam também explanados nas aulas convencionais. Na ocasião foi apresentado aos estudantes, o kit experimental circuitoteca, seus componentes e a forma de utilização. Foi explicado também que seu funcionamento era de apenas 12 volts em corrente contínua e que utilizava para isso uma fonte retificada abaixadora de tensão, não oferecendo nenhum perigo de choque elétrico, pois alguns estudantes questionaram por ele ser ligado em uma tomada da rede elétrica.

A intervenção teve início com a procura de indícios de conhecimento prévio relativos à temática em questão nas estruturas cognitivas dos estudantes por meio da aplicação de um pré-teste (questionário inicial), realizado individualmente pelos estudantes.

Para o desenvolvimento do projeto, foram elaborados alguns instrumentais para uma melhor compreensão da proposta didática.

Iniciamos a aplicação do produto após uma revisão dos conteúdos de eletrostática, abordando conceitos de carga elétrica, força elétrica, campo elétrico e potencial elétrico.

A aplicação do projeto ocorreu através de aulas experimentais, em que os estudantes em grupo conduziram a experimentação sendo guiados pelos roteiros

experimentais e auxiliados pelo professor. O quadro 2 mostra como foi organizada a proposta da sequência didática.

Antes de cada aula experimental, os estudantes realizaram o pré-teste com duração média de 30 minutos. Nele constavam algumas questões sobre o tema a ser estudado na aula experimental e que teve por objetivo a procura de indícios de invariantes operatórios relativos a temática abordada na atividade a ser desenvolvida.

Após análise de cada pré-teste, os estudantes realizaram as atividades experimentais. Ao iniciar a atividade experimental eles receberam o kit didático onde deveriam realizar as montagens dos circuitos sob a supervisão do professor e os roteiros experimentais contendo explicações dos procedimentos de montagens e situações problemas através de questões a serem respondidas. As atividades tiveram duração média de 1,5h e após a realização de cada atividade experimental, os estudantes foram convidados a realizar um novo questionário (pós-teste), que teve por objetivo verificar o nível de compreensão do aluno acerca da atividade desenvolvida.

Quadro 2- Sequência didática

	Encontros	Assunto	Aulas	Duração
Atividade	Encontro 1	Pré-teste	01	30 min.
	Encontro 2	Prática experimental	01	1,5h
	Encontro 3	Pós-teste	01	30 min.

As atividades foram elaboradas com o objetivo de introduzir os conceitos de forma gradual, por isso optou-se na primeira atividade o estudo de circuito simples, buscando com essa atividade que o aluno consiga identificar um circuito elétrico, seus componentes e a interação entre potencial elétrico e corrente elétrica.

O kit experimental foi construído especialmente com o objetivo de oferecer ao estudante grande liberdade ao montar circuitos elétricos e os roteiros foram elaborados colocando os estudantes em várias situações problema com o propósito de que os mesmos possam interagir em grupo para buscar uma solução.

As aulas experimentais foram planejadas e apresentadas aos estudantes em 8 atividades, possibilitando aos mesmos uma variedade de montagens de circuitos

elétricos e a interação com grandezas físicas importantes como tensão, corrente elétrica e resistência elétrica.

O quadro 3 mostra o detalhamento das atividades experimentais desenvolvidas.

Quadro 3- Detalhamento das atividades experimentais.

Experimento	Conteúdo	Objetivos	Materiais
01 Circuito simples	➤ Introdução ao conceito de corrente elétrica ➤ Tensão ➤ Circuitos elétricos.	➤ Acender uma lâmpada com os materiais fornecidos e buscar uma explicação ➤ Identificar um circuito elétrico e seus componentes ➤ Diferenciar tensão de corrente elétrica	➤ Kit experimental ➤ Mascara nº 02 ➤ 1 módulo interruptor ➤ 1 módulo soquete ➤ 1 módulo voltímetro. ➤ 1 lâmpada de 12 volts ➤ 1 lâmpada de 3 volts ➤ Fonte de alimentação ➤ 1 pilha AA ➤ Fios de cobre
02 Condutividade elétrica	➤ Corrente elétrica ➤ Tensão ➤ Condutividade de sólidos e líquidos ➤ Circuitos elétricos	➤ Compreender as condições necessárias para que haja condução de corrente elétrica, utilizando conceitos químicos de substâncias iônicas e moleculares. ➤ Reconhecer alguns materiais condutores elétricos e entender porque alguns materiais conduzem corrente elétrica e outros não.	➤ Kit experimental ➤ Fonte de alimentação ➤ Mascara nº 03 ➤ 1 módulo soquete ➤ 1 módulo voltímetro ➤ 1 módulo Becker ➤ 1 lâmpada de 12 volts ➤ 2 Cabos P₁₀/banana ➤ Conjunto de matérias: borracha, plástico, cobre, alumínio, madeira, vidro, sal de cozinha, açúcar, água destilada.
03 Efeitos da corrente elétrica	➤ Efeitos da corrente elétrica ➤ Unidades da corrente elétrica (múltiplos e submúltiplos)	➤ Evidenciar os efeitos da corrente elétrica ➤ Interpretar e relacionar unidades de corrente elétrica	➤ Kit experimental ➤ Fonte de alimentação ➤ Mascara nº 04, 05, 06 e 07 ➤ 1 módulo interruptor ➤ 1 módulos botão ➤ 1 módulo resistor ➤ 2 módulos borne ➤ 1 módulo Becker ➤ 1 módulo de toque ➤ 1 módulo voltímetro ➤ Cabo banana/banana ➤ 1 bússola
04 Utilização do voltímetro e amperímetro	➤ Tensão ➤ Utilização do voltímetro ➤ Corrente elétrica ➤ Utilização do amperímetro	➤ Familiarizar-se com o voltímetro e amperímetro e utiliza-los de forma correta	➤ Kit experimental ➤ Fonte de alimentação ➤ Mascara nº 08, 09 ➤ 2 módulos interruptor ➤ 2 módulos soquete ➤ 3 módulos voltímetro ➤ 2 lâmpadas de 12 volts ➤ 3 pilhas (1x AA, 1xAAA e 1xD) ➤ 1 bateria de 9v ➤ 3 multímetros digitais ➤ 2 pontas de prova ➤ 1 soquete para lâmpada E10 ➤ 1 plug para bateria de 9v ➤ 4 plugs jumper

Experimento	Conteúdo	Objetivos	Materiais
05 Divisor de tensão e corrente elétrica	➤ Tensão ➤ Corrente elétrica ➤ Circuitos divisores de tensão e corrente elétrica	➤ Identificar circuitos divisores de tensão e corrente elétrica. ➤ Determinar a corrente elétrica e a tensão em diferentes tipos de circuitos.	➤ Kit experimental ➤ Fonte de alimentação ➤ Mascara nº 08 e 09 ➤ 2 módulos interruptor simples ➤ 2 módulos soquete ➤ 3 módulos voltímetros ➤ 2 lâmpadas de 12v ➤ 3 multímetros digitais ➤ 3 pares de pontas de prova ➤ 4 plugs jumper
06 Resistência elétrica	➤ Resistor ➤ Resistência elétrica ➤ Código de cores ➤ Potência de resistores	➤ Identificar resistores ➤ Determinar o valor da resistência elétrica através do código de cores; ➤ Utilizar o ohmímetro para medir resistência elétrica.	➤ Kit experimental ➤ Fonte de alimentação ➤ Mascara nº 10 ➤ 1 multímetro digital ➤ 5 resistores ➤ 1 módulo garra jacaré ➤ 1 par de ponta de prova ➤ 1 módulo potenciômetro
07 Estudo da lei de Ohm	➤ Tensão ➤ Corrente elétrica ➤ Resistência elétrica ➤ Lei de ohm	➤ Relacionar corrente elétrica e tensão num resistor ➤ Comprovar a lei de ohm ➤ Reconhecer as unidades de resistência elétrica ➤ Utilizar corretamente o ohmímetro	➤ Kit experimental circuitoteca ➤ Fonte de alimentação com plug P10 ➤ Mascara nº 08 ➤ 1 módulo soquete ➤ 2 pontas de prova P10/banana ➤ 1 módulo chave giratória
08 Associação de resistores em série e paralelo	➤ Associação de resistores em série e paralelo ➤ Resistência elétrica equivalente	➤ Identificar associação de resistores em série e em paralelo ➤ Reconhecer as unidades de resistência elétrica ➤ Utilizar o ohmímetro para medir resistência elétrica ➤ Analisar as particularidades da associação série e paralela	➤ Kit experimental ➤ Fonte de alimentação ➤ Mascara nº 10, 12 e 13 ➤ 1 multímetro ➤ 4 módulos garra jacaré ➤ 5 resistores ➤ Ponta de prova

4.4 Descrição da experimentação didática

A aplicação da proposta transcorreu num total de 32 aulas, pois os estudantes foram divididos em grupos de cinco integrantes e cada grupo realizou as oito atividades propostas. Antes de cada atividade experimental os estudantes foram submetidos a um questionário inicial (pré-teste) e uma semana após a realização da atividade experimental foram convidados a responder um pós-teste.

4.4.1 Atividade experimental 01- Circuito simples

Nesta atividade foram abordados conceitos sobre corrente elétrica, tensão e uma análise sobre circuitos elétricos simples. Os objetivos dessa atividade mostrada na figura 2 foram acender uma lâmpada e buscar uma explicação para o acendimento, identificar circuitos elétricos abertos e fechados e diferenciar corrente elétrica de potencial elétrico.

Figura 2- Circuito fechado a esquerda e aberto a direita

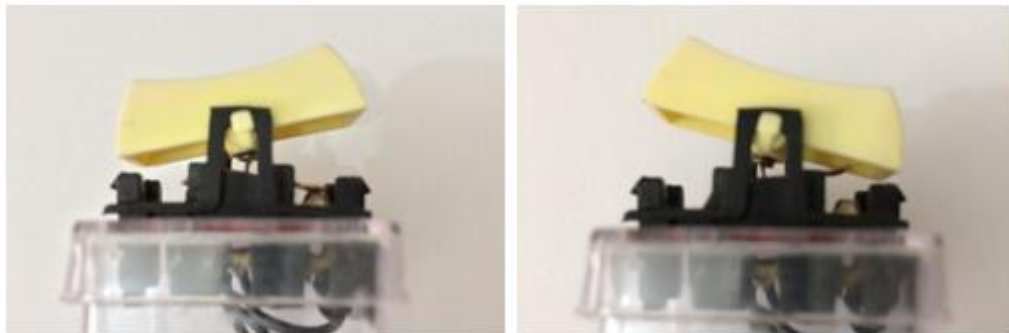


Fonte: Produção do próprio autor.

Ao iniciar a atividade o professor mostrou todo o material a ser utilizado e os estudantes começaram a atividade. Nos passos 02 a 05 do roteiro experimental eles encaixaram a máscara número 02 no painel de circuitos, conectaram a fonte de alimentação, o módulo soquete com a lâmpada acoplada e o módulo interruptor (na posição “0”) na máscara. No passo 06 eles observaram que a lâmpada estava apagada mesmo com o interruptor conectado e alguns estudantes sugeriram que apertasse o botão do interruptor para que a lâmpada acendesse. No passo 07 ao apertar o botão do interruptor para a posição “I” eles observaram que a lâmpada

acendeu e no passo 08 eles sugeriram uma explicação para o acendimento da lâmpada. Foi observado que apesar dessa prática de acender uma lâmpada ser comum no cotidiano dos estudantes muitos não sabiam o que acontecia dentro do interruptor para que a lâmpada acendesse e esse experimento permitiu essa compreensão, pois o interruptor preparado para esta atividade, mostrado na figura 3 tem suas laterais abertas para que possa ser observada a conexão entre seus contatos e com isso eles puderam perceber que ao apertar o botão do interruptor para a posição “I” seus contatos fecham e a lâmpada acende e ao apertar para a posição “0” eles abrem cessando a passagem de corrente elétrica e apagando a lâmpada.

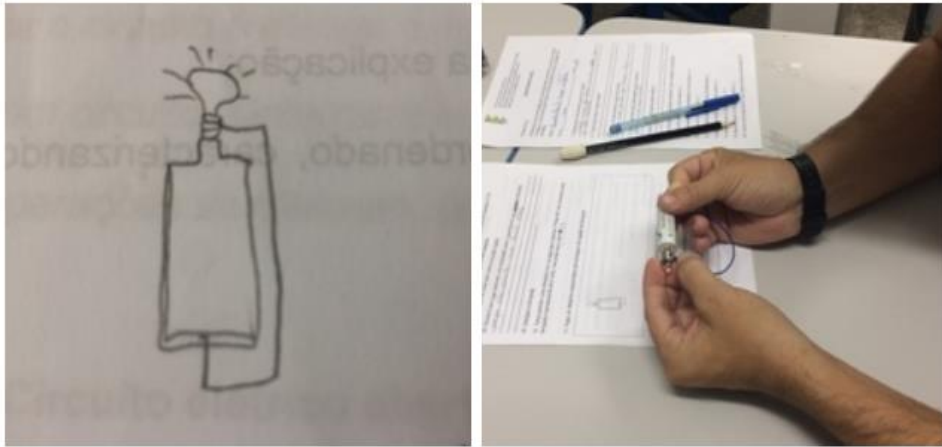
Figura 3- Interruptor com contatos fechados(esquerda) e abertos (direita).



Fonte: Produção do próprio autor.

No passo 09 o professor forneceu aos alunos uma lâmpada de 3 volts, fios de cobre e uma pilha AA, para que eles montassem um circuito para acender a lâmpada, mas antes eles deveriam fazer um desenho esquemático da montagem (passo 11) e só depois, no passo 12 poderiam testar o circuito e caso estivesse incorreta e a lâmpada não acendesse, eles deveriam voltar ao passo 11, propor uma nova montagem e testá-la novamente. A figura 4 mostra um esquema de ligação proposto por um grupo de alunos e a sua montagem para verificar seu funcionamento.

Figura 4- Desenho esquemático à esquerda e teste da montagem proposta à direita.

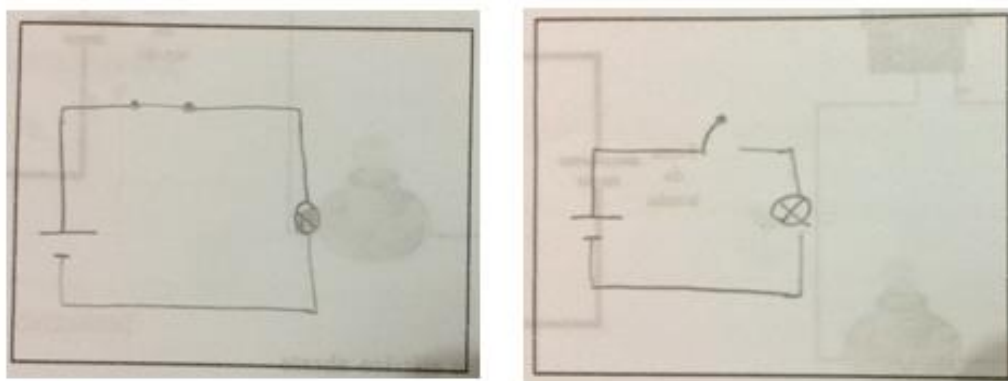


Fonte: Produção do próprio autor.

Após a conclusão da montagem e teste do circuito o professor fez uma explanação para os alunos sobre tensão, corrente elétrica, gerador elétrico e circuito elétrico, mostrando as características do circuito aberto, fechado e sua simbologia.

No passo 14 os alunos conectaram o módulo volímetro na máscara 2 e observaram o valor indicado no visor e na ocasião o professor explicou que iria mostrar detalhadamente a utilização do volímetro em outra atividade e no passo 15 eles reproduziram no painel de circuitos o mesmo esquema da imagem mostrada no roteiro experimental identificando se o circuito mostrado era aberto ou fechado e representaram a simbologia do circuito elétrico. A figura 5 mostra a simbologia feita por um grupo de alunos.

Figura 5- Simbologia do circuito fechado a esquerda e aberto a direita



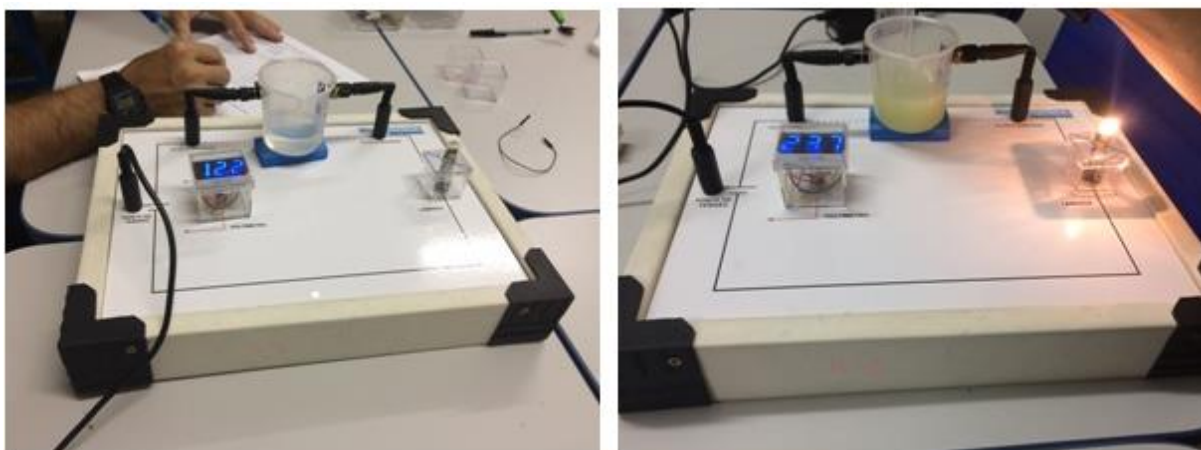
Fonte: Produção do próprio autor.

4.4.2 Atividade experimental 02- Condutividade elétrica

Na atividade 02 foram abordados os conteúdos de corrente elétrica, tensão, condutividade dos sólidos, dos líquidos e circuitos elétricos. O objetivo da atividade experimental foi reconhecer materiais condutores elétricos e entender porque alguns materiais não conduzem corrente elétrica.

Ao iniciar a atividade experimental mostrada na figura 6, o professor apresentou os materiais a serem utilizados e em seguida os estudantes iniciaram a experimentação.

Figura 6- Experimento de condutividade de sólidos e líquidos.



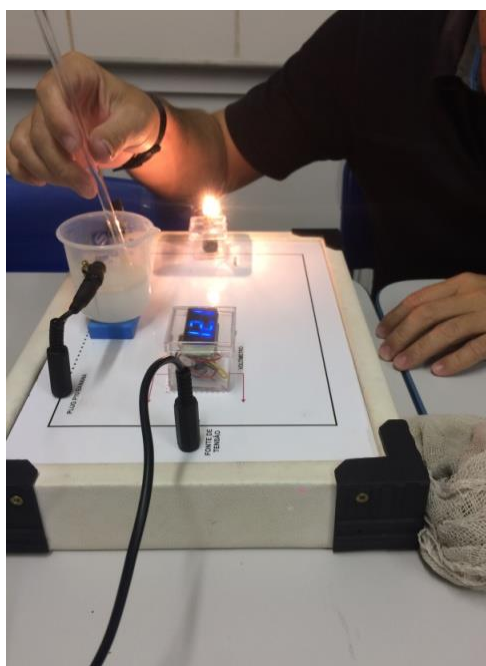
Fonte: Produção do próprio autor.

Nos passos 01 a 06 os estudantes encaixaram a máscara número 03, a fonte de alimentação, o módulo voltímetro, a lâmpada (inicialmente no soquete) no painel de circuitos. No passo 07 os estudantes conectaram dois cabos P10/banana na máscara 03 e tentaram acender a lâmpada, mas não conseguiram, pois, os cabos foram projetados para que não fosse possível o contato entre eles, fazendo com que no passo 08 os estudantes buscassem uma explicação para o não acendimento da lâmpada e utilizassem o conceito de circuito aberto e fechado analisando as condições para que seja estabelecida uma corrente elétrica num circuito. Os estudantes observaram que para que a lâmpada fosse acesa o circuito deveria estar fechado, necessitando de algo para ser interligado entre os cabos P10/banana para que isso pudesse ocorrer. Então no passo 09 o professor entregou alguns materiais para que os estudantes pudessem fechar o circuito e acender a lâmpada, mas antes eles deveriam discutir em grupo quais materiais conduziram a corrente elétrica e

acenderiam a lâmpada e quais não permitiriam a passagem da corrente elétrica, preenchendo em seguida uma tabela. Após o preenchimento da tabela o professor iniciou uma discussão com os estudantes sobre condutividade elétrica utilizando como suporte a sugestão da fundamentação teórica disponível no roteiro experimental. No passo 10 os estudantes testaram os materiais verificando quais deles acendiam a lâmpada e completaram outra tabela com a explicação para a condução ou não. Ao finalizar o preenchimento da tabela o professor analisou as respostas, fez algumas intervenções e pediu aos estudantes que comparassem com as respostas do passo 09, fazendo a correção quando necessária.

Nos passos 11 a 13 mostrado na figura 7, os estudantes realizaram uma experimentação com substâncias líquidas e solução aquosa de água e sal de cozinha e água e açúcar, fazendo uma análise da condução da corrente elétrica em soluções aquosas.

Figura 7- Experimento sobre condução dos líquidos.



Fonte: Produção do próprio autor.

4.4.3 Atividade experimental 03- Efeitos da corrente elétrica

Nesta atividade os conteúdos abordados foram efeitos da corrente elétrica, tendo como objetivo evidenciar os efeitos da corrente elétrica.

Ao iniciar a atividade prática com o auxílio do roteiro experimental, o professor apresentou o material a ser utilizado. Foi observado que os estudantes já conseguiam identificar alguns componentes. Com o auxílio do roteiro experimental os estudantes montaram circuitos em que ao pressionar ou ligar um botão surgia um efeito da corrente elétrica e podia ser percebido por eles, através do tato ou visualmente.

Os efeitos estudados foram:

Efeito térmico mostrado na figura 8, onde os estudantes perceberam, através do contato com um resistor, o aquecimento do mesmo com a passagem da corrente elétrica.

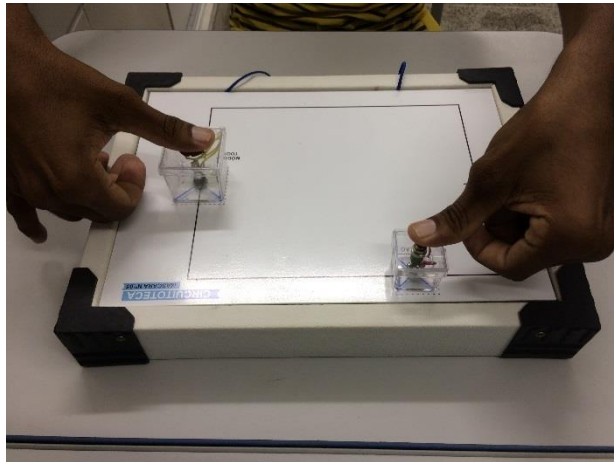
Figura 8- Verificação do efeito da corrente elétrica através de um resistor.



Fonte: Produção do próprio autor

Efeito fisiológico evidenciado na figura 9, onde os estudantes encostavam o dedo numa superfície metálica e recebiam um choque elétrico de baixa intensidade de corrente elétrica .

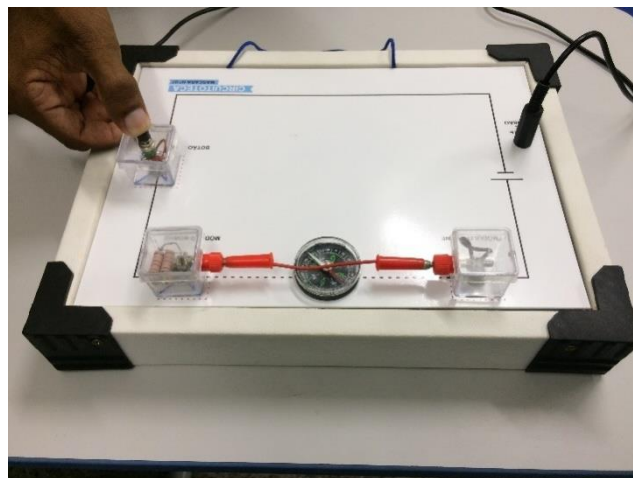
Figura 9- Analisando o efeito da corrente elétrica através do corpo humano.



Fonte: Produção do próprio autor.

Efeito magnético visualizado na figura 10, em que ao ser estabelecida uma corrente elétrica no circuito, uma bússola que foi colocada abaixo de uma parte da malha, sofre deflexão de sua agulha magnética.

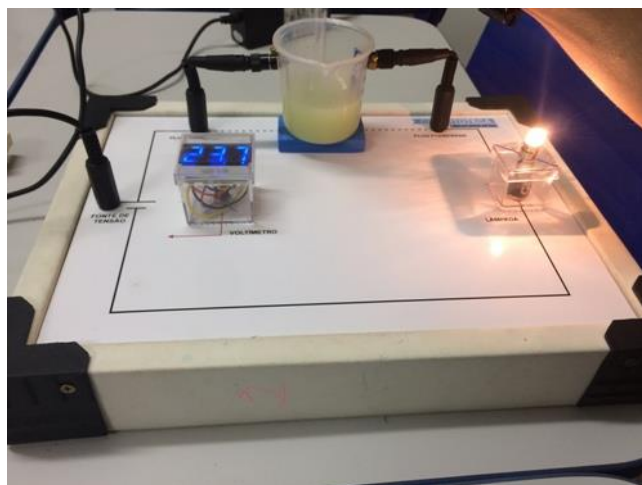
Figura 10- Deflexão da agulha da bússola causada pelo campo magnético gerado pela passagem da corrente.



Fonte: Produção do próprio autor.

Efeito químico mostrado na figura 11, onde foi observada uma reação de oxidação do cobre em solução aquosa ao ser percorrida por corrente elétrica.

Figura 11- Análise do efeito causado pela corrente elétrica ao passar através de soluções eletrolíticas.



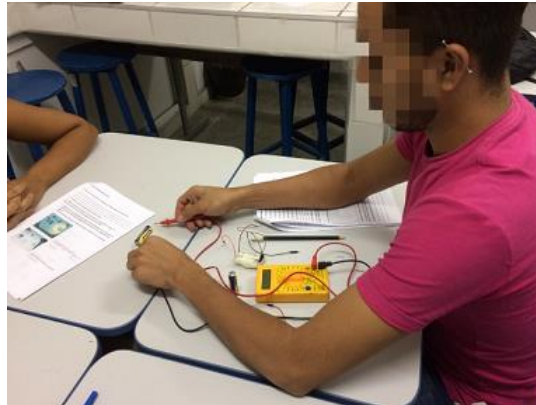
Fonte: Produção do próprio autor.

4.4.4 Atividade experimental 04—Utilização do voltímetro e amperímetro.

Na atividade 04 foram abordados novamente os conteúdos de corrente elétrica e tensão elétrica com a implementação dos instrumentos amperímetro e voltímetro para efetuar suas medições. O objetivo da atividade experimental consistiu em utilizar corretamente o voltímetro e amperímetro.

Ao iniciar a aula experimental o professor apresentou para os estudantes o voltímetro, a forma de utilização e os cuidados ao manuseá-lo. Após a explanação do professor os estudantes iniciaram a experimentação. No passo 01 eles mediram a tensão de algumas pilhas e baterias e completaram uma tabela com o valor medido e a escala utilizada.

Figura 12 - Aluno medindo a tensão numa pilha AA



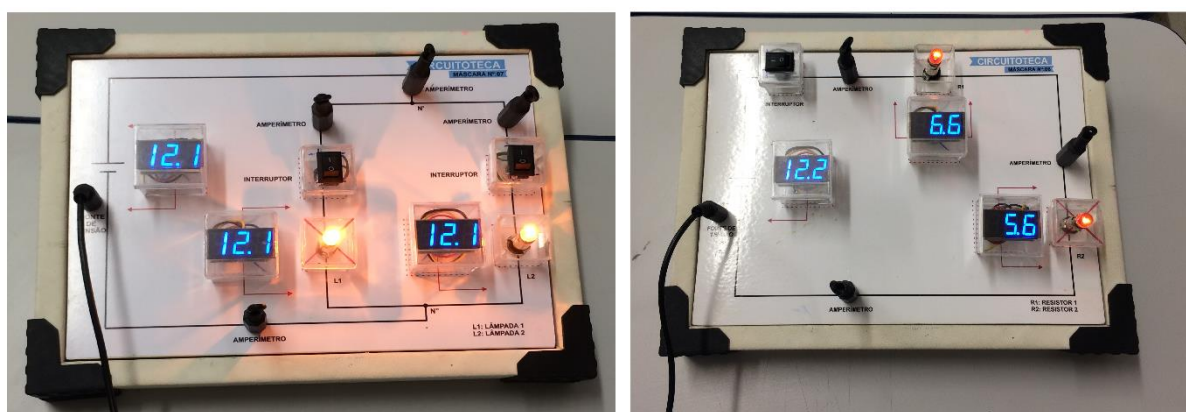
Fonte: Produção do próprio autor.

Após a medição da tensão das pilhas, o professor apresentou outra função do multímetro, o amperímetro, mostrando a forma adequada para sua utilização. Nos passos 02 e 03 montaram um circuito utilizando uma lâmpada incandescente e uma bateria de 9 volts, e depois com a utilização do amperímetro determinaram a corrente elétrica no circuito. Nos passos 04 e 05 os estudantes observaram que os voltímetros e amperímetros podiam ser conectados diretamente nas mascaras do kit experimental. No passo 06 o professor fez uma demonstração da utilização do voltímetro e amperímetro utilizando a máscara número 08. No passo 07 os estudantes discutiram entre si para verificar em qual dos circuitos mostrados o voltímetro estava conectado de forma correta e no passo 08 para verificar em qual circuito o amperímetro estava conectado corretamente. No passo 09 retiraram todos os componentes do painel de circuito. Nos passos 10 a 14 os estudantes montaram o circuito da máscara 8, com todos os instrumentos de medição e completaram uma tabela com os dados coletados nos instrumentos. Nos passos 15 a 18 os estudantes montaram o circuito da máscara 9 e preencheram uma tabela com as medidas de tensão e corrente elétrica.

4.5 Atividade experimental 05- Circuitos divisores de corrente e tensão elétrica.

Nessa atividade experimental, mostrada na figura 13 foi feito uma análise em circuitos divisores de tensão e corrente em circuitos simples e ramificados. Os objetivos da atividade foram identificar circuitos divisores de tensão e corrente elétrica e medir suas intensidades.

Figura 13- circuito divisor de corrente elétrica a esquerda e de tensão a direita

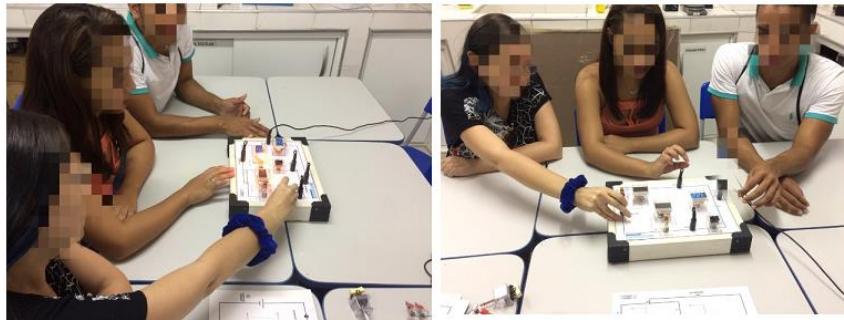


Fonte: Produção do próprio autor.

Ao iniciar a aula o professor mostrou os materiais a serem utilizados e em seguida os estudantes iniciaram a experimentação. Nos passos 01 a 05 os estudantes encaixaram a máscara número 08, a fonte de alimentação, as lâmpadas (nos soquetes) e o interruptor simples no painel de circuitos. O passo 06 consistiu na inserção dos instrumentos de medição, onde foi observado que alguns estudantes ainda tinham dificuldades quanto à forma correta de utilização desses instrumentos, mas que os estudantes em grupo conseguiram interagir para sanar essas dificuldades. No passo 07 os estudantes acenderam a lâmpada e completaram a tabela do passo 08 com os dados retirados diretamente dos instrumentos de medição, nesse momento o professor pediu para que os estudantes fizessem uma análise do circuito observando a corrente elétrica e a tensão e respondessem ao passo 09, onde o assunto era referente ao tipo de circuito elétrico, devendo classificá-lo em divisor de corrente ou tensão. Os dois passos seguintes consistiram em outra forma de verificar a tensão e corrente em circuitos, onde os estudantes observaram a relação entre um circuito real montado no painel e a simbologia no roteiro experimental, devendo os mesmos preencher as medidas mostradas nos instrumentos de medição e fazer uma análise da tensão no passo 10 e da corrente

elétrica no passo 11. Nos passos 12 a 20 os estudantes realizaram os mesmos procedimentos descritos anteriormente, mas em um novo modelo de circuito mostrado na máscara 09, um circuito divisor de corrente elétrica.

Figura 14- alunos analisando circuitos divisores de corrente elétrica a esquerda e tensão a direita



Fonte: Produção do próprio autor.

4.5.1 Atividade experimental 06- Resistência elétrica- Código de cores.

Foram abordados na atividade experimental os conteúdos de resistência elétrica e potência de resistores. Os objetivos da atividade foram identificar resistores, determinar o valor de sua resistência elétrica através do código de cores e utilizar o ohmímetro.

Ao iniciar a atividade, os estudantes fizeram a leitura da fundamentação teórica e o professor abriu uma discussão sobre o assunto, mostrando alguns exemplos de resistores, sua simbologia e unidades. Após a explanação inicial o professor mostrou aos estudantes uma forma de determinar a resistência elétrica de resistores através do código de cores. No passo 01 após terem recebido do professor cinco resistores numerados de 1 a 5 os estudantes realizaram a experimentação afim de determinar a resistência elétrica dos resistores, sendo necessária algumas vezes a intervenção do professor, principalmente em relação a determinação do fator multiplicativo e tolerância. A seguir o professor mostrou outra forma de determinar a resistência elétrica de um resistor, utilizando o multímetro (na função ohmímetro).

Figura 15- Alunos determinando a resistência elétrica com a utilização do Ohmímetro



Fonte: Produção do próprio autor.

Nos passos 02 a 04 os estudantes utilizaram o kit circuitoteca. Inicialmente eles encaixaram a máscara número 10 no painel de circuitos e inseriram o resistor número 1 no módulo garra de jacaré depois no painel. No passos 05 a 07 conectaram as pontas de prova no ohmímetro e na máscara número 10, entre os pontos A e B, depois verificaram a resistência elétrica do resistor 1 no visor do ohmímetro ajustando a escala adequada e repetindo o experimento para todos os resistores preencheram a tabela do passo 07. No passo 08 os estudantes fizeram uma análise da resistência medida com o ohmímetro e pelo código de cores, verificando que os resistores estavam dentro da faixa de tolerância e fizeram uma análise da resistência em função do tamanho do resistor, chegando à conclusão que o tamanho do resistor não tinha relação com a resistência elétrica, pois alguns resistores eram maiores que outros e suas resistências elétricas eram menores, nesse momento o professor abriu uma discussão sobre potência de resistores.

4.5.2 Atividade experimental 07- Lei de Ohm.

Na atividade experimental 07 foi abordado conceitos sobre tensão e corrente elétrica num condutor. Os objetivos do experimento foram relacionar corrente elétrica e tensão, comprovar a lei de Ohm e reconhecer as unidades de resistência elétrica.

Antes dos alunos iniciarem a atividade experimental, o professor mostrou o material a ser utilizado. Seguindo os passos 02 e 03 do roteiro experimental os alunos encaixaram a máscara número 10 e o módulo garra jacaré com o resistor A, fornecido pelo professor, acoplado no painel de circuitos. No passo 04 determinaram com a utilização do ohmímetro a resistência elétrica do resistor A, conectado anteriormente no painel de circuitos. No passo 05 os alunos verificaram se o potenciômetro estava com o cursor girado todo no sentido anti-horário, algumas equipes observaram que não estava e tiveram que girar o botão no sentido anti-horário até escutar um *click*, esse procedimento foi necessário para que a tensão no resistor seja inicialmente zero e que ao girar o potenciômetro no sentido horário a tensão aumente entre seus terminais e seja estabelecida uma corrente elétrica. No passo 06 eles retiraram a máscara número 10 e no passo 07 colocaram a máscara número 11. Nos passos 08 e 09 eles encaixaram o módulo chave giratória, módulo voltímetro, amperímetro, jumper, e módulo garra jacaré com o resistor A no painel de circuitos, e no passo 10 eles completaram uma tabela com os valores de corrente elétrica variando a tensão girando a chave no sentido horário. No passo 11 fizeram uma análise da relação entre tensão e corrente elétrica, através da razão entre V/I . Eles verificaram que ao variar a tensão, a corrente elétrica variava, mas não conseguiram perceber que essa variação era na mesma proporção. O professor abriu uma discussão sobre diferença de potencial (tensão) aplicada a um resistor e a corrente elétrica que o atravessa, mostrando que a relação observada anteriormente era a representação da lei de Ohm, onde a razão entre a tensão e a corrente elétrica representa a resistência elétrica do condutor. Expondo graficamente essa relação, mostrou ser uma reta podendo a resistência ser representada também através de seu coeficiente angular. Destacou que o resistor cujo gráfico é uma reta, onde a tensão é proporcional a corrente, denomina-se resistor ôhmico e a não linearidade representa um resistor não-ôhmico. No passo 12 eles estabeleceram a

relação matemática da lei de Ohm, no passo 13 plotaram o gráfico da tensão versus corrente de acordo com a tabela e no passo 14 verificaram se o condutor era ôhmico ou não ôhmico. No passo 15 fizeram uma aplicação da lei de Ohm onde determinaram a corrente elétrica através do resistor A ao ser submetido a uma tensão de 20 V e no passo 16 determinaram a tensão entre os terminais do resistor A ao ser percorrido por uma corrente de 0,5 A.

4.5.3 Atividade experimental 08- Associação de resistores em série e em paralelo.

Os conteúdos abordados nesta atividade foram circuito elétrico, associação de resistores em série e paralelo e resistor equivalente. Esta atividade teve como objetivo identificar uma associação de resistores em série e em paralelo, determinar o valor da resistência equivalente de uma associação e utilizar o ohmímetro.

Ao iniciar a atividade experimental o professor fez uma pequena revisão sobre a utilização do ohmímetro, bem como os cuidados ao utilizá-lo. Depois os estudantes conduziram a atividade seguindo os passos de 01 a 06, onde encaixaram a máscara número 10 no painel de circuitos e os resistores nos módulos garras de jacaré. Depois com o auxílio do ohmímetro mediram a resistência elétrica dos resistores numerados de 6 a 10 e preencheram uma tabela. Após o preenchimento da tabela, o professor conduziu uma discussão sobre a associação série e paralela e como determinar a resistência equivalente dessas associações, mostrando alguns exemplos. Nos passos de 07 a 10 os estudantes testaram seus conhecimentos em grupo na resolução de questões problemas, onde surgiram algumas dúvidas que foram discutidas e solucionadas com a ajuda do professor.

Figura 16 - Alunos analisando associação de resistores em série a esquerda e paralelo.



Fonte: Produção do próprio autor.

5 Resultados e discussões

Os indicadores de aprendizado utilizados foram os pré-testes e pós-testes aplicados em todas as atividades experimentais. Ressaltamos que no questionário final foi abordando o mesmo conteúdo com pequenas variações, para termos a segurança que o nível de questionamento seria o mesmo.

Durante as práticas experimentais os estudantes se depararam com diversas situações problemas para que os mesmos, em grupo pudessem interagir, propor uma solução e depois testá-las com a utilização do kit circuitoteca, pois de acordo com Vernaud (1990), um conceito não se forma a partir de uma única situação, sendo necessária a diversificação de atividades para que o sujeito possa aplicar um determinado conceito em diversas situações, fazendo assim a integração entre as partes do todo.

Foram analisados os resultados obtidos pelos vinte estudantes nos pré e pós-testes, levando em consideração a quantidade de acertos e uma análise de acertos por questão.

5.1 Análise dos questionários da atividade 01- circuito simples.

Analisando os resultados dos questionários da atividade sobre circuito simples, mostrado no gráfico 1, foi observado que na questão 01 do pré-teste nenhum estudante definiu de forma correta a grandeza corrente elétrica, fazendo muitas vezes referência ao termo energia.

Isso pode ser visto nas afirmações:

Quale transmite energia.

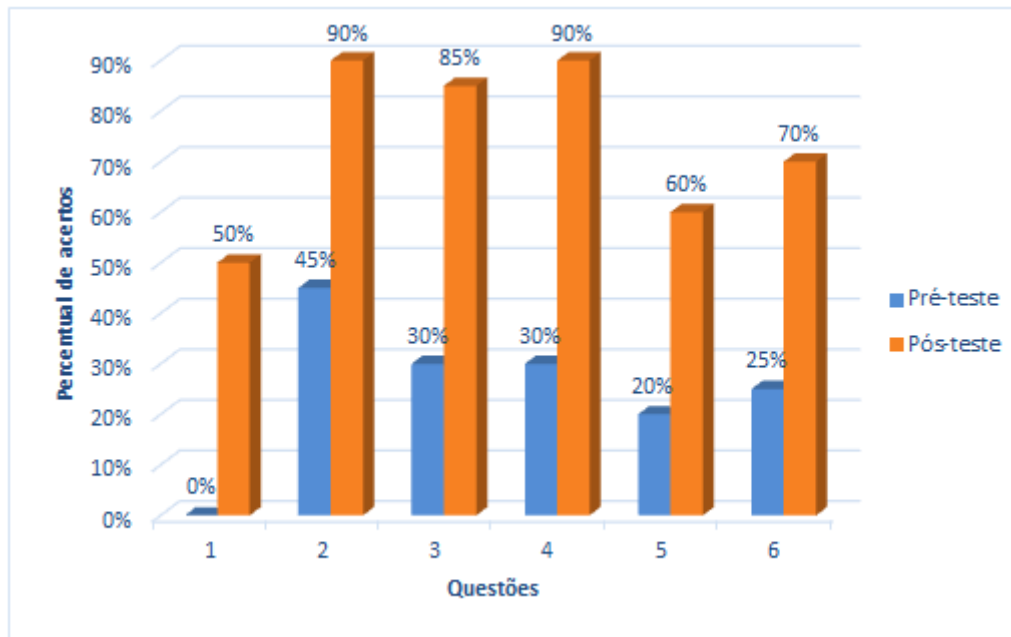
ou em

é uma energia que corre entre os fios de energia

e ainda

é uma energia que move os Apêndices.

Gráfico 1- Percentual de acertos nos pré e pós-testes da atividade 01.



Fonte: Dados obtidos nos pré e pós-testes.

Durante a aula experimental o professor abriu uma discussão sobre tensão e corrente elétrica em circuitos e que na questão 01 no pós-teste, após a realização da atividade experimental, 10 estudantes (50%) definiram corretamente e acreditamos que foi devido à dificuldade de nossos estudantes nas questões subjetivas e por eles ainda não terem se familiarizado com o kit educacional.

Na questão 02 do pré-teste os estudantes foram perguntados entre dois circuitos elétricos, qual o aberto e observamos que 9 estudantes (45%) responderam corretamente fazendo referência a um circuito cujo interruptor está desligado e lâmpada apagada devido não ter corrente no circuito, podemos ver isso em:

porque o interruptor está em posição desligado e não tem corrente

Alguns estudantes marcaram corretamente, mas não souberam explicar, como podemos ver em uma das respostas abaixo.

por que o fio está desconectado

Observando esse conceito errôneo que os estudantes demonstraram o professor na atividade experimental buscou montar as equipes mesclando estudantes que tinham dificuldades com aqueles que tinham um pouco mais de

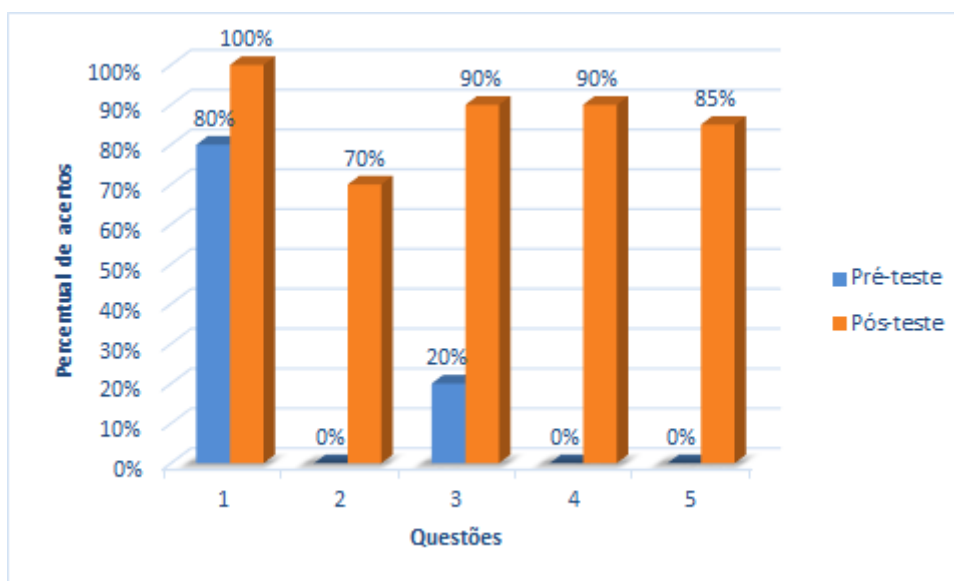
facilidade com o conteúdo, para que eles pudessem interagir e obter melhores resultados na realização da atividade experimental. Na ocasião os estudantes montaram circuitos buscando explicações para o acendimento ou não de uma lâmpada ao ser mudada a posição do botão do interruptor e o professor fez uma explanação sobre tensão e corrente elétrica através da fundamentação teórica presente no roteiro experimental. Ao ser feita a análise da questão 02 do pós-teste realizado uma semana após a aula experimental, foi constatado que 18 estudantes (90%) conseguiram resolvê-la corretamente.

Nas questões 03 a 06 foi solicitado aos estudantes que observassem os circuitos montados com uma pilha, fios e uma lâmpada, e marcasse em casa questão se o circuito fazia a lâmpada acender ou não. Nas questões 03 e 04 do pré-teste, 6 estudantes (30%) marcaram corretamente, explicando que na questão 03 a corrente passa pela lâmpada e ela acende e na questão 04 o vidro impede a passagem da corrente. Na questão 05, apenas 4 estudantes (20%) conseguiram responder corretamente, muitos disseram que acendia pois estava em contato com o metal e na questão 06, 5 estudantes (25%) conseguiram perceber que o circuito estava fechado e que a lâmpada estava ligada corretamente, portanto nesse caso deveria acender. Nas questões 03 a 06 do pós-teste observamos que mais de 50% dos estudantes conseguiram responder corretamente, mostrando que os conceitos são melhores assimilados quando os estudantes interagem em grupo e são postos em contato com situações problemas, situações que foram propostas durante a atividade experimental.

5.2 Análise dos questionários da atividade 02- condutividade elétrica.

Ao serem coletadas as respostas do pré-teste da atividade 02, mostradas no gráfico 2 e analisando a questão 01, foi observado que 16 estudantes (80%) conseguiram identificar corretamente o cobre como condutor, dando como justificativa o fato de ser um metal.

Gráfico 2- Percentual de acertos nos pré e pós-testes da atividade 02.



Fonte: Dados obtidos nos pré e pós-testes.

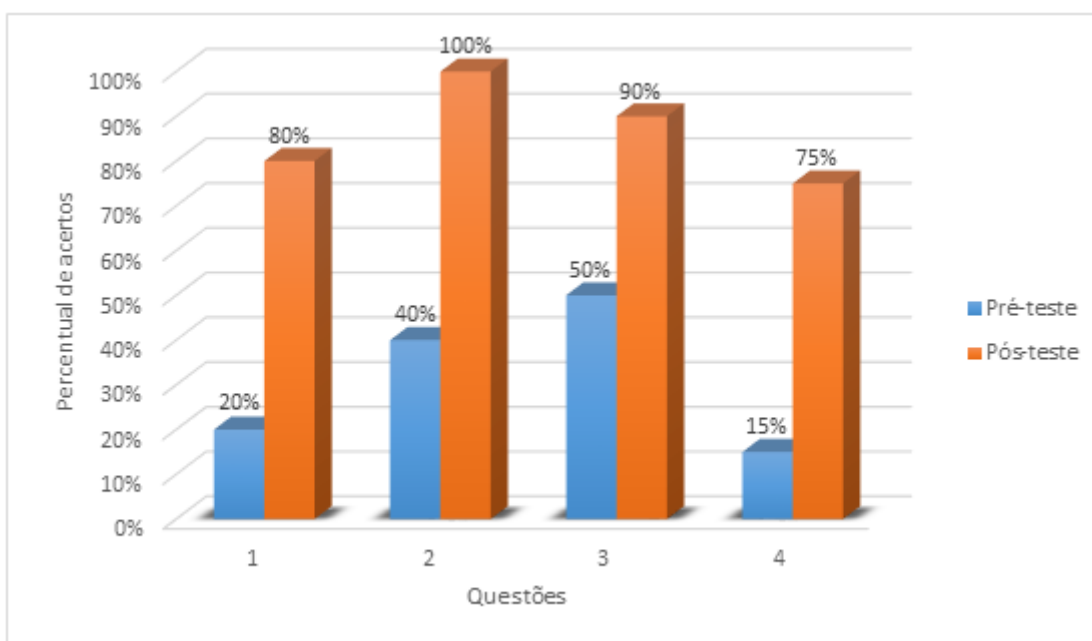
Na questão 02 quanto a condução de corrente elétrica no sal de cozinha, nenhum aluno respondeu corretamente quanto a justificativa dele ser mau condutor de corrente elétrica. Em relação a condutividade elétrica do vidro, na questão 03, apenas 4 estudantes (20%) responderam corretamente, onde usaram o termo elétrons livres para justificar o fato de o vidro ser um mau condutor de eletricidade, grande parte dos alunos acreditava que o vidro era condutor de corrente elétrica. Na questão 04 os alunos deveriam analisar a condução de corrente elétrica na água pura (água destilada) e ficou constatado que 16 estudantes acreditavam que a água destilada era condutora e 4 alunos assinalaram que a água destilada não conduzia corrente elétrica, mas sem justificativas, o que não foi possível considerar como resposta válida. Na questão 05 os estudantes deveriam analisar a condução da corrente elétrica em uma solução de sal de cozinha e água destilada. Foi evidenciado que nenhum aluno respondeu corretamente, apesar de alguns marcarem a opção de que conduz, mas não houve uma explicação plausível.

Durante a realização da atividade experimental, os estudantes tiveram a oportunidade de analisar a condutividade elétrica de vários materiais através de um circuito elétrico para acender uma lâmpada, utilizando-os para o fechamento do circuito e observar se ocorre a condução ou não de corrente elétrica. Com o auxílio do professor e do material de apoio eles observaram os motivos pelos quais alguns materiais conduziam corrente elétrica e outros não.

Ao verificar o pós-teste, ainda de acordo com o gráfico 02 foi percebido que na questão 01 todos os estudantes responderam corretamente, justificando a condutividade de corrente elétrica no cobre através da presença de muitos elétrons livres na sua estrutura. Na questão 02 foi observado que 14 estudantes (70%) relacionaram corretamente o fato do sal de cozinha ser mau condutor, por ser um sólido iônico. Nas questões 03 e 04 foi observado que 18 estudantes (90%) responderam corretamente caracterizando o vidro e água destilada como maus condutores de corrente elétrica devido não terem muitos elétrons livres e na questão 05 foi observado que 17 estudantes (85%) compreenderam corretamente que compostos iônicos em solução aquosa sofrem dissociação iônica e, portanto, sendo soluções condutoras de corrente elétrica.

5.3 Análise dos questionários da atividade 03- Efeitos da corrente elétrica.

Analisando as respostas dos estudantes nas questões do pre-teste, mostradas no gráfico 03, verificamos que na questão 01 apenas 4 estudantes (20%) conseguiram identificar corretamente o efeito causado pela corrente elétrica ao passar por uma resistência elétrica e que 8 estudantes (40%) responderam corretamente a questão 02 onde deveriam relacionar o efeito causado pela corrente elétrica ao passar por organismos vivos ao efeito fisiológico. Foi verificado na questão 03, que 10 estudantes (50%) conseguiram relacionar corretamente o efeito causado pela corrente ao passar por fio com o efeito magnético e na questão 04, apenas 3 estudantes (15%) souberam responder corretamente ao serem perguntados sobre o efeito causado pela corrente elétrica ao atravessar soluções eletrolíticas, onde responderam que o efeito causado era o químico.

Gráfico 3 - Percentual de acerto nos pré e pós-testes da atividade 03

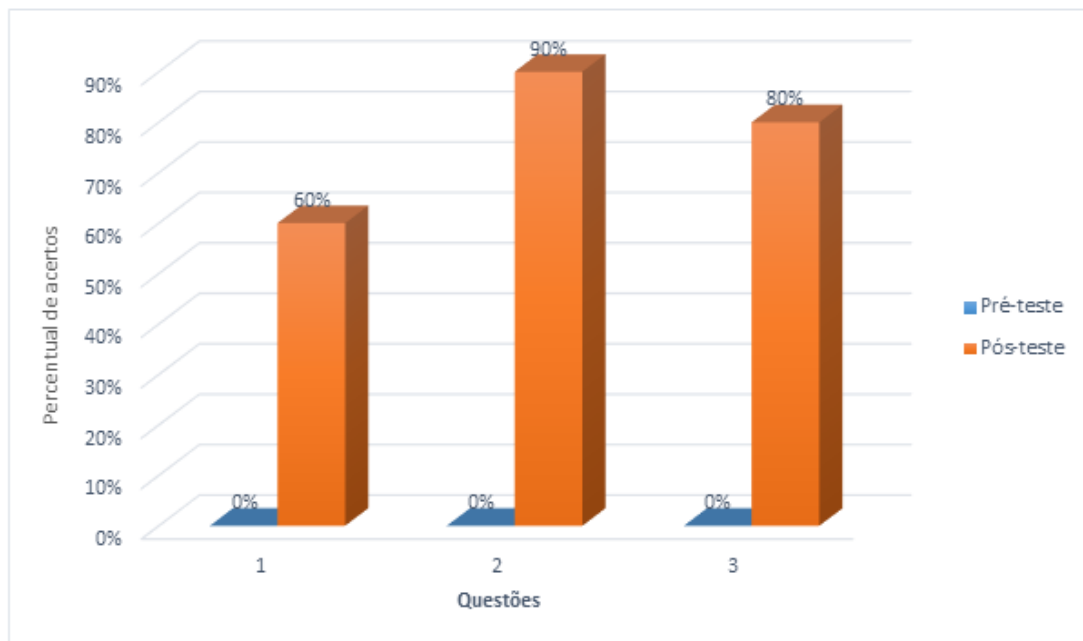
Fonte: Dados obtidos nos pré e pós-testes.

Ao analisar as questões do pós-teste, constatamos que em todas as questões respondidas pelos estudantes o percentual de acertos foi de mais de 70%, reforçando a ideia de que quando os estudantes entram em contato com os experimentos, eles conseguem assimilar o conteúdo de forma muito mais eficiente que em aulas somente expositivas.

5.4 Análise dos questionários da atividade 04- Utilização do voltímetro e amperímetro.

Ao serem coletadas as respostas do pré-teste da atividade 4, mostradas no gráfico 4, observou-se que nenhum aluno conseguiu responder corretamente as questões propostas, apesar da maioria dos estudantes já terem tido aulas sobre tensão e corrente elétrica em aulas convencionais. Acreditamos que esse fato tenha ocorrido devido à escassez de atividades experimentais impossibilitando a análise de um circuito real ou mesmo a utilização de instrumento para medição de corrente elétrica ou tensão.

Gráfico 4 - Percentual de acerto nos pré e pós-testes da atividade 04.

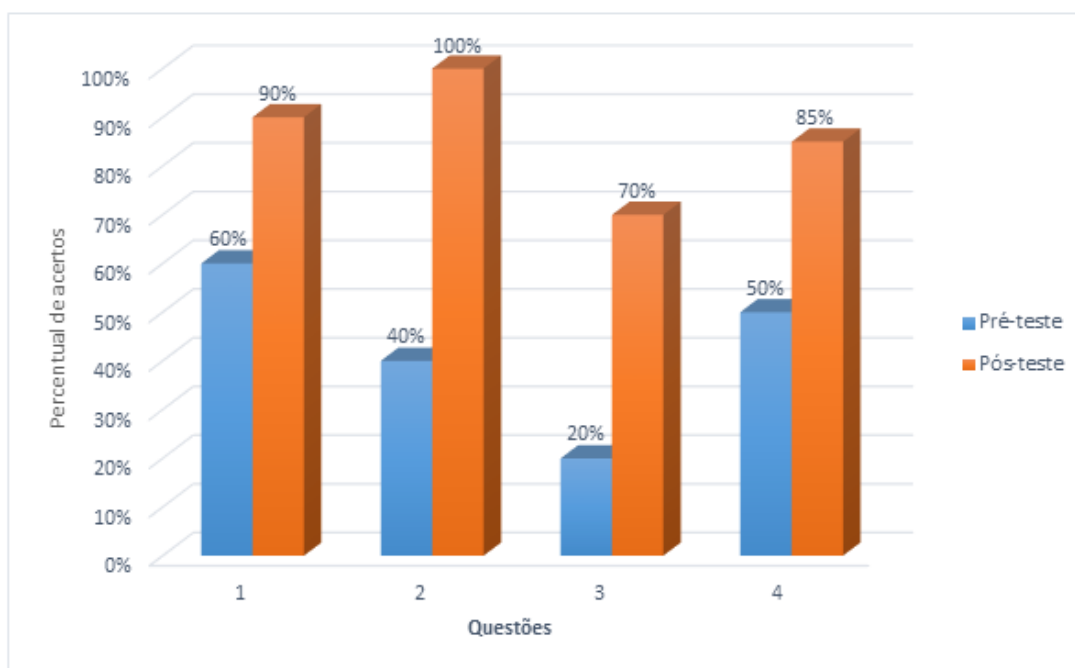


Fonte: Dados obtidos nos pré e pós-testes

Durante a aula experimental os estudantes tiveram a oportunidade de manusear um voltímetro e um amperímetro, bem como a construção de circuitos elétricos reais, algo de os deixavam bastante empolgados com as montagens e resolução de problemas ao longo da atividade experimental e analisando o pós-teste foi constatada uma quantidade de acertos acima de 50%.

5.5 Análise dos questionários da atividade 05- Circuitos divisores de corrente e tensão

Analisando-se os resultados dos questionários da atividade 05, expressos no gráfico 5, observa-se que na questão 01 do pré-teste, 12 estudantes (60%) responderam corretamente quanto ao valor da tensão na Lâmpada L1 de um circuito com duas lâmpadas em série, justificando suas respostas através de um divisor de tensão. No pós-teste esse número subiu para 18 estudantes (90%), apenas dois alunos ainda tinham dificuldades em observar a queda de tensão sofrida pelas lâmpadas.

Gráfico 5 - Percentual de acerto nos pré e pós-testes da atividade 05.

Fonte: Dados obtidos nos pré e pós-testes.

A questão 02 envolveu a observação de um circuito série e a análise de corrente elétrica em alguns pontos do circuito. No pré-teste constatou-se que 8 estudantes (40%) conseguiram identificar que nesse tipo de circuito a corrente elétrica permanece constante, mas alguns alunos relataram que a corrente elétrica era consumida ao passar por cada lâmpada e seu valor deveria diminuir ao longo do circuito. A questão 03 constou de um circuito com duas lâmpadas em paralelo acoplada a dois voltímetros, onde o estudante deveria identificar a tensão em uma lâmpada do circuito. Foi constatado que apenas 4 estudantes (20%) conseguiram determinar a tensão corretamente. Verificando as justificativas, constatou-se que muitos ainda faziam referência a um circuito divisor de tensão. Ao realizar a atividade experimental onde montaram circuitos, acoplaram amperímetros e voltímetros foi possível analisar o comportamento da corrente elétrica e da tensão elétrica ao longo do circuito e ao verificar o resultado do pós-teste, constatamos que todos os alunos compreenderam que a corrente elétrica permanece constante em um circuito série e 14 estudantes (70%) justificaram corretamente que a tensão elétrica permanece constante em todas as lâmpadas de um circuito paralelo. A última questão do pré-teste consistiu de um circuito com duas lâmpadas em paralelo acoplada a quatro amperímetros e os estudantes deveriam identificar a corrente

elétrica em um amperímetro acoplado a uma das lâmpadas. Observou-se que 10 estudantes (50%) identificaram corretamente a corrente elétrica no amperímetro e nas justificativas disseram que a corrente se dividia e passava uma parte da corrente por uma lâmpada e a outra parte por outra. Na atividade prática os estudantes montaram circuitos paralelos com lâmpadas e amperímetros e na ocasião o professor explicou que a corrente elétrica ao chegar em um ponto de bifurcação denominado "nó", a corrente se divide como foi observado nos instrumentos de medição.

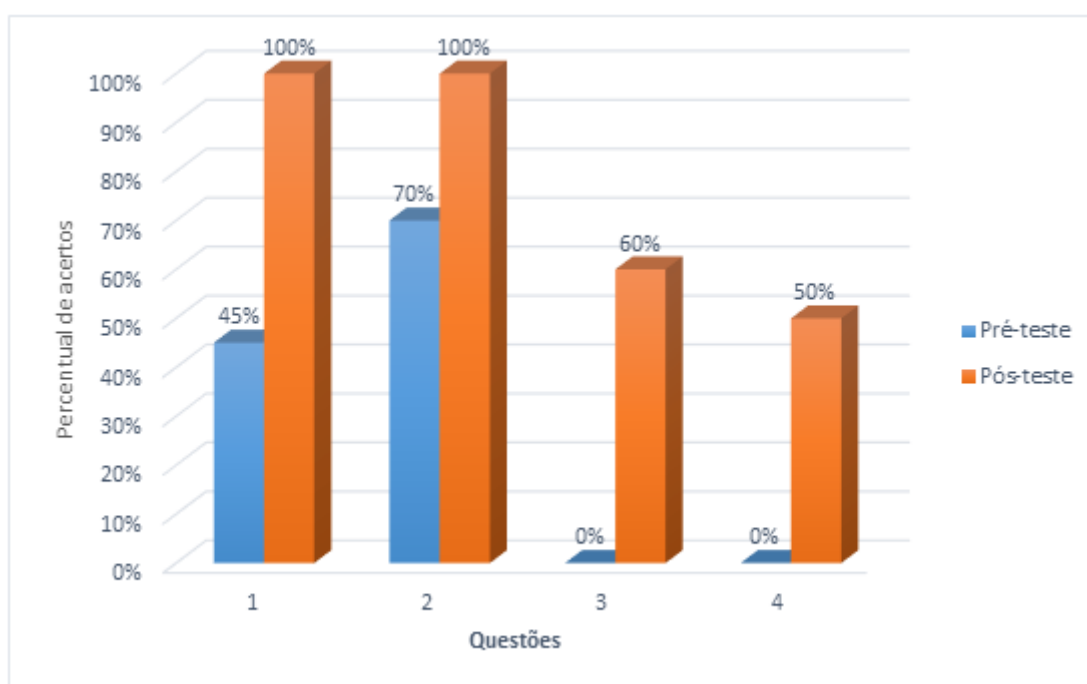
Notamos que ao realizar a atividade onde montaram circuitos, conectaram amperímetros e volímetros foi possível analisar o comportamento da corrente elétrica e tensão em circuitos série e paralelo e observamos uma grande participação dos alunos na realização dos experimentos, cujo empenho contribuiu para o bom desempenho dos estudantes na resolução da última questão do pós-teste, onde foi observado que 17 estudantes (85%) responderam corretamente. Para Moreira (2010) uma maneira de sabermos se o estudante está aprendendo é observar se o mesmo se dispõe a relacionar o que foi aprendido com a estrutura cognitiva presente e isso pode ser percebido em diversas vezes ao longo da atividade experimental onde os alunos relacionaram a associação série com a ligação de um pisca pisca de árvore de natal, que ao desconectar uma das lâmpadas, um conjunto de lâmpadas apagam e que a ligação em paralelo poderia ser representada como um circuito de nossas casas, em que as lâmpadas funcionam de forma independente.

5.6 Análise dos questionários da atividade 06- Resistência elétrica

Analisando-se os resultados dos questionários da atividade 06, expressos no gráfico 6, observa-se que na questão 01 do pré-teste, 9 estudantes (45%) conseguiram identificar fisicamente um resistor e na questão 02 que estava associada a simbologia do resistor, observa-se um índice bem maior de acerto, 14 estudantes (70%). Essa diferença de acertos pode estar relacionada ao fato de que muitos estudantes não tiveram contato com dispositivos eletrônicos reais, apenas através de simbologias. Nas questões 03 e 04 nenhum estudante conseguiu responder corretamente, a maioria dos estudantes quando perguntado sobre a relação entre o tamanho do resistor e sua resistência elétrica respondeu que o

resistor maior deveria ter a maior resistência elétrica e na questão 04 foi observado que os mesmos não conheciam o código de cores, nem sua relação com a resistência elétrica de um resistor, pois relataram durante a resolução do pré-teste e deixaram a questão em branco.

Gráfico 6 - Percentual de acerto nos pré e pós-testes da atividade 06



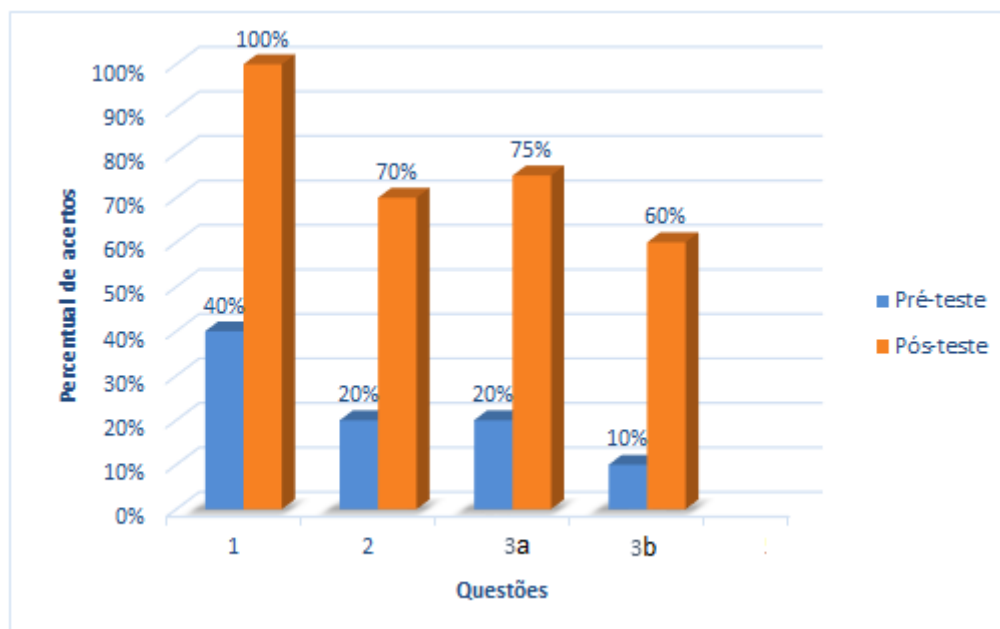
Fonte: Dados obtidos nos pré e pós-testes.

Examinando-se os resultados do pós-teste, apresentados no gráfico 6, verifica-se um elevado índice de acertos nas questões 01 e 02 cuja resolução estava diretamente associada a identificação do resistor e sua simbologia e um resultado apreciável na questão 03, onde fazia referência a relação entre resistência elétrica e a potência elétrica do resistor, levando em consideração o tamanho físico do mesmo. Na questão 04 sobre a determinação da resistência através do código de cores, foi observado que 50% dos estudantes ainda mostravam deficiência em determinar o fator multiplicativo e a tolerância, deixando claro a deficiência que os estudantes têm em relação a matemática. Acredita-se que esse percentual de acertos no pós-teste justifica-se através da atividade experimental, onde os estudantes em grupo tiveram a oportunidade de manusear componentes eletrônicos e determinar grandezas físicas relacionadas a eles.

5.7 Análise dos questionários da atividade 07- Lei de Ohm

Examinando os dados do pré-teste, mostrado no gráfico 7, na questão 01 que envolveu a observação direta da curva característica de um resistor ôhmico, os alunos apresentaram muita dificuldade e apenas 8 estudantes (40%) conseguiram responder corretamente. Durante a atividade experimental os estudantes montaram um aparato que consistiu de um circuito com um resistor, um voltímetro, um amperímetro e uma fonte variável de tensão, onde puderam analisar o comportamento da corrente elétrica através do resistor ao ser variada a tensão entre seus terminais e após a análise do circuito construíram um gráfico da tensão *versus* corrente elétrica, muitos sentiram dificuldade na construção do gráfico, sendo necessário uma revisão sobre função do 1º grau. Observado os dados do pós-teste para a questão 01 constatamos que todos os estudantes conseguiram identificar o gráfico característico de um resistor ôhmico.

Gráfico 7 - Percentual de acerto nos pré e pós-testes da atividade 07.



Fonte: Dados obtidos nos pré e pós-testes.

A questão 02 do pré-teste trata-se da compreensão dos estudantes sobre a aplicação da lei de ohm e percebemos que no pré-teste apenas 4 estudantes (20%) conseguiram responder corretamente.

No pré-teste da questão 03 item “a” 4 estudantes (20%) estabeleceram corretamente a lei de ohm e determinaram a resistência cuja curva característica estava demonstrada na questão.

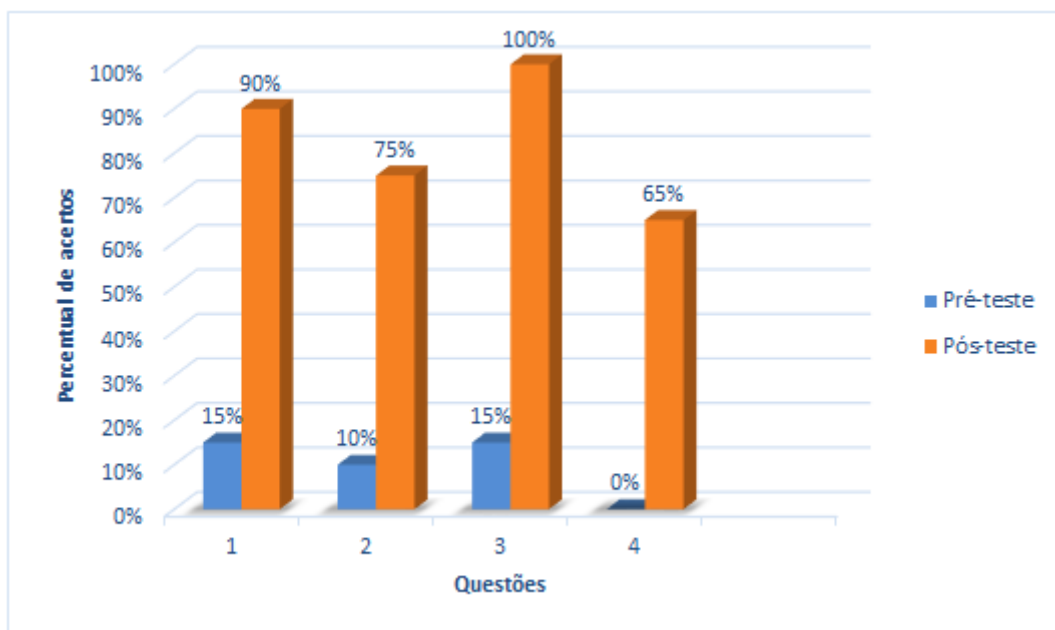
Observamos no pós-teste da questão 03 item a, que 15 estudantes (75%) conseguiram perceber a proporcionalidade entre corrente elétrica e tensão.

Já na letra b da mesma questão 03, no pré-teste apenas 2 estudantes (10%) responderam corretamente utilizando a lei de ohm e depois da atividade experimental a quantidade de alunos subiu para 60% e observamos que eles ainda demonstravam grande dificuldade em desenvolver até mesmo uma equação simples como a lei de ohm e a maior dificuldade observada estava associada a divisão.

5.8 Análise dos questionários da atividade 08- Associação de resistores em série e paralelo

Analisando os resultados do pré-teste, mostrados no gráfico 8, constatamos que na questão 01 apenas 3 estudantes (15%) conseguiram solucionar o problema proposto, onde dispunha de três resistores de $270\ \Omega$ e deveriam associá-los afim de obter uma resistência equivalente de $810\ \Omega$.

Gráfico 8 - Percentual de acerto nos pré e pós-testes da atividade 08.



Fonte: Dados obtidos nos pré e pós-testes

Na questão 02 apenas 2 estudantes (10%) responderam corretamente, onde a questão também era montar uma associação para obtenção de um resistor equivalente, sendo esta, associação paralela. A questão 03 foi respondida corretamente por 3 estudantes (15%) onde mostraram que a resistência equivalente desse tipo de associação era dada pela soma das resistências e na última questão do pré-teste nenhum estudante respondeu corretamente, alguns marcaram a opção correta, mas o raciocínio para a resolução da estava incorreto, pois justificaram que seria uma divisão de $18\ \Omega$ pelo resistor de $9\ \Omega$ obtendo como resposta a resistência equivalente de $2\ \Omega$.

Examinando os resultados do pós-teste, mostrado no gráfico 8, percebe-se um elevado índice de acertos nas questões 01 e 03 cuja resolução estava ligada a associação série onde a determinação da resistência equivalente é dada pela soma das resistências envolvidas na associação. E isso os alunos puderam observar durante as atividades experimentais, onde se depararam com situações problemas com o intuito de determinar associações equivalentes, podendo ser associação série ou paralela, e que os mesmos, em grupo, fizeram cálculos e montaram determinados circuitos para solucioná-los. Observamos também que os índices de acertos das questões 02 e 04, apesar de satisfatório, não foram tão alto como os demais e acreditamos que essa dificuldade esteja relacionada ao cálculo envolvendo frações na determinação de resistência de uma associação paralela. Mesmo assim podemos observar um grande interesse dos alunos nas montagens dos experimentos relacionados a associação de resistores.

6 Conclusão

Considerando a análise dos dados obtidos nos questionários e o acompanhamento das atividades desenvolvidas, acredita-se que o kit experimental se mostrou uma ótima ferramenta para o ensino de eletrodinâmica, uma vez que os resultados obtidos nos pós-testes sugerem que houve um avanço no processo de aprendizagem dos estudantes.

Os dados quantitativos apresentados, ao serem comparados os questionários do pré e pós-teste, apresentaram um desenvolvimento considerável no que se refere ao processo de aquisição de novos significados.

Em análise qualitativa, foi notória a satisfação dos alunos pelo envolvimento em atividades que fogem aos métodos tradicionais de ensino e muitos expressaram que as aulas experimentais fizeram com que a eletricidade fosse entendida com mais clareza.

Com o propósito de auxiliar os professores na construção de atividades experimentais didáticas para complementar suas aulas e melhorar o desempenho dos estudantes, acreditamos que o kit experimental utilizado na implementação da proposta didática possibilitará ao professor a diversificação de sua prática pedagógica, mesclando suas aulas entre teoria e prática, mostrando vários experimentos até mesmo em sala de aula, de forma simples e objetiva, pois o kit é compacto e muito simples de ser utilizado, não necessitando de um local específico para sua utilização.

Baseado na convicção dos pesquisadores de que a educação científica no Brasil tem muito a melhorar e que essa tentativa de melhoria na qualidade de ensino é árdua, optou-se pela distribuição gratuita de todo material instrumental para a construção do kit educacional, pois acreditamos que iniciativas inovadoras são o caminho para isso e, portanto, devem ser compartilhadas com os demais profissionais. Oportunamente reitera-se aqui que todo material instrumental utilizado no desenvolvimento desse produto educacional encontrasse disponível para *download* através do site: goo.gl/AQG4vf.

O nível de curiosidade, participação e interesse dos alunos foi algo constantemente detectado durante as atividades experimentais e acreditamos que a recepção positiva demonstrada pelas atitudes e pelo bom desempenho na resolução

dos problemas propostos nos dá indícios de que o trabalho foi bem-sucedido e nos motiva a continuar com o desenvolvimento do produto em outros assuntos como o eletromagnetismo e também para que sua utilização possa ser ampliada.

Espera-se que este trabalho possa auxiliar os professores que enfrentam dificuldades em trabalhar conteúdos relacionados a eletrodinâmica ou queiram diversificar suas aulas, mas não dispõem de laboratórios em suas escolas.

7 Referências

ARANTES, A.R; MIRANDA, M.S; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações PhET. **Revista A Física na Escola**, v.11, n.1,2010.

BORGES, T.A. Novos rumos para o laboratório de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.3, p.291-313, dezembro 2002.

CAPUANO, F.G.; MARINO, M.A.M. **Laboratório de eletricidade e eletrônica**. Ed. ÉRICA, Tatuapé, SP,1993.

CARVALHO, G.D.J., AGUIAR, O.J. Os compôs Conceituais de Vergnaud como Ferramenta para o planejamento Didático, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.25, n.2, p.207-227, agosto,2008.

CARVALHO, L.R.M de; AMORIM, H.S de. Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino com sensores de pressão barométrica e temperatura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, 3501 (2014).

CATELLI, F.; MARTINS, J.A.; SILVA, F.S da.Um estudo de cinemática com câmera digital. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.32, n.1, 2010.

CAVALCANTE, M.A de; RODRIGUES, E.S da.Uso do “espelho de Lloyd” como método de ensino de óptica no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 4310 (2012).

DARROZ, L. M.; PÉREZ, C. A. S. Princípio de Arquimedes; uma abordagem experimental, **Revista A Física na Escola**, v.12, n.2, 2011.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNANBUCO, Marta Maria. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 4ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DORTA, M.P; SOUSA, E.C. P de. O projetor de gotas e suas diversas abordagens

FERRARO, N.G; SOARES, P.A.T de. **Física básica**, ed. Atual, São Paulo, SP,2006.

FERREIRA, E.J.B; SILVA, A.P.B da; NASCIMENTO, L.F do. Fios, bobinas e ímãs: Iniciando os estudos em eletromagnetismo. **Revista A Física na Escola**, v.14, n.2, 2016.

FONSECA, M. et al. O laboratório virtual: Uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de**

Física, v. 35, n. 4, 4503 (2013).

GONÇALVES, B. et al. Nova metodologia para aferição da temperatura final de hastes metálicas em um experimento de dilatação térmica linear. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, 2309 (2013).

GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. Laboratório didático: importância e utilização no processo ensino-aprendizagem. In: XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2008, Curitiba.

GUEDES, A.G. Estudo de ondas estacionárias em uma corda com a utilização de um aplicativo gratuito para *smartphones*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, 2015.

Interdisciplinares no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 38, nº 4, e4503 (2016)

LEÃO, D. S. Mini-planetário: um projetor portátil de baixo custo. **Revista A Física na Escola**, v.12, n.2, 2011.

LÜDKE, E. Um espectrofotômetro de baixo custo para laboratórios de ensino: aplicações no ensino da absorção eletrônica e emissão de fluorescência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, 2010.

LUNAZZI, J.J; FRANÇA, M.C; MORI, A.S da. Revivendo o estereoscópio de Wheatstone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, 2015.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. 5.ed. V.3, São Paulo, 2000.

MENDES, J.F.; COSTA, I.F.; SOUSA, C.M.S.G de. O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, 2402 (2012).

MICHIA, D.N. et al. “Vendo o invisível”. Experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.32, n.1, 2010.

MICHIA, D.N. et al. “Vendo o invisível”. Experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, 1501 (2011)

MOREIRA, D. C.; CELESTE, A. T. B. Construção de um termômetro para fins didáticos, **Revista A Física na Escola**, v.13, n.1, 2012.

MOREIRA, M.A. (2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino

de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em ensino de ciências*, 7(1), 7-29.

MOREIRA, M.A. **A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Investigação nesta Área**. Porto Alegre: Faculdade de Física, UFRGS, 2004.

OLIVEIRA, E. S.; LIMA, I. S.; DUTRA, G. Material didático de baixo custo para laboratório de ensino: construção de uma fonte para banco óptico. **Revista A Física na Escola**, v.13, n.1, 2012.

PEDROSO, L.S; MACEDO, J.A de; ARAUJO, M.S.T de; VOELZKE, M, R. Construção de um luxímetro de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 38, nº 2, e2503 (2016).

PESSANHA, M.C.R.; COZENDEY, S.G.; SOUZA, M. de O. Desenvolvimento de uma ferramenta para o ensino de física experimental a distancia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.32, n.4, 2010.

PIUBELLI, S.V. *et al.* Simulador de propagação de ondas mecânicas em meios sólidos para o ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.32, n.1, 2010.

RIBEIRO, J.L.P; VERDEAUX, F.S da. Atividades experimentais no ensino de óptica: uma revisão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 4403 (2012).

ROCHA, M. N.; MIKIYA, L. R. S. Calculando o coeficiente de atrito entre superfícies com material alternativo, **Revista A Física na Escola**, v.11, n.1, 2010.

SILVA, L. H. A. e ZANON, L. B. **A experimentação no ensino de ciências**. In: SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens**. São Paulo, UNIMEP/CAPES, 2000. p. 120-153.

SILVA, M. C. Quais lâmpadas ascendem? Entendendo o funcionamento dos circuitos elétricos, **Revista A Física na Escola**, v.12, n.1, 2011.

SILVEIRA, S.; GIRARDI, M. Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 39, nº 4, e4502 (2017).

SOARES, R.R.; BORGES, P. de F. O plano inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.32, n.2, 2010.

SOUZA, A.R et al. A placa arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n.1, 2011.

VERGNAUD, G. et al (1990). Epistemology and psychology of mathematics education. In Nesher,P.& Kilpatrick,J. (Eds.) Mathematics and cognition: A research synthesis by International Group for the Psychology of Mathematics Education. Cambridge: Cambridge University Press.

VERGNAUD, G.(1990). La théorie des champs conceptuels. Recherches em Didactique des Mathématiques, 10 (23), 133-170.

VERGNAUD,G. Quelques problèmes théoriques de la didactique a propôs d'un exemple: les strutures additives. Atelier International d'Eté: Récherche em Didactique de la physique. La Londe les maures, França,1983.

VIDAL, E.M.; CARMONA, H.A. de. **Práticas de Física**, ed. Edições Demócrito Rocha, Fortaleza, Ce, 2004.

VIEIRA, L.P.; LARA, V.O.M. Macro fotograma com um *tablet*: aplicações ao ensino de ciências. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, 3503 (2013).

ZARO, M.; BORCHARDT, I; MORAIS, J. **Experimentos de física básica. Eletricidade, magnetismo, eletromagnetismo**. Porto Alegre, RS: ed. SAGRA, 1982.

8 Apêndice- O produto Educacional