

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA - CCET
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DA FÍSICA – PROFIS
POLO 47**

FRANK HERIK VALENTE SILVA

**APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA PARA O ENSINO
MÉDIO: construção e implementação de uma UEPS**

São Luís – MA
2021

FRANK HERIK VALENTE SILVA

**APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA PARA O ENSINO
MÉDIO: construção e implementação de uma UEPS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física pelo UFMA, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Processos de ensino e aprendizagem e tecnologias de informação e comunicação no ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho

São Luís – MA

2021

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Valente Silva, Frank Herik.

APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA PARA O
ENSINO MÉDIO : construção e implementação de uma UEPS /
Frank Herik Valente Silva. - 2021.

137 p.

Orientador(a): Edson Firmino Viana de Carvalho.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/ccet,
Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

1. Eletrodinâmica. 2. Experimentação. 3. Teorias da
Aprendizagem Significativa. 4. Unidade de Ensino
Potencialmente Significativa. I. Firmino Viana de
Carvalho, Edson. II. Título.

**APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA PARA O ENSINO
MÉDIO: construção e implementação de uma UEPS**

FRANK HERIK VALENTE SILVA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) pelo UFMA, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Processos de ensino e aprendizagem e tecnologias de informação e comunicação no ensino de Física.

Orientador: Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho

Aprovada em: 22 / 04 / 2021

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho (Orientador)
Doutor em Física – Universidade Federal do Maranhão
Presidente

Dr. Eduardo Moraes Diniz
Doutor em Física – Universidade Federal do Maranhão
(Examinador Interno)

Dr. Marcos Antônio Araújo Silva
Doutor em Física – Universidade Federal do Ceará
(Examinador Externo)

A Deus, a minha esposa e meu filho, aos meus pais e todos os familiares e amigos pelo apoio e incentivo durante toda essa jornada.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Maranhão.

À coordenação do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física polo 47/UFMA.

Aos professores do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física polo 47/UFMA.

A todos os colegas do curso pela amizade e auxílio nas tarefas desenvolvidas.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste Trabalho.

À professora Celia Regina pela contribuição inicial na elaboração deste trabalho.

Ao professor Edson Firmino V. de Carvalho pela continuidade da orientação de minha dissertação. Muito obrigado pelas ideias e pela atenciosidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pelo incentivo financeiro que muito colaborou para meu crescimento ao longo do curso.

RESUMO

O desinteresse pelo estudo da disciplina Física, tem várias causas, dentre elas tem o lugar de destaque o ensino deficitário. Esse tido como tradicional e fortemente dependente do livro didático, geralmente é praticado por meio de aulas baseadas na transmissão e acúmulo de conteúdo, em que os estudantes de forma passiva, recebem as informações e efetuam resoluções e demonstrações baseadas em fórmulas, que são determinadas pelo professor. A fim de melhorar tal cenário, propomos analisar o ensino de determinados conceitos de eletrodinâmica, como corrente elétrica, resistores, associação de resistores em série e paralelo, potência elétrica e energia elétrica, através do uso da teoria da aprendizagem significativa a partir do desenvolvimento e aplicação de experimentos construídos com materiais alternativos de fácil aquisição para promover a integração de atividades teóricas e práticas por meio de duas sequências didáticas. Essas sequências deram suporte para o desenvolvimento de um kit experimental composto por associação de lâmpadas em paralelo e em série acionadas por interruptores simples e em paralelo com roteiros e textos básicos sobre os fundamentos teóricos de conceitos apresentados em sala de aula. O estudo foi realizado com a colaboração de estudantes do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual de ensino localizada na cidade de São Luís – Maranhão. O aporte teórico deste trabalho foi fundamentado nos pressupostos da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, nas orientações para elaboração de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) de Marco Antônio Moreira e em resultados de pesquisas sobre tipos de experimentação. Foram utilizados como instrumentos de coleta de dados o diário de bordo do professor, escritos produzidos pelos alunos, discussões, avaliações de conteúdos, exposição de experimentos e questionários. Considerando aspectos como a participação efetiva dos alunos ao longo de todas as etapas planejadas para o desenvolvimento da UEPS proposta e a análise dos dados obtidos através de um enfoque qualitativo, podemos concluir que o produto educacional desenvolvido poderá contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, pois seus resultados obtidos demonstram claramente indícios de aprendizagem significativa por parte dos alunos trazendo subsídios tanto para professores quanto para alunos em relação à melhoria do Ensino de Física.

Palavras-chave: Teorias da Aprendizagem Significativa. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. Experimentação. Eletrodinâmica.

ABSTRACT

The lack of interest in the study of the physical discipline has several causes, among them, deficit teaching is highlighted. This, considered traditional and strongly dependent on the textbook, is usually practiced through classes based on the transmission and accumulation of content, in which students passively receive the information and make resolutions and demonstrations based on formulas, which are determined by the teacher. In order to improve this scenario, we propose to analyze the teaching of certain concepts of electrodynamics, such as electric current, resistors, association of resistors in series and in parallel, electric power and electric energy, through the use of the theory of meaningful learning from the development and application of experiments constructed with alternative materials of easy acquisition to promote the integration of theoretical and practical activities through two didactic sequences. These sequences supported the development of an experimental kit composed of association of lamps connected in parallel and in series triggered by simple switches and in parallel with scripts and basic texts on the theoretical foundations of concepts presented in the classroom. The study was carried out with the collaboration of students of the 3rd year of high school of a public school of the state school located in the city of São Luís - Maranhão. The theoretical contribution of this work was based on the assumptions of Significant Learning by David Ausubel, on the guidelines for the elaboration of Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU) by Marco Antônio Moreira and on research results on types of experimentation. The teacher's logbook, writings produced by the students, discussions, content evaluations, exhibition of experiments and questionnaires were used as data collection instruments. Considering aspects such as the effective participation of students throughout all the stages planned for the development of the proposed PMTU and the analysis of the data obtained through a qualitative approach, we can conclude that the educational product developed can contribute to the teaching and learning process, because its results obtained clearly demonstrate signs of meaningful learning on the part of students bringing subsidies both to teachers and students in relation to the improvement of physics teaching.

Keywords: Theories of Meaningful Learning. Potentially Significant Teaching Unit. Experimentation. Electrodynamics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Elétrons livres em direção aleatória num condutor em equilíbrio.....	37
Figura 2 - Um condutor, sob diferença de potencial, sendo percorrido por uma corrente elétrica.....	37
Figura 3 - A linha vermelha mostra o comportamento da corrente elétrica.....	39
Figura 4 - Gráficos da lei de Ohm.....	41
Figura 5 - Associação de resistores em série.....	44
Figura 6 - Resistor equivalente do circuito.....	45
Figura 7 - Associação de resistores em paralelo.....	46
Figura 8 - Dispositivos de segurança elétrica utilizado em residências.....	47
Figura 9 - Pontos A e B com mesmo potencial ligados por um fio de resistência desprezível.....	49
Figura 10 - Amperímetro posicionado em série à resistência de um circuito ...	50
Figura 11 - Voltímetro posicionado em paralelo à resistência de um circuito...	50
Figura 12 - Interruptor simples.....	51
Figura 13 - Instalação de um interruptor simples.....	52
Figura 14 - Interruptor duplo.....	53
Figura 15 - Instalação elétrica de um Interruptor duplo.....	53
Figura 16 - Ilustração de uma ligação three way.....	54
Figura 17 - Vista traseira de interruptor three way.....	55
Figura 18 - Instalação de interruptor three way.....	55
Figura 19 - Circuito desenvolvido pelos alunos para análise de uma instalação elétrica residencial.....	63
Figura 20 - Layout do circuito elétrico desenvolvido pelos alunos.....	64
Figura 21 - Imagem dos alunos respondendo as perguntas do questionário via Google Forms.....	73
Figura 22 - Professor apresentando para os alunos a instalação de um interruptor three way.....	80
Figura 23 - Ligação de lâmpadas em série desenvolvida pelos alunos.....	82
Figura 24 - Circuito three way desenvolvido pelos alunos.....	82
Figura 25 - Fotos de dois experimentos apresentados pelos alunos.....	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Respostas dos alunos referentes a questão 1.....	74
Gráfico 2 - Respostas dos alunos referentes a questão 2.....	75
Gráfico 3 - Respostas dos alunos referentes a questão 3.....	76
Gráfico 4 - Respostas dos alunos referentes a questão 4.....	77
Gráfico 5 - Respostas dos alunos referentes a questão 5.....	77
Gráfico 6 - Respostas dos alunos referentes a questão 6.....	78
Gráfico 7 - Respostas dos alunos referentes a questão 7.....	78
Gráfico 8 - Respostas dos alunos referentes a questão 8.....	79
Gráfico 9 - Respostas dos alunos referentes a questão 9.....	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sequência didática I	59
Quadro 2 - Sequência didática II	61
Quadro 3 - Resumo das respostas dos alunos ao questionário prévio	68
Quadro 4 - Data dos encontros presenciais e atividades realizadas durante a aplicação do produto educacional em 2019	83

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1	Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel	19
2.2	Tipos de Aprendizagem Significativa	21
2.3	Como ocorre a Aprendizagem Significativa	22
2.4	Requisitos para Ocorrência da Aprendizagem Significativa	23
2.5	Material Potencialmente Significativo.....	24
2.6	Organização Sequencial	25
2.6.1	Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa	25
2.6.2	Motivação e predisposição para aprender	26
2.7	Sequência Didática Fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa	27
2.7.1	A teoria da aprendizagem através da experimentação	28
2.9	Avaliação no Processo de Ensino Aprendizagem.....	32
2.10	Metodologia de Avaliação Aplicada na Sequência Didática Proposta.....	35
3	CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA	36
3.1	Corrente Elétrica.....	36
3.2	Diferença de potencial ou tensão.....	40
3.2.1	Resistência elétrica e Lei de Ohm	40
3.3	Potência e energia elétrica.....	42
3.4	Circuitos Elétricos	43
3.5	Associação de Resistores	43
3.5.1	Resistores em série.....	44
3.5.2	Resistores em paralelo.....	46
3.6	Dispositivos de Segurança	47

3.6.1	Curto circuito	48
3.6.2	Medidores elétricos	49
3.6.3	Interruptor <i>three way</i>	51
4	PRODUTO EDUCACIONAL	56
4.1	A Teoria da Aprendizagem Significativa Aplicada ao Ensino de Física.....	56
4.2	Campo de Estudo	56
4.3	Participantes da Pesquisa	57
4.4	Definição, Desenvolvimento, Aplicações e Avaliações das Sequências Didáticas	58
4.5	Apresentação das Sequências Didáticas aos Estudantes.....	62
4.5.1	Levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes	62
4.6	Construção e Apresentação de Experimentos	63
4.7	Avaliação da Aprendizagem	64
4.8	Instrumento de Coleta de Dados.....	65
5	ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	67
5.1	Detalhes da Aplicação das Sequências Didáticas.....	67
5.2	Análise do questionário pós teste aplicado aos alunos	72
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	APÊNDICE I: Produto Educacional	90
	APÊNDICE II: Questionário pós teste aplicado via Google Forms	130
	APÊNDICE III: Resumo das sequências didáticas propostas.....	133
	APÊNDICE IV: Fotos da pesquisa realizada pelos alunos sobre os efeitos da corrente elétrica.....	134
	APÊNDICE V: Registro da pesquisa feitas pelos alunos sobre brilho das lâmpadas num circuito em série e em paralelo e sobre a ligação <i>three way</i>	135

ANEXO I – Termo de anuência assinado pela direção da escola concordando com o desenvolvimento do produto educacional em sala de aula..... 137

1 INTRODUÇÃO

A educação no geral vem passando por várias mudanças dentro da sociedade e isso se faz necessário, pois as transformações econômicas, políticas, sociais e culturais perpassa pela educação.

Já afirmava Paulo Freire (1993), a educação como intervenção inspira mudanças radicais na sociedade, na economia, nas relações humanas e na busca de direitos, ou seja, uma sociedade sem educação não evolui.

Nesse contexto, motivadas por vários acontecimentos, carregados pelo desenvolvimento científico e tecnológico, no Século XX ocorreram profundas mudanças mundiais em diferentes setores da sociedade, entre eles o da Educação, onde o entendimento do processo educacional, anteriormente focado em uma prática educativa da simples transmissão do conhecimento, com uma perspectiva de técnica de produção, passou a ir além, acrescentando a essa uma visão social com intuito de promover um ambiente mais propício para uma aprendizagem que tenha significação humana, social e científica para os cidadãos.

Com isso, surgiram várias teorias psicopedagogas de aprendizagem, entre elas, aquelas que enfatizam que o conhecimento é construído em níveis individual e social. Essas teorias, embora sejam de aprendizagem, inspiraram também modificações em outros aspectos relacionados ao ensino, tais como estratégias, metodologias e materiais instrucionais. Contudo, embora um grande volume de dados relacionado à pesquisa educacional tenha sido produzido com relação ao ensino (quanto às condições, às práticas e às necessidades), a aplicação de melhorias e inovações na maioria das escolas brasileiras, buscando garantir um processo de ensino e aprendizagem eficiente, não tem sido efetivamente realizada.

Com relação ao ensino de Física a situação é alarmante, pois embora essa ciência tenha uma grande importância para a sociedade, visto que dela advém grande parte do desenvolvimento científico e tecnológico, o que torna o entendimento de conceitos, leis e normas relacionados a ela indispensável para uma formação cidadã, no ambiente escolar, na maioria das vezes, ela é tida como uma disciplina difícil, sem aplicabilidade, de cunho abstrato e sem

significação na vida real e cujos conteúdos são tidos como complicados de ensinar e de aprender.

De acordo com Moreira:

O ensino da Física na educação contemporânea é desatualizado em termos de conteúdos e tecnologias, centrado no docente, comportamentalista, focado no treinamento para as provas e aborda a Física como uma ciência acabada, tal como apresentada em um livro de texto (MOREIRA, 2013. p.03).

O desinteresse pelo estudo da ciência Física, tem várias causas, dentre eles tem lugar de destaque o ensino deficitário no tocante a carga horária semanal, pois ela é muito curta e muitas vezes não se conclui todo o conteúdo. Deficitário no que diz respeito ao docente treinar o aluno somente para resolução de atividades, sem as vezes contextualiza-las. Ensino este tido como fortemente dependente do livro didático, geralmente, é praticado por meio de aulas baseadas na transmissão e acúmulo de conteúdo, em que os estudantes, de forma passiva, recebem as informações e efetuam resoluções e demonstrações baseadas em fórmulas, que são determinadas pelo professor, muitas vezes sem nenhum questionamento do valor de seu aprendizado. Vários são os fatores que levam à prática tradicional do ensino de Física, tais como uma deficiente formação inicial e continuada do professor, a falta de infraestrutura física e de material necessária para a prática de experimentação e a baixa valorização profissional, moral e financeira dos professores.

Diante dessas constatações, algumas medidas de revisão de práticas pedagógicas têm sido sugeridas e testadas, visando melhorar o ensino de Física, entre elas a utilização da experimentação em laboratório, em sala de aula, ou em qualquer espaço alternativo. Haja vista que é sem dúvida uma importante ferramenta, pois apresenta potencial desafiador, podendo, se bem empregada, estimular o interesse dos estudantes com relação aos conteúdos científicos associados, possibilitando a compreensão e sua assimilação, principalmente, nas observações da vida cotidiana. Assim, o uso da experimentação como recurso didático pode auxiliar em um maior aproveitamento e melhor desenvolvimento das aulas, pois torna possível a ligação da prática à teoria oportunizando aos estudantes um aprendizado significativo a respeito de um determinado conteúdo.

Dada a importância das ciências na formação do cidadão, a utilização de atividades experimentais no processo de ensino de Física tem sido prevista em documentos de parâmetros curriculares oficiais da educação brasileira, com vista à articulação de competências, habilidades e conteúdo. Essas atividades práticas devem ser planejadas com o intuito de contribuir para que o estudante construa seu próprio conhecimento evitando, assim, a apresentação de um conhecimento acabado, prática comum no ensino tradicional, constituindo o entendimento de que não resta mais nenhum problema ou fenômeno a se resolver.

Orientações educacionais curriculares, nacionais e maranhense, relacionadas ao Ensino Médio, no âmbito da ciência Física, possuem vários eixos temáticos, entre eles, aquele que dá ênfase a materiais e equipamentos relacionados ao eletromagnetismo, o que remete diretamente a conceitos e fenômenos ligados a cargas e corrente elétrica, entre outros. Como podemos observar há certa importância deste eixo para a formação do cidadão, já que vivemos imersos em um mundo repleto de equipamentos, aparelhos e dispositivos eletromecânicos e eletrônicos, alguns largamente utilizados por todos. Com intuito de melhorar a qualidade do ensino no país, entende-se aqui como educação básica, e que as escolas tenham um padrão de instrução a seguir, em especial na esfera pública, criou-se a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Esse documento descreve dentro das ciências da natureza, que o conteúdo de eletricidade e magnetismo seja oferecido de tal maneira que o aluno possa realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.

Nessa perspectiva, buscando melhorar o ensino de Física, em que todos os conteúdos aprendidos pelos estudantes possam colaborar para o seu desenvolvimento profissional, social e, acima de tudo, pessoal, este trabalho tem como objetivo geral elaborar sequências didáticas baseadas na teoria da aprendizagem significativa como proposta de melhorar a compreensão dos conceitos básicos de eletrodinâmica de forma que os alunos possam reconhecer

suas aplicações no cotidiano. Para alcançar tal objetivo pretendemos inicialmente ampliar os conhecimentos prévios dos alunos atribuindo novos significados tornando essa aprendizagem ativa e significativa; elaborar unidades de ensino potencialmente significativas para o ensino de eletrodinâmica; descrever os processos de aprendizagem dos alunos.

O presente produto foi desenvolvido no Centro de Ensino Estado do Rio Grande do Norte (CEERGN), escola da rede pública do estado do Maranhão com os alunos do terceiro ano de uma das turmas do ensino médio, seguido de duas sequencias didáticas baseadas na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e nos princípios das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, propostos por Moreira.

Na seção 2 desta dissertação encontramos os aspectos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, as orientações para a elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e uma descrição sobre formas de experimentação. Já a seção 3, intitulado conteúdos de Eletrodinâmica, corresponde ao conteúdo de Física objeto desta pesquisa.

Na seção 4, intitulado produto Educacional, são apresentados o referencial metodológico, o campo de estudo, os participantes da pesquisa, os sujeitos, intervenções preparatórias, desenvolvimento, aplicação e avaliação do produto educacional, os instrumentos de coleta e os procedimentos de análise de dados.

A seção 5, denominado análise da aplicação do produto educacional, versa sobre a discussão de resultados, em que é realizada a análise e interpretação dos dados da investigação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo trata do aspecto metodológico fundamentado nas teorias da aprendizagem que utilizamos para trabalhar determinadas situações problema como estratégia de ensino associadas à prática da experimentação no ambiente de sala de aula.

2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

Este trabalho é norteado, principalmente, pela Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Paul Ausubel, que foi anunciada pela primeira vez na publicação *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*, de 1963, tendo como autor D. P. Ausubel, sendo mais tarde confirmada pela publicação *A Cognitive Viewem*, em 1968, de autoria de D. P. Ausubel, J. D. Novak e H. Henesian (MENDONÇA, 2012).

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel pertence a corrente construtivista sendo classificada como cognitiva, pois trata, especialmente, de processos mentais encarregados da atribuição de significados àquilo que é aprendido, tornando possível a compreensão e transformação de informações armazenadas na estrutura mental do indivíduo - estrutura cognitiva – a qual ordena e integra as mesmas em determinadas áreas de conhecimento (MOREIRA, 2011a). A aprendizagem cognitiva ocorre quando os significados a serem assimilados, ou o conhecimento a ser aprendido, é guardado como informação organizada na memória do indivíduo que apreende.

Segundo Ausubel *et al.* (1980), o requisito mais importante para que a aprendizagem ocorra é aquilo que o indivíduo já conhece - um símbolo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, entre outros, já significativos - visto que, cada novo conhecimento a ser assimilado necessita interagir com um conhecimento preexistente em sua estrutura cognitiva. Ausubel *et al.* (1980) chamaram esse conhecimento prévio de subsunçor. Dessa forma, para que a aprendizagem significativa ocorra, uma nova informação necessita se relacionar de forma substantiva e não arbitrária com um subsunçor relevante, dando

significado a novos conhecimentos na estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL *et al.*, 1980; MOREIRA, 2012).

No cérebro humano, novas informações são armazenadas e organizadas formando uma hierarquia conceitual, na qual conceitos mais específicos são relacionados e assimilados àqueles mais gerais. Segundo Ausubel (2003), a assimilação é o encadeamento pelo qual novas informações, potencialmente significativas passam desde a sua aquisição, organização, retenção e ou esquecimento na estrutura cognitiva do aprendiz.

O desenrolar dos processos de assimilação durante a aprendizagem se inicia quando novas informações, potencialmente significativas, se relacionam de modo seletivo com conhecimentos relevantes, mais gerais, inclusivos e mais estáveis, ancorados na estrutura cognitiva do aprendiz. O resultado principal dessa interação é a promoção de significados dessas novas informações introduzidas. Esses significados são, posteriormente, armazenados (ligados) e organizados na memória com subsunçores correspondentes na estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL, 2003).

No processo de assimilação, ou ancoragem, um conhecimento potencialmente significativo é assimilado quando se ancora a um subsunçor de tal forma que, tanto a nova informação como o conceito subsunçor relacionado é modificada pela interação - o conhecimento novo passa a ter significados para o aprendiz e o conhecimento prévio adquire novos significados. Quando a interação entre esses dois fatores é fraca ou não ocorre a aprendizagem é mecânica ou automática.

Por meio de sucessivas interações, um determinado subsunçor vai progressivamente adquirindo novos significados, e quando ocorre a aprendizagem significativa esse é modificado, se tornando mais elaborado, mais inclusivo e mais capaz de servir de ancoradouro para novas informações, esse processo é nomeado de diferenciação progressiva do conceito subsunçor. Contudo, quando a novas informações, ao interagir com os subsunçores, causam uma reorganização e alteração dos mesmos, então falamos que houve uma reconciliação integrativa (AUSUBEL *et al.*, 1980).

Ainda é verificado que a mente tende a reter conceitos mais gerais e estáveis do que conhecimentos novos e por isso ela torna as novas informações cada vez menos separadas dos subsunçores, até que não se consiga lembrar

as mesmas de forma isolada. Para Ausubel (1982, p. 4, *apud* MOREIRA; MASINI, 2012, p. 1),

Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retiradas, na medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos.

Em suma, essas informações são assimiladas e posteriormente reduzidas. Esse segundo momento do processo de assimilação é denominado de assimilação obliteradora (AUSUBEL *et al.*, 1980). Após a obliteração, o subsunçor modificado com significado residual fica retido na estrutura cognitiva, caracterizando o esquecimento.

2.2 Tipos de Aprendizagem Significativa

Para Ausubel *et al.* (1980), a aprendizagem significativa pode ocorrer de três tipos diferentes: representacional, conceitual e proposicional.

A aprendizagem significativa representacional é a forma mais simples de todas, sendo basicamente a aprendizagem do significado de determinados símbolos ou o que eles representam, de forma unitária. Ela ocorre quando novas palavras passam a representar para o aprendiz as ideias ou objetos equivalentes aos quais elas se referem.

A aprendizagem significativa conceitual é similar à aprendizagem representacional, porém em uma condição mais abrangente e abstrata. Nesse tipo de aprendizagem o conhecimento adquirido advém da combinação de símbolos distintos, podendo formar sentenças e resultando na representação de um conceito.

A aprendizagem significativa proposicional é a mais complexa das três. Segundo Ausubel *et al.* (1980, p. 40):

Na aprendizagem proposicional, a tarefa de aprendizagem significativa não se reduz ao aprendizado do que representam as palavras isoladamente [aprendizado representacional] ou a combinação das mesmas [aprendizado de conceitos]; refere-se antes de tudo, ao aprendizado do significado de novas ideias expressas de forma proposicional.

O objetivo desse tipo de aprendizagem significativa é, portanto, aprimorar a capacidade do aprendiz de expressar verbalmente um novo significado, novas ideias, por meio da combinação de símbolos que formam proposições verbais.

2.3 Como ocorre a Aprendizagem Significativa

De acordo como ocorre a interação entre novos conhecimentos e subsunçores relevantes, a aprendizagem significativa pode ser classificada de três formas: subordinada ou subordinativa, superordenada ou sobreordenada, e combinatória (AUSUBEL *et al*, 1980).

A aprendizagem subordinada ocorre quando um novo conhecimento, potencialmente significativo, de um determinado conteúdo, adquire significado ao interagir com subsunçores subordinantes, mais abrangentes e mais inclusivos ou que estejam em um nível mais elevado de hierarquia na estrutura cognitiva do aprendiz. De forma que esse conhecimento, guarda relação de subordinação com a estrutura cognitiva do aprendiz. Nesse processo, o subsunçor, também, se modifica e quando essa interação ocorre sucessivamente leva a diferenciação progressiva do mesmo (MOREIRA, 2011a).

A aprendizagem superordenada, diferente daquela descrita anteriormente, acontece quando um novo conhecimento, potencialmente significativo, mais abrangente e mais inclusivo que aqueles existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, são utilizados na construção de novos significados. Dessa forma, os subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz adotam posição de subordinação com relação ao novo conhecimento, passando a representar noções mais específicas desse conhecimento, que é mais abrangente. Durante esse processo, os subsunçores passam a ser vistos como relacionados, podendo se reorganizar e adquirir novos significados, ocorrendo assim, a reconciliação integrativa (MOREIRA, 2011a).

A aprendizagem significativa combinatória ocorre quando um novo conhecimento possui hierarquicamente o mesmo nível das proposições existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Nesse caso, o novo conhecimento não é assimilado por subsunçores nem mais específicos nem mais gerais, e sim

por toda a estrutura cognitiva do aprendiz. Nesse processo também ocorre a reconciliação integrativa (MOREIRA, 2011a).

Como verificado anteriormente, os processos relacionados de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa estão presentes durante a aprendizagem significativa.

2.4 Requisitos para Ocorrência da Aprendizagem Significativa

De acordo com Ausubel (2003); Moreira (2012b), existem três condições fundamentais para que ocorra a aprendizagem significativa: a existência de conhecimentos prévios adequados (subsunçores) aos conteúdos que serão estudados, predisposição para aprender e uso de material instrucional que seja potencialmente significativo.

Com relação à primeira condição, segundo Ausubel (2003), a existência de conhecimentos prévios é o requisito mais importante para que ocorra a aprendizagem significativa de novos conhecimentos, e, nas interações que acontecem no processo de aprendizagem, entre subsunçores adequados e novos conhecimentos, os subsunçores, de forma progressiva, podem adquirir novos significados e se tornarem cada vez mais elaborados e mais aptos para servir de subsunçores para novas aprendizagens.

No caso em que o aprendiz não dispõe de subsunçores adequados para dar significado a novos conhecimentos, é indicado o uso de organizadores prévios. Esses são os materiais introdutórios, expostos ao aprendiz antes do conteúdo que se deseja ensinar. Segundo Moreira (2012b, p. 14):

Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este.

A principal função do organizador prévio é interligar o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber para que ocorra aprendizagem significativa, ou seja,

esses devem servir de âncora para a nova aprendizagem, levando ao desenvolvimento de subsunçoes adequados.

Com relação à predisposição para aprender, segundo Moreira (2012c), o aprendiz deve apresentar uma vontade de relacionar novos conhecimentos a serem aprendidos com seus conhecimentos prévios, enriquecendo-os, elaborando-os e dando novos significados.

A terceira condição se refere ao uso de material instrucional de aprendizagem que seja potencialmente significativo, ou seja, aquele que seja incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz, facilitando a ocorrência da aprendizagem significativa.

2.5 Material Potencialmente Significativo

Ausubel *et al.* (1980) destaca que uma das condições básicas para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido deve ser incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz, sendo, portanto, potencialmente significativo.

Um material potencialmente significativo deve ser pensado e elaborado com o objetivo de auxiliar o aprendiz a assimilar e organizar novos conteúdos em sua estrutura cognitiva, portanto, ele deve simplificar e estimular a interação de novos conhecimentos com conhecimentos prévios relacionados. Tem que ser claro, apresentar uma sequência lógica com relação ao grau de dificuldade dos conhecimentos e uma coerência na proposta das atividades, que leve o aprendiz a interagir constantemente com conhecimentos prévios para avançar no saber cognitivo, agregando novos conhecimentos.

Segundo Libardi (2014, p. 18),

O material só pode ser potencialmente significativo, e não significativo: não existe livro significativo, aula significativa, nem problema ou material significativo, pois o significado está nas pessoas, não nas ferramentas.

De acordo com Ausubel *et al.* (1980; 2003); Moreira (2012b), para a elaboração de um material potencialmente significativo é preciso considerar, além do conhecimento prévio do aprendiz, outros pressupostos, tais como a

organização sequencial, a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa e a avaliação. A seguir detalharemos cada pressuposto mencionado.

2.6 Organização Sequencial

Ausubel (2003) recomendou o uso da organização sequencial que reside em aproveitar a dependência naturalmente hierárquica dos conteúdos de ensino, em que os tópicos a serem aprendidos dependem daqueles que os antecedem, com vista a facilitar a organização hierárquica dos subsunçores, dinamicamente interrelacionados, na estrutura cognitiva do aprendiz. Esse princípio reforça a importância do domínio do conhecimento prévio do aprendiz, para a consolidação de conteúdo.

Dessa forma, o ensino deve começar com tópicos mais gerais prosseguindo com os mais específicos. Cabe ressaltar, contudo, que iniciar com o que é mais geral não significa que eles serão apresentados em sua forma final, formal, abstrata e sofisticados matematicamente.

2.6.1 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

Visando uma aprendizagem efetivamente significativa, Ausubel propõe dois processos para guiar a forma e a sequência dos conteúdos a serem trabalhados em aula, são eles: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Na diferenciação progressiva os conteúdos trabalhados devem ser programados de forma que os conceitos mais gerais e inclusivos, preexistentes na estrutura cognitiva dos aprendizes, sejam apresentados inicialmente, e, paulatinamente, conceitos mais específicos e detalhados vão sendo introduzidos.

Como exemplo desse processo, Moreira (2013d, p. 6) comenta:

Imagine-se o conceito de “conservação”; sua aquisição diferenciada em ciências é progressiva: à medida que o aprendiz vai aprendendo significativamente o que é conservação da energia, conservação da carga elétrica, conservação da quantidade de movimento, o subsunçor “conservação” vai se tornando cada vez mais elaborado, mais diferenciado, mais capaz de servir de âncora para a atribuição de

significados a novos conhecimentos. Este processo característico da dinâmica da estrutura cognitiva chama-se diferenciação progressiva.

Do ponto de vista instrucional, a aprendizagem significativa subordinada, é relacionada à diferenciação progressiva (MOREIRA, 2011a).

Na reconciliação integrativa os conteúdos trabalhados devem ser organizados de forma que o professor utilize conceitos mais específicos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz para que novas ideias mais gerais sejam incluídas.

Para fazer uso da reconciliação integrativa na preparação de aulas implica que se deve explorar relações entre conhecimentos, apontando suas diferenças e similaridades (MOREIRA, 2011a).

Para Moreira (2013d, p. 6),

[...] se o aluno tivesse conceitos de campo elétrico e magnético claros e estáveis na estrutura cognitiva, os percebesse intimamente relacionados e reorganizasse seus significados de modo a vê-los como manifestações de um conceito mais abrangente, o de campo eletromagnético. Essa recombinação de elementos, essa reorganização cognitiva, esse tipo de relação significativa, é referido como reconciliação integrativa.

Do ponto de vista instrucional, a aprendizagem significativa superordenada, é relacionada à reconciliação integrativa (MOREIRA, 2011a).

Moreira (2012b) afirma que se ocorrer somente a diferenciação progressiva, os significados se tornarão, cada vez mais, distintos e separados. E, o contrário, ocorrendo apenas a reconciliação integradora, haverá sempre a integração de significados, e eles se tornarão aparentemente iguais. Assim para que esses extremos não ocorram, a reconciliação integradora deve ocorrer simultaneamente com a diferenciação progressiva. Logo, um material potencialmente significativo deve promover idas e vindas às hierarquias conceituais, buscando eliminar diferenças, resolver inconsistências e integrar significados, de tal forma que o aprendiz vai organizando hierarquicamente os significados em sua estrutura cognitiva.

2.6.2 Motivação e predisposição para aprender

A motivação para a ocorrência da aprendizagem significativa advém do docente, pois cabe a ele a utilização de materiais potencialmente criativos. Por outro lado, a predisposição, conforme pode ser encontrado em Moreira (2012c) tem que partir do aluno, pois é ele quem tem que demonstrar a vontade de relacionar os novos conhecimentos com aqueles já adquiridos, chamados de prévios, haja vista que esse conhecimento prévio designado como subsunçor é o requisito mais importante para que ocorra a aprendizagem significativa de novos conhecimentos.

2.7 Sequência Didática Fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa

Como visto anteriormente, motivação e predisposição são aspectos extremamente relevantes para o processo da aprendizagem significativa, que precisam ser fomentados de forma estratégica. Com essa concepção, Moreira desenvolveu um modelo de sequência de ensino, teoricamente fundamentada na busca de uma aprendizagem significativa no âmbito da sala de aula, cujo objetivo principal é estabelecer uma sequência de passos de como desenvolver uma unidade de ensino que seja potencialmente facilitadora da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e ou procedimental. Esse modelo de sequência didática foi denominado de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS).

Moreira desenvolveu esse modelo amparado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, além de ter utilizado outras particularidades encontradas nas teorias de educação de Novak e Gowin, na teoria interacionista de Vygotsky, na teoria dos campos conceituais de Vergnaud, na teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird e na teoria de aprendizagem significativa crítica do próprio Moreira (MOREIRA, 2011e).

Segundo Moreira (2011, p. 2), as UEPS têm como princípio: O conhecimento prévio, a integração positiva e construtiva, os organizadores prévios, as situações-problema, um modelo mental funcional, a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino e a avaliação da aprendizagem significativa e crítica.

Com base nesses princípios, Moreira definiu alguns passos norteadores que servem de base para o professor elaborar uma UEPS, pois cabe a esse profissional trazer para a sua prática pedagógica diversificadas maneiras de ensinar e de aprender, explorando o fato que, alunos e professores, dentro e fora de sala de aula, estão constantemente adquirindo conhecimento, por meio de trocas de informações.

Além de seguir esses passos, uma UEPS deve contemplar os seguintes aspectos transversais (MOREIRA, 2011e, p.5):

- I. Em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas e o diálogo e a crítica devem ser estimulados;
- II. Como tarefa de aprendizagem, em atividades desenvolvidas ao longo da UEPS, pode-se pedir aos alunos que proponham, eles mesmos, situações-problema relativas ao tópico em questão;
- III. Embora a UEPS deva privilegiar as atividades colaborativas, a mesma pode também prever momentos de atividades individuais.

Dessa forma, as sequências de ensino proposta por Moreira, as UEPS, permitem representar os conteúdos e as atividades de ensino colaborativas relacionadas de forma sistematizada obedecendo uma sequência lógica.

2.7.1 A teoria da aprendizagem através da experimentação

Para enfrentar o quadro desanimador em que se encontra o ensino das ciências, em especial o de Física, várias pesquisas têm discutido o uso de diferentes metodologias de ensino que visam facilitar a compreensão de conceitos e fenômenos, contribuindo para o êxito do processo de ensino e aprendizagem (CORTELAZZO *et al*, 2018). Dentre essas, existe a experimentação, que a muito tem sido tratada como necessária para tornar o ensino das ciências mais interessante e eficiente.

Atividades experimentais, se bem executadas, podem não somente despertar o interesse dos aprendizes pelo estudo das ciências, dinamizando o aprendizado (AXT, 1991; HODSON, 1996; AMARAL, 1997; BORGES, 1997; MALHEIRO, 2005; NEVES; CABALLERO; MOREIRA, 2006; CARVALHO, 2013), como também criam a consciência neles da necessidade que a ciência tem de ser continuamente revista, evitando concepções distorcidas da

concepção do conhecimento científico. No entanto, a ideia de que a experimentação é a salvação do ensino das ciências também tem sido questionada (CHASSOT, 2003). De acordo com Giani (2010), problemas constantes com relação à execução de aulas experimentais são ocasionados por concepções simplistas sobre o potencial pedagógico dessa metodologia como a dicotomia entre teoria e prática, formação inicial e continuada de professores deficiente, entre outros.

Segundo Amaral (1997), para que se tenha êxito na utilização da experimentação, existe a necessidade de os procedimentos experimentais serem ressignificados, partindo do contexto epistemológico-pedagógico, visto que, por mais variado que esses possam ser, eles não podem perdurar isoladamente do cotidiano dos alunos.

Dessa forma, as experimentações devem sempre estar contidas em um panorama dos fenômenos naturais, para que assim possam ser percebidos pelos alunos, como situações pertencentes ao cotidiano. Além disso, a visão de que atividades experimentais realizadas em laboratório, ou outro ambiente, servem somente para comprovar a teoria, comunicada em sala de aula, uma concepção empirista-indutivista das ciências, embora difícil, deve ser combatida, pois torna a atividade experimental meramente ilustrativa, esquecendo que a experimentação deve atuar - também - como vetor de evolução conceitual.

O ensino das ciências deve caminhar para que haja uma integração entre sala de aula/teoria e laboratório/experimentação, estabelecendo uma relação dinâmica e indissociável entre teoria e prática, evitando assim a sua dicotomia. De acordo com Ramos *et al.* (2010), para a superação de visões simplistas que predominam no ensino das ciências, se faz necessário que aulas de laboratório abranjam discussões teóricas que se prolonguem além de definições, fatos, conceitos ou generalizações.

Em uma aula de experimentação deve-se privilegiar o tempo destinado a reflexão, do que aquele reservado a metodologia, tornando mais importante o desafio cognitivo do que o manuseio de materiais e equipamentos. Deve-se promover debates e exploração de ideias, evitando a passividade intelectual dos aprendizes, para assim estabelecer ligações entre a atividade em realização e conteúdos relacionados (HODSON, 1994). Além de manipular materiais e equipamentos, ao ampliar suas ideias, o aprendiz desenvolverá conhecimento

científico. Segundo Séré (2002), tomar consciência do que se faz para aprender procedimentos e saber usá-los, requer uma maior autonomia dos aprendizes durante a experimentação.

De uma forma geral, atividades de experimentação devem ser planejadas para que aprendizes participem de forma ativa da elaboração de hipóteses, planejamento, coleta de dados, análise e discussão, na procura de possíveis soluções com a mediação do professor. Importante ressaltar que questionamentos devem permear todas as fases dessas atividades, em que a ordem é problematizar sempre, possibilitando o desenvolvimento de potencialidades de raciocínio dos aprendizes, quebrando/reduzindo principalmente a passividade, física e intelectual, dos mesmos cultivada pelo histórico de aulas tradicionais.

Segundo Oliveira (2010), com base nos estudos de Araújo e Abib (2003), as abordagens das atividades experimentais no ensino de Ciências são classificadas em três grupos. Dessa forma, o primeiro grupo, denominado de demonstração, a atividade experimental é realizada pelo professor em aula expositiva, seguindo um roteiro pré-definido, em que cabe ao aluno observar a realização dela. Essas atividades quando realizadas no início das aulas, tem como objetivo despertar o interesse dos alunos para o conteúdo abordado, já no final, visa lembrar conteúdos já apresentados (ARAÚJO; ABIB, 2003). Embora as atividades experimentais demonstrativas sejam fechadas e pré-definidas, quase sempre não favorecendo variações nas discussões com os aprendizes, sendo possuidoras de um forte apelo motivacional, eles podem ser pedagogicamente válidos e significativos para a aprendizagem, na qual o professor deve possibilitar...

[...] oportunidades para que os alunos possam refletir sobre os fenômenos observados, formulem hipóteses, analisem variáveis que interfiram no experimento, discutam criticamente os conteúdos científicos que explicam os fenômenos (OLIVEIRA, 2010, p. 148).

O segundo tipo de atividades experimentais é intitulado de verificação e são usadas para verificar ou confirmar leis ou teoria, em que os aprendizes visualizam fenômenos que obedecem a lógica da teoria anteriormente apresentada. Elas seguem um roteiro pré-definido, sendo realizadas após aula

expositiva, em que os alunos, geralmente conhecedores das explicações para os fenômenos, manuseiam materiais e equipamentos, enquanto o professor acompanha e, quando necessário, intervém. Essas atividades, são tidas como motivadoras e torna o ensino mais realista e palpável, indo além do uso do livro texto (OLIVEIRA, 2010).

Já no terceiro grupo, denominado de investigação, o aluno participa ativamente, discutindo e propondo explicações sobre o fenômeno envolvido na atividade, enquanto o professor exerce um papel de orientador e incentivador das atividades experimentais. Essas, podem ser realizadas em uma ou mais aulas, não existindo uma dependência direta dos conteúdos abordados previamente em aula expositiva, podendo os mesmos ser discutidos no próprio contexto da atividade, sempre em reação aos questionamentos dos alunos. Elas não são guiadas por roteiros pré-definidos e os erros cometidos durante sua execução são considerados e podem contribuir para a aprendizagem (OLIVEIRA, 2010).

Essa classificação mostra diferentes níveis de possibilidades para o envolvimento dos aprendizes nas atividades experimentais, em que, as tidas como tradicionais (demonstração e verificação), com o objetivo de comprovação de resultados, são as mais restritas, enquanto as de caráter investigativo apresentam níveis de possibilidades variados, permitindo alterações no planejamento inicial, valorizando o processo como um todo, não somente o resultado (BORGES, 2002; CARVALHO, 2010). Todos os grupos de atividades experimentais possuem vantagens e desvantagens, sendo, portanto, importante que o professor tenha conhecimentos de suas características, assim como de estratégias para torná-las pedagogicamente mais eficientes, para que assim, dentro do que a sua realidade profissional, possa fazer escolhas conscientes para a implementação do uso adequado delas no seu contexto escolar.

Oliveira (2010) ainda é mais incisiva ao conferir que todas as atividades experimentais precisam se adequar exatamente às características de cada ambiente escolar.

[...] podem ser úteis ao ensino de ciências e sua escolha depende, dentre outros aspectos, dos objetivos específicos do problema em estudo, das competências que se quer desenvolver e dos recursos materiais disponíveis. No entanto, para que o professor possa explorar adequadamente todas as suas potencialidades é importante que ele

compreenda suas diferenças e saiba quando e como aplicá-las (Oliveira, 2010, p. 147).

As características apresentadas por experimentações do tipo investigativa se alinham com as necessidades de melhoramento requerido para o ensino das ciências, visto que promove a participação dinâmica e a motivação dos aprendizes, combinando intensamente ação e reflexão. Contudo, é importante ressaltar que na maioria das vezes as condições de trabalho são adversas (dentre tantos desafios a serem superados, há, por exemplo, um grande número de alunos por turma) restringindo a execução dessas atividades, portanto, o professor deverá estar apto a fazer uso de atividades de experimentação tradicionais, a incluir o máximo de elementos de investigação possível e assim atingir os objetivos propostos, como por exemplo, usar roteiros semiabertos, solicitar registros escritos dos fenômenos observados, incentivar o questionamento no decorrer do experimento, utilizar sala de aula e/ou outros ambientes, além de materiais e equipamentos alternativos de baixo custo.

A elaboração de atividades experimentais, em especial aquelas em que os próprios estudantes desenvolvem, por serem desafiadoras, prazerosas e ricas de significados, permite o desenvolvimento da capacidade de articular a pesquisa, produção de material (equipamentos e escritos), habilidades manuais (manuseio e montagem de experimentos), interação em grupo e troca de significados, que são condições favoráveis para melhorar o nível de aprendizagem e despertar o interesse pela ciência.

2.9 Avaliação no Processo de Ensino Aprendizagem

Ausubel (2003) acredita que há três pilares que são bases para uma aprendizagem significativa, sendo eles os conhecimentos prévios adequados ao conteúdo a ser estudado, a predisposição para aprender e o material instrucional tendo que ser potencialmente significativo. Após a aplicação desse processo podemos passar para a avaliação, pois se torna necessário avaliar o conhecimento do aluno, explanando aquilo que assimilou no seu processo de aprendizagem. Esta avaliação do conhecimento é tida de forma significativa, pois tem a possibilidade de ser adaptada para outras aprendizagens.

No início a avaliação não constava na TAS, somente depois que Novak (1980, p. 9) a introduziu como um dos elementos de ensino e aprendizagem. Tal perspectiva é reforçada em Demo (1999, p. 01):

Refletir é também avaliar, e avaliar é também planejar, estabelecer objetivos etc. Daí os critérios de avaliação, que condicionam seus resultados estejam sempre subordinados a finalidades e objetivos previamente estabelecidos para qualquer prática, seja ela educativa, social, política ou outra.

Aqui verifica-se que a avaliação pressupõe uma reflexão, um planejamento, uma análise dos conteúdos a fim de atingir os objetivos, tendo a percepção que é o ato de avaliar como seara social, política e outras. Já para Libâneo (1994, p. 195):

A avaliação é uma tarefa complexa que não se resume a realização de provas e atribuição de notas. A mensuração apenas proporciona dados que devem ser submetidos a uma apreciação qualitativa. A avaliação, assim, cumpre funções pedagógico-didáticas, de diagnóstico e de controle em relação as quais se recorrem a instrumentos de verificação do rendimento escolar.

O autor acredita que a avaliação se dá de forma processual e permanente, onde professor e aluno são elementos principais, pois o resultado do aluno pode ser refletido para a prática do docente e da instituição. A avaliação não pode ser somente vista pela ótica do quantitativo, pois ela vai além desse aspecto.

Assim, muitos pesquisadores afirmam que a avaliação não seja um processo que ocorre ao final da produção do conhecimento e sim durante todo percurso de ensino e aprendizagem, haja vista que ela tem três fases muito bem definidas e justapostas que são: diagnóstica, formativa e somativa.

Sobre a avaliação diagnóstica, Gil (2006, p. 247) afirma que:

[...] constitui-se num levantamento das capacidades dos estudantes em relação aos conteúdos a serem abordados, com essa avaliação, busca-se identificar as aptidões iniciais, necessidades e interesses dos estudantes com vistas a determinar os conteúdos e as estratégias de ensino mais adequadas.

A ênfase da avaliação diagnóstica está relacionada com os conhecimentos já adquiridos, ou seja, trazer informações do quanto o aluno domina determinado conhecimento, habilidades e competências.

Com relação a avaliação formativa, Gil (2006, p. 247-248) deduz que ela consiste na prática da avaliação contínua durante todo o processo de aprendizagem.

A avaliação formativa tem a finalidade de proporcionar informações acerca do desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem, para que o professor possa ajustá-lo às características dos estudantes a que se dirige. Suas funções são as de orientar, apoiar, reforçar e corrigir.

Aqui não cabe o resultado propriamente dito, através de uma nota quantitativa e sim um ajuste nas estratégias, verificando as dificuldades encontradas e orientando e corrigindo-as para a melhoria do processo.

A avaliação formativa segundo Perrenoud (1999) é “toda prática de avaliação contínua que pretenda contribuir para melhorar as aprendizagens em curso”. Sendo assim ele situa como exemplo a avaliação recursiva como parte de uma avaliação formativa, pois ela facilita a regulação dos processos de aprendizagem no decorrer da disciplina, da unidade de estudo, tanto do aluno quanto do professor.

De acordo com Moreira (2003) a avaliação recursiva é aquela em que o estudante pode refazer as tarefas de avaliação tantas vezes quiser a fim de atingir determinado patamar.

Essa avaliação facilita a mediação do professor, pois a cada vez que o aluno lhe apresenta ou reapresenta uma tarefa ele pode negociar significados com estudante, sugerir modificações, corrigir erros, enfim, atuar como mediador de sua aprendizagem (MOREIRA, 2003, p. 4).

Nesse modelo de avaliação o professor ao passar uma tarefa para o aluno, este executa e a devolve ao professor, que após fazer as devidas correções, os ajustes, e verificando que ele não atingiu o patamar ideal repassa a avaliação ao aluno com as anotações de onde ele precisa melhorar até chegar ao objetivo desejável.

Por último, temos a avaliação somativa que para Kraemer (2006) detecta o nível de rendimento do aluno realizando um balanço geral, no final de um

período de aprendizagem, podendo classificar de acordo com o nível de aprendizagem.

Gil (2006) inclusive situa em que momento a avaliação somativa é melhor empregada ao definir que:

Uma avaliação pontual, que geralmente ocorre no final do curso, de uma disciplina, ou de uma unidade de ensino, visando determinar o alcance dos objetivos previamente estabelecidos. Visa elaborar um balanço somatório de uma ou várias sequências de um trabalho de formação e pode ser realizada num processo cumulativo, quando esse balanço final leva em consideração vários balanços parciais. (GIL, 2006, p. 248).

Assim, verifica-se que a proposta final dessa ferramenta avaliativa é o alcance dos objetivos que foram postos ao aluno no decorrer do processo, ou seja, é uma nota, uma certificação do resultado de todo um trabalho.

2.10 Metodologia de Avaliação Aplicada na Sequência Didática Proposta

No primeiro momento os alunos foram avaliados de forma diagnóstica, pois fizeram uma redação sobre seus aprendizados referentes ao conteúdo de eletrostática, que é o conteúdo que antecede à eletrodinâmica (objeto desta pesquisa). Em seguida foi solicitado a eles uma pesquisa sobre corrente elétrica e seus efeitos, e somente depois iniciamos a explanação da aula, tal qual presume a técnica da sala de aula invertida.

Após realizadas as devidas observações retiradas da avaliação diagnóstica, nós propomos que eles produzissem um experimento com materiais alternativos que os ajudassem a compreender o efeito da passagem de corrente elétrica por um condutor. Nesta etapa a turma foi dividida em 10 (dez) grupos contendo 4 (quatro) ou 5 (cinco) alunos cada.

3 CONCEITOS DE ELETRODINÂMICA

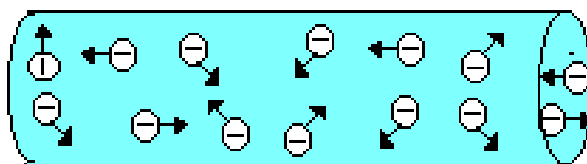
A eletrodinâmica compreende ao estudo do movimento das cargas elétricas. Esse movimento é provocado pela diferença de potencial elétrico entre pontos em um mesmo condutor, que ocorrendo de forma ordenada produz uma corrente elétrica. Nossas análises neste trabalho se restringirão a estudar a eletrodinâmica em circuitos fechados em que valem os princípios de conservação da carga e da energia. Nesta seção serão apresentados tópicos básicos de eletrodinâmica, como corrente elétrica, tensão elétrica, resistência elétrica, energia e potência elétrica.

3.1 Corrente Elétrica

A energia elétrica foi uma das maiores descobertas feitas pelo homem e sua crescente evolução tecnológica quanto a geração, transmissão, distribuição e uso demonstram sua grande importância.

Com relação ao seu uso em nosso cotidiano temos diversos aparelhos que podem servir como exemplo, sendo que todos eles apresentam em comum a particularidade de estarem conectados a uma bateria ou à rede elétrica, pois precisam que uma corrente de elétrons transite por eles através de condutores e dispositivos eletrônicos. No momento que determinado aparelho estiver “desligado”, isto é, quando um condutor metálico estiver em equilíbrio eletrostático, o campo elétrico é nulo por não haver diferença de potencial entre dois pontos no condutor, ou seja, o potencial elétrico é o mesmo em todos os pontos. Isso quer dizer os elétrons estão se movimentando de forma desordenada, isto é, em todas as direções (ver Figura 1).

Figura 1 - Elétons livres em direção aleatória num condutor em equilíbrio



Fonte: Disponível em: <https://vamosestudarfisica.com/corrente-eletrica-eletrons-em-movimento/>, (2021).

Se for aplicado um campo elétrico ao condutor representado na Figura 1, verificaremos que os elétrons se ordenaram em uma única direção formando uma corrente de elétrons. A intensidade desse campo elétrico provocará diferentes níveis de energia potencial também conhecidos como diferença de potencial $V_a - V_b$, que por sua vez produzirá uma força \vec{F} sobre os elétrons originando o surgimento de uma corrente elétrica. A ilustração da Figura 2 mostra uma lâmpada acesa devido a corrente elétrica produzida por uma pilha.

Figura 2 - Um condutor, sob diferença de potencial, sendo percorrido por uma corrente elétrica



Fonte: Hewitt (2015).

O movimento dessa corrente elétrica em determinada direção caracteriza o sentido da corrente elétrica. Hoje sabemos que são os elétrons que se movimentam de um corpo para o outro, mas por razões históricas convencionou-se definir como sentido da corrente elétrica aquele ao qual corresponderia ao deslocamento de cargas positivas, ou seja, contrário ao

sentido real da corrente formado pelos elétrons. Nos casos em que isto não é verdade abandonamos a convenção e descrevemos o movimento como realmente acontece (HALLIDAY, HESNICK E WALKER, 2010, p. 143).

De acordo com NUSSENZVEIG (1997), a intensidade i da corrente elétrica através de uma dada seção do fio condutor é definida como a quantidade de carga Δq que atravessa esta seção por unidade de tempo Δt , conforme mostra a Eq. (1).

$$i = \frac{dq}{dt}. \quad (1)$$

No sistema internacional de unidades (SI) a corrente elétrica é dada em Ampère; um Ampère é definido como um Coulomb por segundo ($1[A] = 1[C/s]$). O equipamento utilizado para realizar medida de corrente é o amperímetro.

A passagem da corrente elétrica através de um material condutor acarreta diversos efeitos, dependendo da natureza do condutor e da intensidade da corrente. Como exemplos temos:

- Efeito fisiológico: ocorre quando a corrente elétrica percorre um organismo vivo, age no sistema nervoso, provocando contrações do musculo, também conhecido como choque elétrico.
- Efeito térmico ou Joule: causado pelas colisões dos elétrons livres com os átomos do condutor. Quanto maior a vibração dos átomos, maior será a temperatura do condutor. Observamos esse efeito em aquecedores, chuveiro elétrico e nas torradeiras elétricas.
- Efeito químico: reações químicas que ocorrem quando a corrente elétrica atravessa soluções eletrolíticas e sofre decomposição. Como exemplos temos recobrimento de metais – niquelação, prateação e cromação.
- Efeito magnético: se manifesta através do surgimento de um campo magnético em torno do condutor que está sendo percorrido pela corrente. Um dos mais importantes da corrente elétrica e serve de base construir motores elétricos, microfones, autofalantes e transformadores.

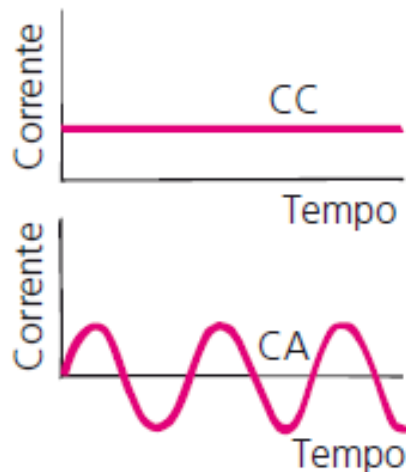
- Efeito luminoso: quando a passagem da corrente através de um gás rarefeito pode ionizá-lo e fazê-lo emitir luz. Tipos de exemplos são as lâmpadas fluorescentes, neon e de plasma.

A corrente elétrica pode ser contínua (cc) ou alternada (ca). Denominamos corrente contínua toda corrente de sentido e intensidade constantes com o tempo, que se refere ao fluxo de cargas em um único sentido. De acordo com Hewitt (2012, p. 437):

Uma bateria produz uma corrente contínua em um circuito, porque cada terminal de uma bateria tem sempre o mesmo sinal: o terminal positivo é sempre positivo, e o terminal negativo, sempre negativo. Os elétrons se movem do terminal negativo, que os repele, para o terminal positivo, que os atrai, sempre no mesmo sentido de movimento ao longo do circuito.

Já a corrente alternada muda periodicamente de sentido e de intensidade. Os elétrons se movem no circuito primeiro em um sentido, depois no sentido oposto, oscilando para cá e para lá em torno de posições fixas, devido a tensão do gerador, acrescentar frequência de 60 ciclos conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 - A linha vermelha mostra o comportamento da corrente elétrica



Fonte: Hewitt (2015).

Hewitt (2015, p. 437) define que “o principal uso da corrente elétrica, seja ela CC ou CA, é transferir energia de um lugar para outro com rapidez, flexibilidade e de forma conveniente”.

3.2 Diferença de Potencial ou Tensão

A diferença de potencial (ddp), também conhecida como tensão elétrica ocorre quando temos uma diferença de energia potencial elétrica por uma unidade de carga que atua entre dois pontos diferentes de uma região. Quando nos referirmos a circuitos elétricos ela será chamada somente de tensão.

O voltímetro é o instrumento que mede a diferença de potencial entre dois pontos. A unidade no SI é chamada de volt (V), em homenagem ao cientista italiano e pesquisador experimental da eletricidade Alessandro Volta. Sendo igual a 1 joule por coulomb: $1V = 1 J/C$.

3.2.1 Resistência elétrica e Lei de Ohm

A grandeza física que indica a dificuldade imposta à movimentação das cargas elétricas que constituem a corrente no condutor é chamada de resistência elétrica. No interior dos dispositivos elétricos, a corrente é controlada por elementos de circuito chamados de resistores, cuja resistência pode ser de alguns ohms ou de milhões de ohms.

De acordo com Halliday, Hesnick e Walker (2010, p. 147), medimos a resistência entre dois pontos de um condutor aplicando a diferença de potencial V entre esses pontos e medindo a corrente i resultante, isto é,

$$R = \frac{V}{i}. \quad (2)$$

A resistência elétrica é medida em unidades chamadas de Ohm. Um Ohm equivale a um Volt por Ampère ($\Omega = V/A$).

A resistência de um fio depende da sua espessura, do seu comprimento e de sua condutividade específica. Fios grossos têm uma resistência menor do que fios finos. Fios compridos têm resistência maior do que fios curtos. Fios de cobre têm resistência menor do que fios de aço de mesmo tamanho e mesma espessura. A resistência elétrica também depende da temperatura. Quanto maior a agitação dos átomos dentro de um condutor, maior a resistência que ele oferece ao fluxo de carga. Para a maioria dos condutores, um aumento de

temperatura significa um aumento de resistência. A resistência de alguns materiais vai a zero a temperaturas muito baixas. (HEWITT, 2015).

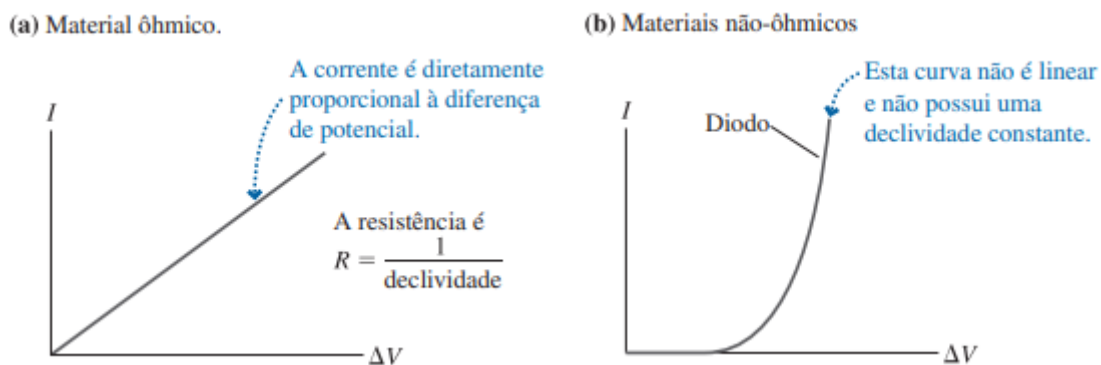
HEWITT (2015, p. 435) afirma o seguinte: “Ohm descobriu que a corrente em um circuito é diretamente proporcional à tensão estabelecida através do circuito, e inversamente proporcional à resistência do circuito”. Em notação matemática, conforme mostra a Eq. (3),

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

Atualmente sabemos que a lei de Ohm só é válida para algumas situações, somente por razões históricas continua a ser chamada de “lei”. “A microeletrônica e boa parte da tecnologia atual dependem de dispositivos que não obedecem à lei de Ohm, como exemplo temos uma calculadora de bolso” (HALLIDAY; HESNICK; WALKER, 2010, p. 151).

Para um resistor que obedece à lei de Ohm, Figura 4, o gráfico da corrente em função da diferença de potencial é uma linha reta, quando o sinal da ddp varia, o sinal da corrente também varia. Um fio metálico comum é um exemplo.

Figura 4 - Gráficos da lei de Ohm



Fonte: Knight (2009).

Nos dispositivos que não obedecem à lei de Ohm, a corrente não pode ser proporcional a tensão e ela não pode ser invertida com a inversão da tensão. Um exemplo é o diodo semiconductor, nos gráficos da Figura 4 em que observamos essas situações.

3.3 Potência e Energia Elétrica

A forma matemática da definição de potência elétrica é a razão entre a energia elétrica ε e o intervalo de tempo Δt , conforme mostra a Eq. (4).

$$P = \frac{E}{\Delta t}. \quad (4)$$

Fisicamente, a potência elétrica está relacionada com a taxa de transferência de energia. Para Hewitt (2015) uma carga que se move através de um circuito gasta energia, a menos que o meio seja um supercondutor. Isso pode resultar no aquecimento do circuito ou no giro de um motor. Hewitt (2015) comenta também que “a taxa com a qual a energia elétrica é convertida em outra forma, tal como energia mecânica, calor ou luz, é chamada de potência elétrica”, podendo ser definida como mostra a Eq. (5).

$$P = iU. \quad (5)$$

No SI a unidade de medida da potência é o Watt (W), em homenagem ao engenheiro escocês James Watt. Um Watt (W) equivale a um volt-ampère (VA).

A substituição da equação (2) nas equações (4) e (5) resulta nas equações (6) e (7) que são exclusivamente em função da ddp da corrente e principalmente da resistência, uma vez que essas equações tratam de dissipação de energia elétrica em energia térmica (efeito Joule), ocasionando um aumento de temperatura do resistor e conseqüentemente a dissipação da energia.

$$P = iU, \quad (6)$$

$$P = Ri^2 \quad (7)$$

Segundo Máximo e Alvarenga (1997, p.1081),

É importante observar que as expressões $P = iU$ e $P = R^2i$ fornecem a potência desenvolvida no aparelho, isto é, a quantidade de energia produzida por unidade de tempo. Se o aparelho permanecer ligado durante um intervalo de tempo Δt e desejarmos calcular a energia total ΔE nele desenvolvida durante este tempo, devemos multiplicar a potência P pelo intervalo de tempo Δt , isto é, $\Delta E = P\Delta t$.

A quantidade de energia correspondente a um Joule ($1 J$) é muito pequena, logo não é uma unidade prática. Por essa razão, as companhias elétricas medem a quantidade de energia elétrica consumida em uma unidade maior que o Joule. Essa unidade de medida é o quilowatt-hora (kWh). Um quilowatt-hora (1kWh) corresponde à energia elétrica consumida por um equipamento de potência 1kW (1000 W) durante uma hora (3600 s). Portanto: $1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \times 1 \text{ h} \rightarrow 1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} \rightarrow 1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$.

3.4 Circuitos Elétricos

Denominamos circuito elétrico o conjunto de dispositivos com os quais se pode estabelecer uma corrente elétrica. Segundo Hewitt (2015), quaisquer caminhos por onde os elétrons possam fluir é chamado de um circuito elétrico. Hewitt também menciona que a maior parte dos circuitos possui mais do que um dispositivo que recebe energia elétrica. Esses dispositivos em geral são conectados a um circuito de uma entre duas maneiras possíveis, ou em série ou em paralelo. Esta definição pode ser ainda complementada por Young (2009, p. 135):

Um circuito elétrico fornece, basicamente, um caminho para transferir energia de um local para outro. À medida que as partículas carregadas fluem através do circuito, a energia potencial elétrica é transferida de uma fonte (tal como uma bateria ou um gerador) até um dispositivo no qual essa energia é armazenada ou então convertida em outras formas de energia: em som de um sistema estéreo, em calor de uma torradeira ou em luz de uma lâmpada.

3.5 Associação de Resistores

Resistor é todo elemento de circuito cuja função exclusiva é transformar energia elétrica em energia térmica. Eles são utilizados em todos os tipos de

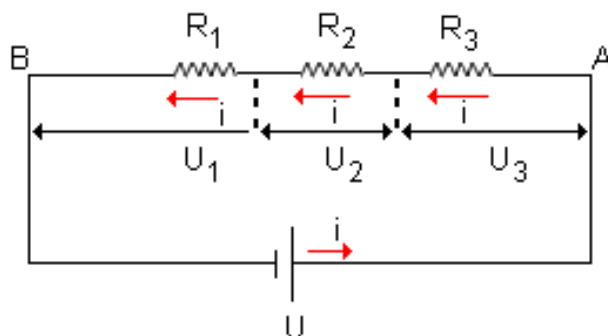
circuitos, aquecedores, secadores de cabelo entre outros são exemplos onde os encontramos. Esses dispositivos geralmente contêm uma grande quantidade de resistores que se ligam através de vários arranjos ou combinações. Sendo, portanto, importante o estudo dessas combinações.

A análise de um circuito dessa natureza pode ser a substituição de um arranjo de resistores por um único resistor equivalente ou uma única resistência equivalente, sendo que a operação do circuito não se altera devido ao valor obtido pelo resistor equivalente. Assim temos duas maneiras de combinarmos os resistores: em série e em paralelo.

3.5.1 Resistores em série

Sejam três resistores com resistências R_1 , R_2 e R_3 , ligados a uma fonte de tensão U entre os pontos A e B, como mostra a Figura 5. Observe que as cargas que atravessam as resistências têm um único caminho possível, ou seja, a corrente elétrica é a mesma, nesse caso dizemos que existe uma ligação em série, pois os elementos de um circuito são ligados em sequência.

Figura 5 - Associação de resistores em série



Fonte: Disponível em: https://www.educabras.com/enem/materia/fisica/aulas/associacao_de_resistores, (2021).

A diferença de potencial, U_{ab} , através da combinação inteira de resistores é a soma das diferenças de potencial de cada elemento (YOUNG, 2009, p. 169), e que é expressa pela Eq. (8).

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n. \quad (8)$$

Sabemos através da primeira lei de Ohm que $U = Ri$ e por um mecanismo matemático simples de substituição na equação (8), a resistência equivalente e a corrente do circuito ficam descritas como mostradas nas Eq. (9) e (10), respectivamente.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n, \quad (9)$$

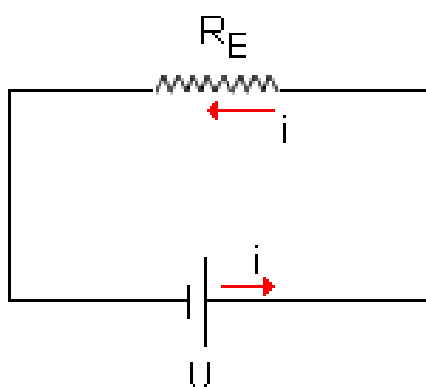
$$i = i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_n. \quad (10)$$

Assim, a corrente elétrica é a mesma em cada resistor, pois percorre um só caminho e a resistência equivalente (Figura 6) de um arranjo em série, é determinada pela soma das resistências individuais, conforme mostra a Eq. (11),

$$R_{eq} = \Sigma R_n. \quad (11)$$

Importante ressaltar que a resistência equivalente é maior que qualquer uma das resistências individuais.

Figura 6 - Resistor equivalente do circuito



Fonte: Disponível em: https://www.educabras.com/enem/materia/fisica/aulas/associacao_de_resistores, (2021).

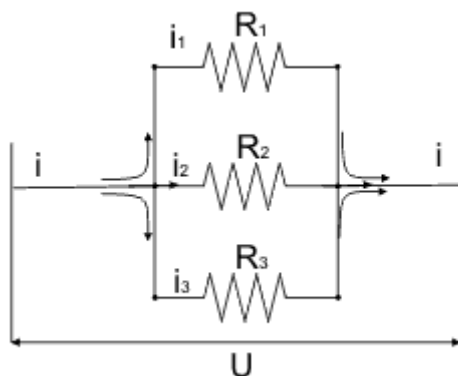
3.5.2 Resistores em paralelo

Calçada (1998) comenta que resistores distribuídos em paralelo num circuito apresentam uma relação diferente quanto a corrente elétrica e tensão no que já foi dito sobre a associação em série.

Neste tipo de associação, os terminais de todos os resistores são ligados aos pontos X e Y do circuito, de modo a se oferecerem para a corrente tantos caminhos quantos forem os resistores associados, quando a associação é submetida a uma ddp. Se todos os resistores estão ligados aos mesmos dois pontos, a ddp é a mesma em todos eles (CALÇADA, 1998, p. 35).

Na Figura 7, podemos visualizar todos os ramos do circuito em paralelo. Nela constatamos que a corrente elétrica total i é igual à soma das correntes que passam pelos resistores.

Figura 7 - Associação de resistores em paralelo



Fonte: Disponível em: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/associacaoderesistores2.php>, (2021).

A resistência equivalente do circuito em paralelo é inversamente proporcional ao número de caminhos para a corrente e, para qualquer número de resistores conectados em paralelo, o inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das resistências individuais, como é expressa pela Eq. (12),

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}. \quad (12)$$

Para o caso especial de dois resistores em paralelo, a equação acima se reduz a Eq. (13)

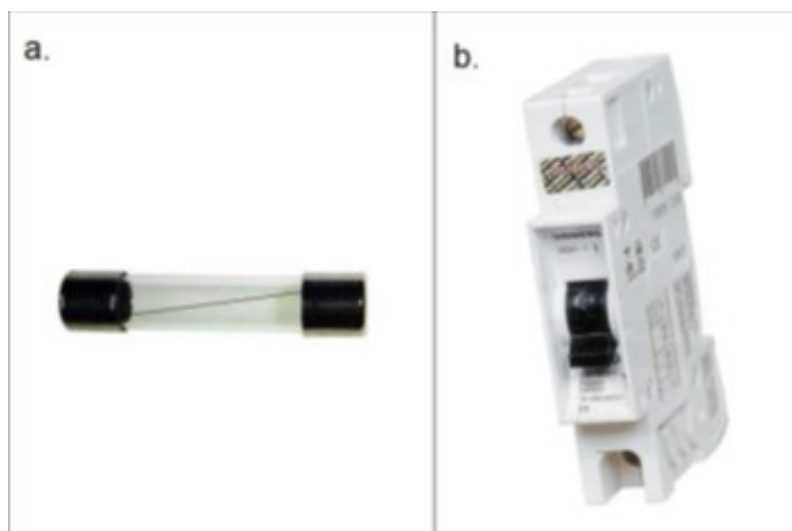
$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}, \quad (13)$$

e deduzimos que a resistência equivalente é sempre menor que qualquer uma das resistências individuais.

3.6 Dispositivos de Segurança

Em circuitos elétricos é bastante comum o uso de dispositivos de segurança, pois atuam no sentido de proteger os aparelhos quando por eles passarem um fluxo de corrente com intensidade maior do que o circuito suporta. Os fusíveis e os disjuntores são exemplos de dispositivos de segurança mais usados e mais conhecidos (Figura 8).

Figura 8 - Dispositivos de segurança elétrica utilizado em residências



Legenda: a) Fusível, b) disjuntor. Fonte: Próprio autor (2021).

Para Ferraro; Torres; Penteado (2012), os fusíveis permitem limitar a intensidade de corrente que atravessará determinado trecho de circuito que se deseja proteger. Naquele trecho do circuito, os fusíveis são instalados em série.

Ramalho Junior (2009) diz que o fusível deve ser colocado em série com os aparelhos do circuito, de modo que, ao ocorrer a fusão de seu condutor, haja interrupção da passagem da corrente elétrica. Deste jeito os aparelhos não sofreriam nenhum dano ao ser atravessados por correntes de intensidade elevada.

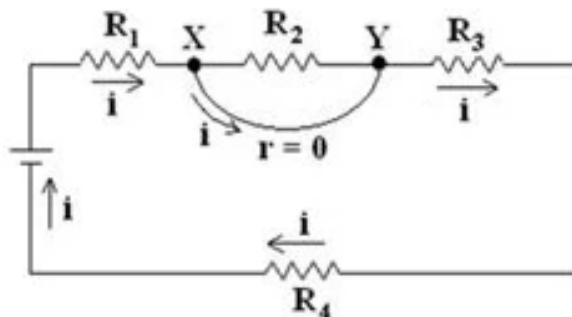
Quando se trata de instalações elétricas residenciais, edifícios e industriais, os fusíveis são substituídos por disjuntores na maioria das vezes. Pois, diferente dos fusíveis que quando o filamento condutor se rompe tem que ser trocado, os disjuntores não têm a necessidade de substituí-lo por um novo. Uma vez corrigido o problema o disjuntor pode ser religado.

3.6.1 Curto circuito

Muitas vezes escutamos falar em incêndios provocados por um curto-circuito em uma rede de instalação elétrica. No entanto, faz-se necessário descobrir e entender como ocorre esse fenômeno.

Dizemos que, entre dois pontos de um circuito elétrico, ocorre um curto-circuito quando é conectado um resistor sem resistência elétrica ou com resistência desprezível. Nessa situação os pontos que antes tinham uma ddp passam a ter ddp praticamente nula. A ilustração da Figura 9, mostra tal comportamento.

Figura 9 - Pontos X e Y com mesmo potencial ligados por um fio de resistência desprezível.



Fonte: Disponível em:

<https://educacao.globo.com/fisica/assunto/eletromagnetismo/associacao-de-resistores.html>, (2021).

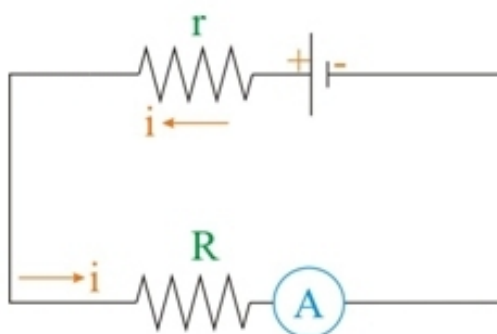
3.6.2 Medidores elétricos

Segundo Ferraro; Torres; Penteado (2012) o medidor é ideal quando sua inserção no circuito não provoca alterações nas intensidades de corrente ou nas diferenças de potenciais.

Todas as principais grandezas que alimentam um circuito elétrico podem ser medidas através de aparelhos com precisão. Um aparelho de medida bem conhecido é o multímetro, que tem a finalidade de medir várias grandezas como por exemplo, corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica. Entretanto, há outros aparelhos específicos que utilizamos para medir cada uma dessas grandezas.

O Amperímetro é o aparelho responsável por medir a intensidade da corrente elétrica que passa por determinado trecho de um circuito (Figura 10). Eles podem ser conectados em série num trecho do circuito e é considerado ideal quando sua resistência interna é nula.

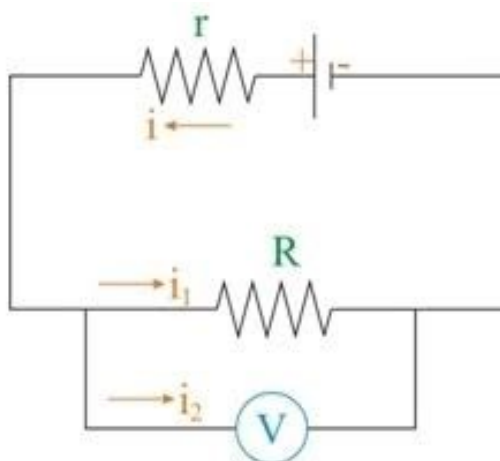
Figura 10 - Amperímetro posicionado em série à resistência de um circuito



Fonte: Disponível em: <https://www.infoescola.com/eletricidade/voltmetro-e-ampermetro/>, (2021).

O voltímetro é o aparelho que tem a finalidade de medir a tensão ou a ddp. Eles são conectados em paralelo ao trecho do circuito, conforme ilustra a Figura 11.

Figura 11 - Voltímetro posicionado em paralelo à resistência de um circuito



Fonte: Disponível em: <https://www.infoescola.com/eletricidade/voltmetro-e-ampermetro/>, (2021).

Um voltímetro é considerado bom ou ideal quando sua resistência interna deve ser infinitamente alta, uma vez que a corrente elétrica não possa ser desviada para ele.

3.6.3 Interruptor *three way*

Os interruptores são também conhecidos como dispositivos de controle de segurança. Na Física sua função básica é ligar ou desligar um determinado circuito elétrico quando acionada a chave, desta forma ele permite ou não a circulação de energia elétrica, ou seja, sua principal função é interromper a passagem da energia elétrica.

Para Silva (2015) os interruptores simples são utilizados em motores de baixa potência:

Estes elementos de controle são mais utilizados e difundidos, devido a sua simplicidade e confiabilidade. Usualmente são empregados no controle de cargas de pequenas potências, entretanto é possível encontrar estes dispositivos dimensionados apropriadamente para cargas trifásicas e de média potência. (SILVA. 2015, p, 91).

Existem vários tipos de interruptores como, por exemplo, simples, duplo, paralelo também conhecido como *three way* e interruptor intermediário como o *four-way*. Em nosso trabalho, estudamos somente o simples, o duplo e o *three way*.

O interruptor simples é o que possui o tipo de ligação interna com apenas uma seção (Figura 12), por isso sua denominação.

Figura 12 - Interruptor simples

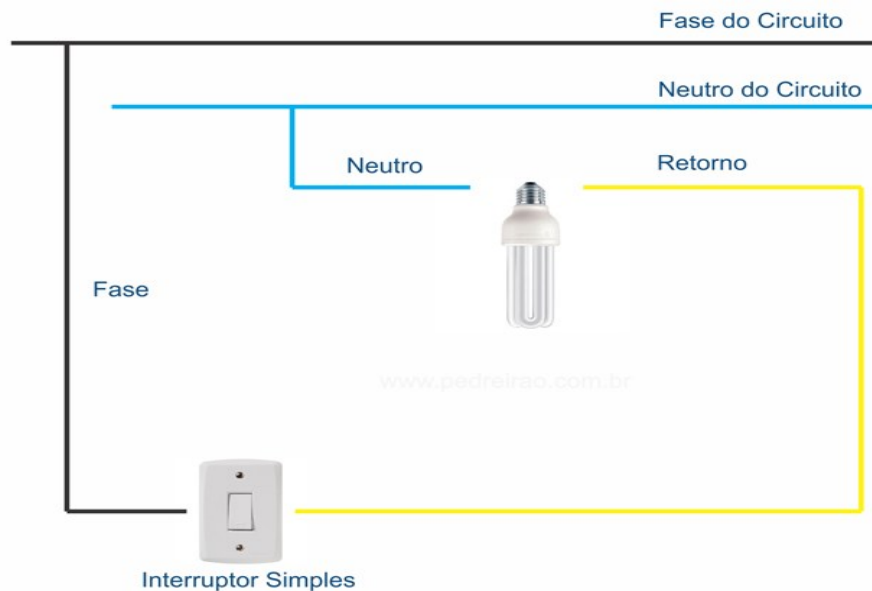


Fonte: Próprio autor (2021).

Com o interruptor simples é possível acionar uma única lâmpada ou conjunto de lâmpadas, este tipo de interruptor é usado em áreas pequenas como banheiros e quartos.

A Figura 13, mostra o *layout* de instalação de uma lâmpada a partir de um interruptor simples, em que podemos observar a ligação correta dos condutores fase, neutro e retorno.

Figura 13 - Instalação de um interruptor simples



Fonte: Disponível em: <https://pedreiro.com.br/interruptores-simples-duplo-e-three-way-passo-a-passo/>, (2021).

Já o interruptor duplo (Figura 14) é indicado para ambientes maiores, geralmente tem somente uma porta de acesso, com isso pode ter iluminação separada e é muito utilizado em salas de aula de escolas, áreas externas e outras. Esse interruptor torna possível acionar duas lâmpadas ou conjunto de lâmpadas em momentos diferentes, ou seja, cada tecla do interruptor é responsável por acender e apagar uma lâmpada ou conjunto de lâmpadas diferentes, pois os condutores de retorno encontram-se separados.

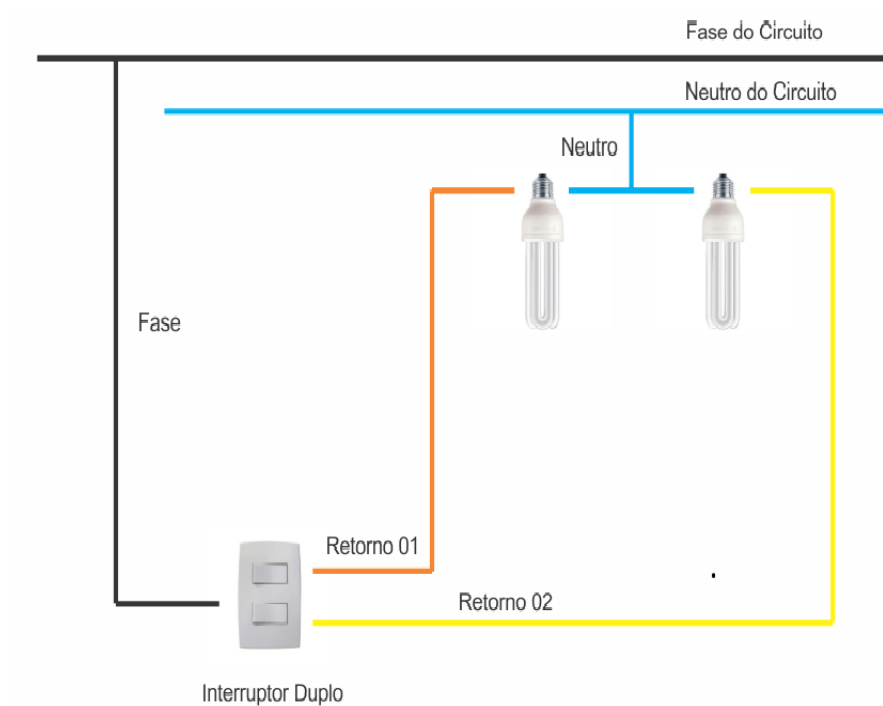
Figura 14 - Interruptor duplo



Fonte: Próprio autor (2021).

A Figura 15 mostra uma instalação de um interruptor duplo associado a duas lâmpadas.

Figura 15 - Instalação elétrica de um Interruptor duplo

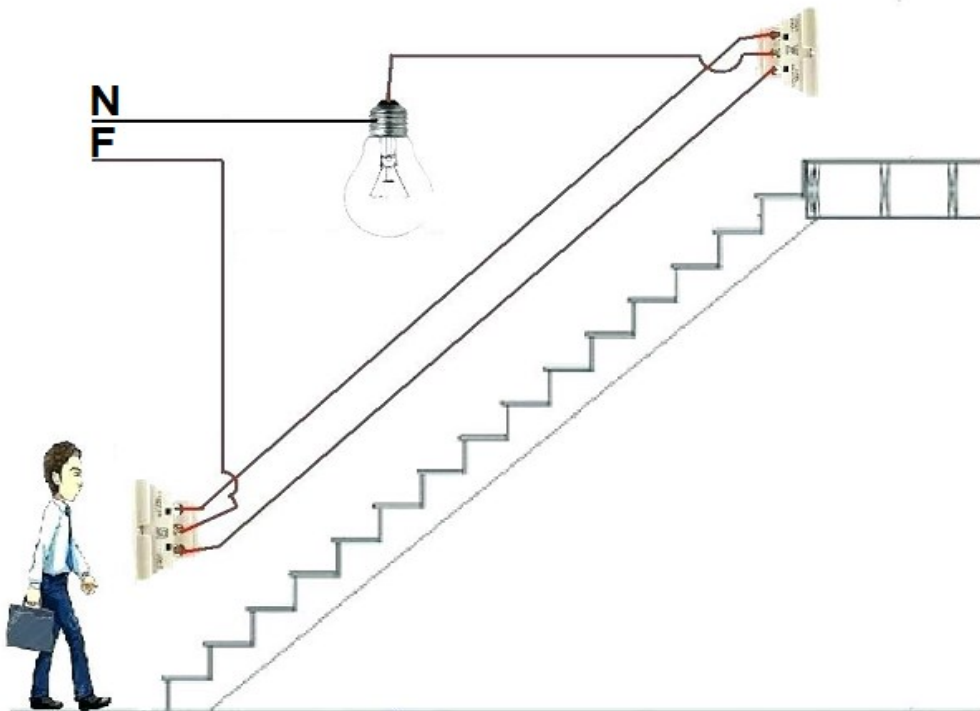


Fonte: Disponível em: <https://pedreiro.com.br/interruptores-simples-duplo-e-three-way-passo-a-passo/>, (2021).

Existe também a possibilidade de acionar um ponto de iluminação de dois lugares distintos, para isso basta utilizar um interruptor *three way* que se

trata de um interruptor ligado em paralelo. O interruptor *three way* é muito usado em corredores e escadas, é indicado também para grandes ambientes como salas conjugadas como estar, jantar e nos quartos, pois nos dar a comodidade de poder ligar/desligar em cada extremidade do ambiente. Na Figura 16, vemos a aplicação do interruptor *three way* em uma casa com dois compartimentos e uma escada.

Figura 16 - Ilustração de uma ligação three way



Fonte: Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-interruptor-paralelo-three-way>, (2021).

Já sabemos que o interruptor *three way* é uma ligação paralela, conteúdo da eletrodinâmica, dentro da associação de resistores em paralelo, mas apesar do termo interruptor paralelo, ele recebe essa definição porque são conectados dois cabos ao interruptor, de forma com que fique um cabo paralelo ao outro, mas não se caracteriza um circuito ou ligação paralela, pois estes dois cabos não possuem dois pontos em comum e a corrente não se divide entre os cabos. O interruptor para a ligação *three way* deve ser obrigatoriamente de 03 pinos, conforme mostra a Figura 16, e a forma de instalação tem que obedecer às normas específicas. Na Figura 17, podemos observar que o condutor fase e o

retorno são ligados no pino do meio dos interruptores paralelos. Nunca o condutor fase deve chegar no ponto de luz, pois o motivo é evitar choque ao fazer a substituição de uma lâmpada. O condutor fase é sempre ligado no interruptor.

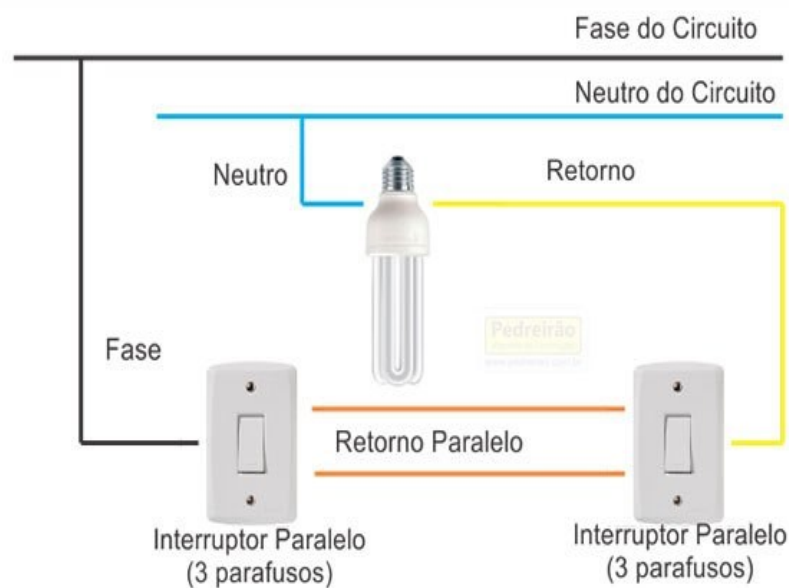
Figura 17 - Vista traseira de interruptor *three way*



Fonte: Silva (2015)

Na Figura 18 temos o modelo de instalação de uma ligação com interruptor paralelo ou interruptor *three way*.

Figura 18 - Instalação de interruptor *three way*



Fonte: Disponível em: <https://pedreiroao.com.br/interruptores-simples-duplo-e-three-way-passo-a-passo/>, (2021).

4 PRODUTO EDUCACIONAL

4.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa Aplicada ao Ensino de Física

Este capítulo descreve a metodologia utilizada para o desenvolvimento, aplicação e avaliação dos resultados alcançados através de duas sequências didáticas envolvendo conteúdos de eletrodinâmica, feitas com base nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa e nas recomendações para elaboração de uma UEPS proposta por Moreira.

Para a verificação de evidências da ocorrência de aprendizagem significativa devido a aplicação das sequências didáticas propostas neste trabalho, foi utilizada uma abordagem qualitativa descritiva, visto que a sala de aula, ambiente de trabalho do autor desta dissertação, foi utilizada como fonte direta dos dados, em que a atenção maior foi voltada ao processo e não simplesmente aos resultados e ao produto, sendo o significado a preocupação essencial nessa abordagem.

Os dados obtidos da abordagem qualitativa através de um questionário aplicado foram organizados em tabelas e gráficos, e os dados estatísticos usados para enfoque exclusivamente descritivo e interpretativo

Lüdke e André (2013) definem que quando a abordagem de uma pesquisa é qualitativa, o pesquisador coleta e transforma dados ao mesmo tempo que investiga, interpretando os significados que os indivíduos investigados atribuem às suas ações na convivência social, incluindo o próprio pesquisador.

4.2 Campo de Estudo

A aplicação das sequências didáticas propostas foi realizada no tempo destinado às aulas de Física em uma turma do terceiro ano do ensino médio, turno matutino de uma escola pública estadual de ensino fundamental e médio denominada Centro de Ensino Estado do Rio Grande do Norte (CEERGN), localizada no bairro Conjunto Radional, no município de São Luís – Maranhão, que atende, em sua maioria, estudantes de bairros adjacentes.

Essa escola está localizada em um bairro cercado por periferia, mas que apresenta um baixo risco à integridade dos estudantes e colaboradores. O fato de oferecer ensino fundamental possibilita que os estudantes continuem na escola até o ensino médio, o que contribui para o seu baixo índice de evasão escolar. É importante observar que, desde 2012, por iniciativa do autor deste trabalho, ocorre uma Mostra Científica que envolve a apresentação de experimentos referentes a conteúdo de Física do terceiro ano do ensino médio. Esse trabalho é executado em sala de aula durante todo o ano e exposto para toda comunidade escolar em uma data estabelecida em comum acordo com a direção da escola.

Como nossa proposta pedagógica foi desenvolvida para uma turma do terceiro ano do ensino médio, em que a principal preocupação é aprovação no Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM), referenciamos nossa expectativa com base nos resultados do ENEM de 2018, cujos resultados foram: Redação: 459, Linguagens e Códigos: 497, Ciências Humanas: 535, Matemática: 488, e Ciências da Natureza: 451. Com esses números alcançados nossos alunos certamente não teriam êxito em entrar nas universidades públicas do Estado do Maranhão. Assim, as sequências didáticas propostas neste trabalho foram elaboradas respeitando as limitações apresentadas e pensadas em melhorar o desempenho dos estudantes diante de tal cenário.

4.3 Participantes da Pesquisa

As sequências didáticas foram aplicadas em uma turma formada por 42 (quarenta e dois) estudantes, sendo 21 (vinte e um) meninas e 21 (vinte e um) meninos. A faixa etária da maioria dos estudantes é de 17 anos. Essa turma foi escolhida dentro de um universo de quatro turmas, o que permitiu o desenvolvimento das atividades relacionadas de forma mais eficiente, em um tempo relativamente curto da hora-aula (50 minutos).

Antes de ser iniciada a implantação das sequências didáticas foi solicitada a anuência da coordenação da escola para que as intervenções necessárias fossem realizadas (Apêndice A).

4.4 Definição, Desenvolvimento, Aplicações e Avaliações das Sequências Didáticas

Uma técnica de ensino muito usada para a absorção de um ou conjunto de conteúdo é a sequência didática, que é organizada pelo professor de forma sistêmica através de uma série de atividades que objetiva atingir a aprendizagem de uma determinada unidade didática.

Sequências didáticas são:

Um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos. (ZABALA, p 18, 1998).

Assim podemos verificar que a sequência didática tem como seu princípio um conjunto de atividades entrelaçadas a um conteúdo, e tem como finalidade o aprendizado dos alunos, sempre focado nos objetivos já definidos no planejamento. Vale aqui ressaltar a importância de um bom planejar para que o professor consiga se organizar e se orientar em relação aos discentes. A partir desse conceito, esperamos que os alunos tenham uma aprendizagem significativa com essas atividades propostas, sendo a aprendizagem o alvo final e não o ensino.

De acordo com Zabala (1998, p. 21), em primeiro lugar, encontramos um referencial que está ligado ao sentido e ao papel da educação, sendo responsáveis para responder as duas perguntas chave: “Para que educar? Para que ensinar?”, denominadas pelo autor como perguntas capitais que justificam a prática educativa. Esse seria o ponto de partida para a organização do trabalho pedagógico de maneira reflexiva.

Na sequência didática que elaboramos o tema escolhido para esse trabalho foi o de Eletrodinâmica, que pode ser trabalhado somente um conteúdo, porém decidimos trabalhar vários conteúdos dentro da Eletrodinâmica, aproveitando assim os conhecimentos prévios dos alunos.

Após a definição do conteúdo, escolhe-se o modelo de sequência didática a ser utilizada, levando-se em consideração os objetivos que o professor pretende alcançar. Neste caso a sequência didática escolhida tem uma correlação com a sequência sugerida ou proposta por Moreira, uma vez que ela

tem seu tópico específico bem definido e preciso, é levado em conta os conhecimentos prévios dos alunos, através de questionários, redações e pesquisas. Essa sequência apresenta situações problemas para o aluno, aonde o mesmo é sujeito ativo, pois participa de suas etapas, fazendo com que o alunado tenha um progresso em seu conhecimento cognitivo, e por fim esta sequência didática está alinhada com a proposta por Moreira, quando verificamos o bom desempenho do aluno através da avaliação da aprendizagem e da construção do conhecimento feito exclusivamente por eles, pois os mesmos tiveram capacidade de produzirem e aplicarem seus experimentos e responderam de forma precisa os questionários a eles aplicados.

Tanto o desenvolvimento como a aplicação das sequências didáticas, objeto desta investigação, foram fundamentados na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e nos princípios das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, propostos por Moreira, e tem como objetivo principal potencializar a aprendizagem significativa de conteúdos de eletrodinâmica. Esquemas gerais dessas sequências didáticas são mostrados nas Quadros 1 e 2, que expõem etapas, atividades, tempo previsto e objetivo de cada item destacado.

Quadro 1 - Sequência didática I

Disciplina: Física
Período: Dois meses.
Número de encontros: 10 encontros com 12 horas-aula.
Tema gerador: Eletrodinâmica – 3º ano do ensino médio
Subtemas: Corrente Elétrica, Resistores, Potência Elétrica e Energia Elétrica.
Objetivos
• Comentar sobre conteúdos de eletrostática;
• Descrever o conceito de corrente elétrica e seus efeitos;
• Reconhecer os tipos de corrente elétrica;
• Relacionar a lei de ohm e os seus efeitos nos circuitos elétricos;
• Definir potência elétrica e relacioná-la com outros tipos de potência;
• Definir energia elétrica;

<ul style="list-style-type: none"> • Inferir sobre o cálculo e redução do consumo de energia elétrica;
<ul style="list-style-type: none"> • Produzir circuitos elétricos usando o efeito químico;
<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisar os fenômenos referentes aos efeitos de corrente elétrica.
Estrutura das aulas
<p>1ª parte (duas horas-aula) – Informação sobre a aplicação das sequências didáticas e seus objetivos; Solicitação de resumos sobre conteúdos de eletrostática, visando o levantamento de conhecimentos prévios; Discussão dos conteúdos apresentados nos resumos e outros, complementados pelo professor; Solicitação de um trabalho escrito individual sobre os efeitos da corrente.</p>
<p>2ª parte (cinco horas-aula) – Entrega e correção de trabalhos; Ministração de aula expositiva sobre corrente elétrica e discussão; Ministração de aulas expositivas de resistores, potência e energia elétrica e discussão; Solicitação de um trabalho escrito individual sobre quais os elementos que constam na conta de energia elétrica e como é feito os cálculos do valor dela.</p>
<p>3ª parte (duas horas-aula) – Elaboração de experimentos simples utilizando material de fácil acesso e baixo custo para exemplificar a passagem de corrente elétrica – efeito químico; Apresentação em sala de aula dos experimentos e discussão sobre os conteúdos envolvidos.</p>
Estratégias de Avaliação
<p>Conceitual: Realizar discussão diagnóstica sobre conhecimentos prévios; Realizar discussões sobre os assuntos vistos; Realizar avaliação com perguntas abertas para verificar se ocorreu a aprendizagem dos conceitos das aulas.</p>
<p>Procedimental: Aula prática construindo circuitos elétricos envolvendo o efeito químico, apresentação e discussão.</p>
<p>Atitudinal: Fazer pesquisas bibliográficas sobre corrente elétrica e efeitos da corrente elétrica para posterior discussão em aulas.</p>
<p>Referência: Kazuhito, Yamamoto e FUKU, Luís Felipe. Física para o ensino médio. V. 3. 4 ed. São Paulo: Editora Saraiva 2017.</p>

Quadro 2 - Sequência didática II

Disciplina: Física
Período: outubro, novembro e dezembro.
Número de Encontros: 10 encontros com 16 horas- aula.
Tema gerador: Eletrodinâmica – 3º ano do ensino médio
Subtemas: Associação de Resistores em Série, Paralelo e Mista.
Objetivos
<ul style="list-style-type: none"> • Descrever a aplicação das leis de ohm nos circuitos elétricos; • Conhecer quando um circuito elétrico é produzido por uma ligação em série e ou paralelo e ou mista; • Construir uma montagem experimental de um circuito elétrico com lâmpadas ligadas em serie e em paralelo; • Construir uma montagem experimental de um circuito elétrico <i>three way</i>; • Pesquisar o que é uma ligação <i>three way</i> e sua importância dentro das construções elétricas, e sobre o brilho das lâmpadas nos circuitos elétricos em série e em paralelo.
Estrutura da aula
1ª parte (seis horas-aula) – Ministração de aula expositiva sobre associação de resistores em série e em paralelo, e discussão; Resolução de exercícios abertos; Solicitação de um trabalho escrito individual sobre ligação <i>three way</i> e sobre o brilho das lâmpadas em circuitos elétricos em série e em paralelo. Revisão de conteúdo.
2ª parte (três horas-aula) – Entrega e correção de trabalhos; Aula experimental com demonstração de circuito misto (em série e em paralelo); Informação sobre um questionário que deverá ser aplicado contendo questões envolvendo conteúdo das duas sequências didáticas. Divisão das equipes para a construção de experimentos.
3ª parte (sete horas-aula) – Discussão sobre a construção, pelos estudantes, de experimentos contendo circuitos elétricos em série e em paralelo, e <i>three way</i> ; Aplicação do questionário na forma online pelo <i>google forms</i> , em sala de aula; Verificação e discussão dos resultados dos questionários; Ministração de aula expositiva sobre associação de resistores em série e em paralelo, e <i>three way</i> (kit desenvolvido pelo

professor); discussão; Exposição dos experimentos produzidos pelos alunos para a turma.

Estratégias de Avaliação

Conceitual: Realizar discussões sobre os assuntos vistos; Realizar avaliação com perguntas abertas para verificar se ocorreu a aprendizagem dos conceitos das aulas. Aplicar um questionário com perguntas prontas (fechadas) contendo todos os conteúdos das sequências didáticas.

Procedimental: Aulas práticas de demonstração com a utilização de kits experimentais desenvolvidos pelo professor. Exposição de experimentos desenvolvidos pelos estudantes em equipe, para a turma.

Atitudinal: Fazer pesquisas bibliográficas sobre o brilho das lâmpadas em circuitos em série e em paralelo, e *three way*. Fazer pesquisa sobre a construção de circuitos elétricos.

Referência: Kazuhito, Yamamoto e FUKU, Luís Felipe. Física para o ensino médio. V. 3. 4 ed. São Paulo: Editora Saraiva 2017.

Fonte: Próprio autor (2021).

4.5 Apresentação das Sequências Didáticas aos Estudantes

Na aula introdutória – na primeira sequência didática – foi informado à turma sobre a utilização das sequências didáticas e seus objetivos. Para esse momento buscamos motivar a participação ativa dos estudantes nas atividades futuras e estimular o interesse dos estudantes pelo conteúdo a ser aprendido, e que serão comunicados por meio dessa metodologia.

4.5.1 Levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes

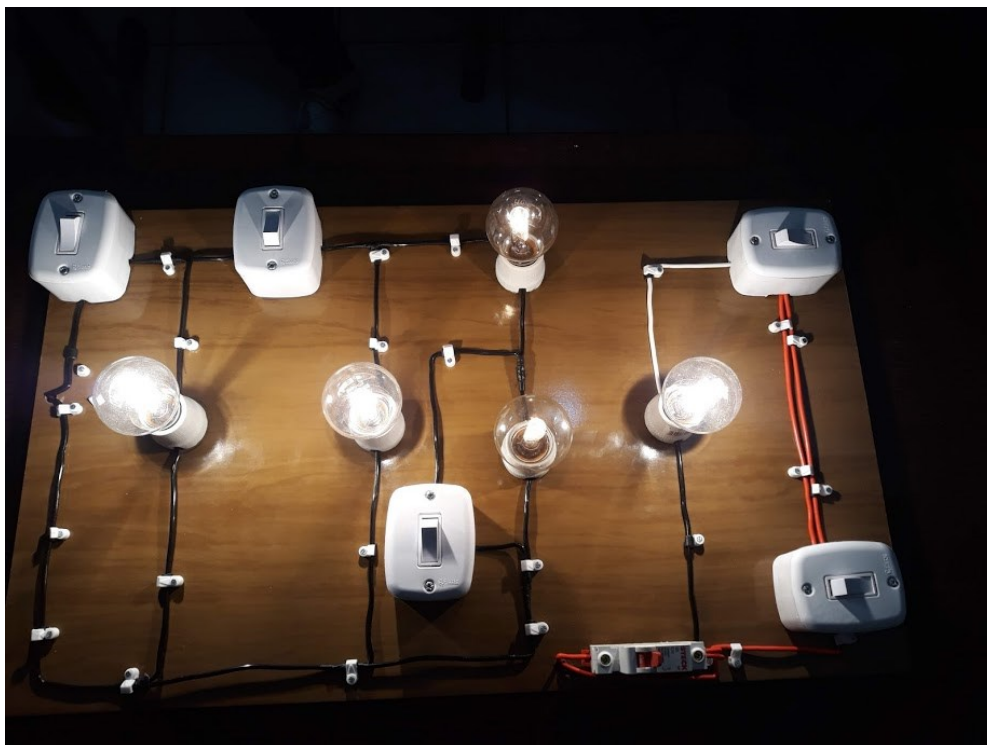
A TAS prever que os conhecimentos prévios dos estudantes são os requisitos mais importantes, inicialmente, para que ocorra a aprendizagem significativa. Durante a aula inaugural da primeira sequência foi solicitado aos estudantes que externalizassem seus conhecimentos prévios sobre eletrostática por meio de um resumo, a fim de verificarmos quais conteúdos os alunos conseguiram aprender e assim reforçarmos aquilo que ficou vago em seu

cognitivo. Esse instrumento serviu também para compor a avaliação de desempenho dos estudantes bem como da sequência didática.

4.6 Construção e Apresentação de Experimentos

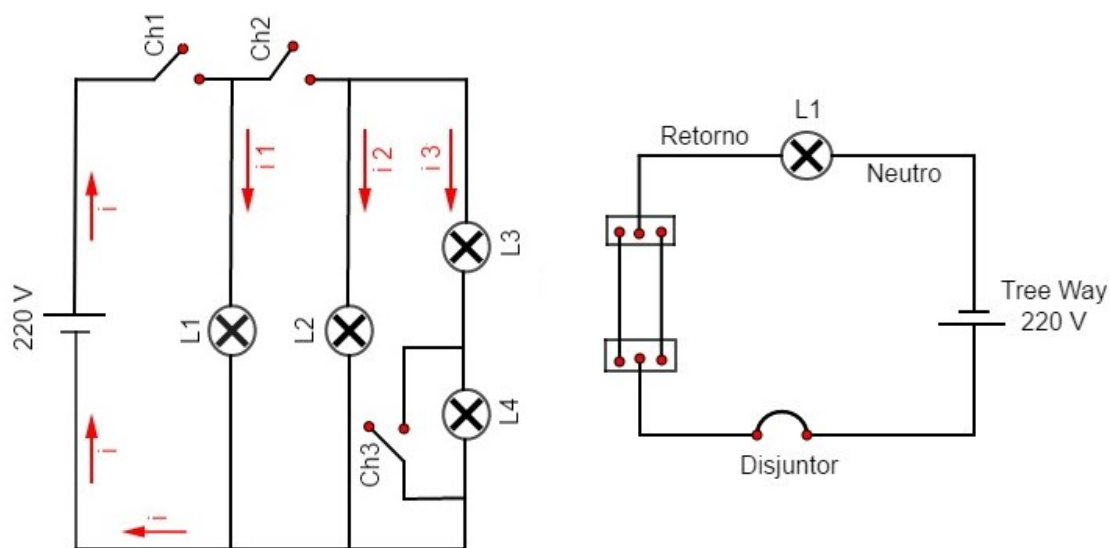
O professor fez uso de demonstrações experimentais, utilizando um kit experimental, inicialmente com lâmpadas incandescentes em série e paralelo, criado pelo professor e disponível na sala de laboratório da escola, e posteriormente experimentos construído por eles, para abordar conceitos sobre circuitos elétricos visando dinamizar e contextualizar a sua prática pedagógica, nas quais pôde-se relacionar conceitos tidos como abstratos e sem significado, a um objeto físico, permitindo aos estudantes a visualização direta de fenômenos. A Figura 19 mostra o experimento apresentado pelo professor e ao layout com a análise sistemática feita para compreensão de uma instalação elétrica com interruptor *three way*.

Figura 19 - Circuito desenvolvido pelos alunos para análise de uma instalação elétrica residencial



Fonte: Próprio autor (2021).

Figura 20 - Layout do circuito elétrico desenvolvido pelos alunos



Fonte: Próprio autor (2021).

Para aprimorar a participação dos estudantes, foi solicitado que se dividissem em grupos de cinco a seis integrantes, que criassem e desenvolvessem seus experimentos. Nessas atividades, os estudantes foram incentivados a fazerem pesquisas bibliográficas, e tiveram orientação para a construção e manipulação dada pelo professor. Esses experimentos foram posteriormente expostos em sala de aula/escola para toda a turma.

A exposição dos experimentos foi necessária para provocar a externalização de conhecimento por integrantes de grupos e o professor usando o potencial desta prática pedagógica para facilitar a diferenciação progressiva e ou reconciliação integrativa.

4.7 Avaliação da Aprendizagem

Foram realizadas avaliações individuais tradicionais mensais, bimestrais e atividades avaliativas. Além disso, no final da aplicação da segunda sequência didática, foi aplicada uma avaliação individual (questionário final) composta por questões de múltipla escolha com apenas uma opção correta. Todas essas avaliações foram utilizadas para investigar como os conceitos relacionados aos conteúdos abordados ao longo das sequências didáticas iam sendo assimilados.

Para compor uma nota dessas avaliações, a cada questão correta foi atribuído um ponto e, para questões incorretas ou em branco, nenhum ponto. A rede estadual de educação do Maranhão estabelece como critério mínimo 60 % de aproveitamento nas avaliações para obter aprovação.

Os estudantes também foram avaliados por meio dos instrumentos: resumos (investigativo dos conhecimentos prévios), produção e apresentação de experimentos, bem como exercícios no quadro e desafios “perguntas e respostas”.

A análise dos resumos foi realizada por meio de uma leitura de verificação dos escritos, sendo imputados conceitos satisfatório, regular e insuficiente. O primeiro foi atribuído para os estudantes que externaram conhecimentos suficientes para dar suporte a novas aprendizagens relacionadas às sequências didáticas. O segundo, para aqueles que apresentaram conhecimentos regularmente consolidados com relação ao tema e o último conceito, para aqueles que externaram muito pouco ou nenhum conhecimento.

A análise da produção e apresentação dos experimentos foi realizada por meio das solicitações requeridas ao professor pelas equipes de trabalho durante a confecção dos experimentos, pelo produto apresentado, pelo nível de organização e a concatenação dos conceitos apresentada durante a exposição. Para essas atividades, foram dados conceitos satisfatório, regular e insuficiente. O primeiro foi atribuído para a equipe que externou conhecimentos consolidados relacionados à sequência didática. O segundo, as equipes que apresentaram parte dos conhecimentos consolidados e o último, para as equipes que externaram muito pouco ou nenhum conhecimento consolidado relacionado às sequências didáticas.

4.8 Instrumento de Coleta de Dados

Neste trabalho foram utilizados alguns instrumentos de coleta de dados com o objetivo de identificar conhecimentos prévios, registrar eventos relevantes, identificar a ocorrência de aprendizagem significativa e, por fim, para avaliar as sequências didáticas, verificando se elas são potencialmente significativas.

Durante a aplicação foram anotadas, pelo professor, impressões sobre o desenvolvimento das atividades, atentando para as reações, ações e interações provocadas pelas atividades. São importantes, por exemplo, as dificuldades apontadas pelos estudantes, se o tempo gasto na execução de cada atividade foi adequado, pontos positivos e negativos indicados pelos estudantes e pelo professor, entre outros aspectos. Devido ao tempo de aula ser reduzido o registro de todas as impressões importantes observadas no transcorrer das aulas foram registradas após a finalização das atividades. Esse instrumento serviu para compor a avaliação do desempenho das sequências didáticas. Além disso, a análise dessas impressões foi realizada por meio de uma leitura posterior, objetivando avaliar e orientar possíveis alterações nas sequências didáticas.

Ademais, foram utilizados como instrumentos de coleta de dados as pesquisas, as avaliações objetivas, a confecção e a exposição de experimentos.

5 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

5.1 Detalhes da Aplicação das Sequências Didáticas

No início do ano letivo de 2019, conversamos com os alunos de determinada turma e com a direção da escola sobre a possibilidade de construção e validação de um material didático e instrucional a ser desenvolvido no ambiente de sala que iria acontecer no segundo semestre do corrente ano. Os alunos ficaram empolgados e ao longo do ano demonstraram bastante interesse com relação à atividade a ser desenvolvida. A escola também acreditou em nosso trabalho e aceitou que o desenvolvesse – no Anexo I se encontra o termo de anuência assinado pela direção da escola e pela coordenação do Programa de Mestrado em Ensino de Física da UFMA.

Descreveremos agora a mediação de todo nosso trabalho. Com relação aos objetivos propostos, conseguimos alcançar nossa meta e todos foram realizados com êxito, sendo importante ressaltar que tivemos a aceitação e participação de todos os alunos da turma para desenvolver nosso trabalho.

No quesito referente à estrutura da aula, a primeira parte iniciou na segunda semana de agosto, no dia 08, com uma breve explicação das atividades que realizaríamos e depois começamos a aula com uma discussão livre em sala de aula e um resumo, a fim de verificarmos os conhecimentos adquiridos sobre eletrostática, conteúdo visto anteriormente e pré-requisito para o conteúdo de eletrodinâmica, do qual nossas atividades foram desenvolvidas. O desempenho dos alunos até então foi satisfatório, pois quase a totalidade da turma demonstrou ter aprendido os conteúdos.

Depois apliquei um questionário prévio através de duas perguntas que as coloquei no quadro de sala. Ambas as perguntas foram referentes à associação de lâmpadas em série e paralelo e sobre um circuito *three way*, a fim de saber qual conhecimento eles tinham a respeito do conteúdo que iríamos trabalhar. As perguntas foram:

- 1) O que você conhece sobre um circuito elétrico de associação de lâmpadas em série e paralelo?
- 2) Você já ouviu falar de ligação *three way*? Sabe sua finalidade?

Para a primeira pergunta, os 41 alunos presentes, de um total de 42, foram unânimes respondendo que sim, que já tinham visto, em experimentos feitos em anos anteriores com exposições na própria escola. Porém, somente 8 alunos conseguiram explicar a fenomenologia em questão envolvida no experimento de forma correta. Já na segunda pergunta dois alunos já tinham ouvido falar e somente um explicou de forma razoável sobre o funcionamento de um interruptor *three way*. No Quadro 3 apresentamos algumas respostas dos alunos às duas perguntas lançadas como análise dos conhecimentos prévios dos alunos.

Quadro 3 - Resumo das respostas dos alunos ao questionário prévio

Respostas adequadas referente a 1ª questão.	“Oito alunos responderam de forma clara e precisa que um circuito elétrico é um caminho por onde a corrente elétrica irá passar. E falaram que as lâmpadas em série não acendem quando uma queima e as em paralelo acendem”.
Respostas inadequadas referente a 1ª questão.	“Já vi essas experiências, mas não sei explicar agora não”. “Vi aqui na escola ano passado, mas a física não sei como é”. “Uma região por onde passa energia”.
Respostas adequadas referente a 2ª questão.	“É uma ligação que tem a finalidade de ligar e desligar uma lâmpada em lugares diferentes, por exemplo, uma casa de andar, liga no começo da escada e desliga no segundo andar”.
Respostas inadequadas referente a 2ª questão.	“Já ouvir falar sobre uma ligação <i>three way</i> , mas não lembro como é”.

Fonte: Próprio autor (2021).

Na segunda parte da aula solicitamos que fizessem uma pesquisa sobre os efeitos da corrente elétrica. Para tal pesquisa foi dado um prazo de uma semana, que após a entrega e correção, verificamos que dos 42 alunos somente um aluno não apresentou, ou não realizou a pesquisa

Na aula do dia 15, iniciamos o conteúdo de corrente elétrica e para nossa surpresa, constatamos uma participação marcante dos alunos quando comparada a outras aulas que foram realizadas sem essas estruturas, isso sem contar que os conhecimentos prévios que eles tinham sobre corrente elétrica foram de suma importância para o bom andamento da aula. Debates sobre os tipos de corrente, sobre os sentidos e os efeitos da corrente elétrica. Como os alunos já tinham realizado a pesquisa sobre efeitos da corrente elétrica, deixamos livre para que explicassem a importância desses efeitos no nosso cotidiano e depois os dividimos em equipes para que apresentassem alguns experimentos. Nessa etapa ficou evidente a mudança de ânimo dos alunos quando são valorizados ao se sentirem parte integrante do processo ensino aprendizagem, uma vez que essa prática pedagógica associada a aulas experimentais não é adotada com frequência pela escola.

Na aula seguinte, terceiro encontro, dia 21, comentamos sobre os resistores e sua finalidade em um circuito elétrico. Nesta aula abordamos os conteúdos das leis de Ohm, resistência e potência elétrica. Finalizamos todo esse conteúdo na aula do dia 22 com exercícios teóricos e um prático, que foi entender a conta de energia elétrica de suas residências. Para esta última seguimos um exemplo do livro texto aplicando a fórmula de consumo:

$$\text{Consumo [kWh]} = \frac{\text{Potência do equipamento [W]} \times \text{nº de horas utilizadas [h]}}{1000}. \quad (14)$$

Para avaliarmos o desenvolvimento da aprendizagem de nossa prática pedagógica até este momento, realizamos um debate sobre situações problema que envolviam discussões sobre os conteúdos trabalhados em sala de aula e verificamos que houve a participação neste debate de todos os alunos, sem exceção. Essa participação ativa dos alunos demonstra o bem estar gerado em sala de aula, que é uma condição fundamental para a construção do conhecimento.

Uma vez que eles já teriam fixado o conteúdo em seu cognitivo sobre corrente elétrica, circuito elétrico entre outros assuntos, nós partimos para a parte procedimental. Nessa etapa, eles produziram um experimento simples,

para explicar a passagem da corrente elétrica, feito com materiais alternativos de fácil acesso e de baixo custo como limão, moedas de cobre, pregos, cliques de zinco, fios e uma pequena lâmpada de LED. Em seguida dividimos a turma em 10 equipes compostas por 4 ou 5 alunos cada e fizemos algumas perguntas para os componentes a fim de avaliarmos e os bonificarmos. No que tange a avaliação das respostas, verificamos um bom nível de domínio de conteúdo de forma tal que pudemos evidenciar indícios de aprendizagem dos estudantes. E como bonificação pelo sucesso até então da aplicação de nossa prática pedagógica, deixamos outras opções de experimentos para verificarem a passagem da corrente elétrica em um circuito.

Assim, finalizamos a aplicação de nossa primeira sequência didática e podemos avaliá-la como positiva, pois os alunos atingiram o rendimento esperado, o que nos permite seguir com a segunda sequência didática proposta.

A primeira parte da segunda sequência didática foi realizada em dia 05 de setembro, na qual fizemos a apresentação dos seguintes conteúdos: associação de resistores em série e em paralelo juntamente com exercícios de fixação. No dia 12 fizemos uma atividade de associação de resistores no quadro para os alunos discutirem em grupos, mas que somente um deveria responder. No dia 26 passamos uma pesquisa sobre a intensidade do brilho das lâmpadas num circuito em série e em paralelo e sobre ligação *three way* de interruptores.

No dia 09 de outubro, demos continuidade a sequência didática com uma aula experimental com lâmpadas num circuito misto e explicamos cada fenômeno existente nesta prática experimental. Aqui não explicamos nada sobre a ligação *three way*.

Devido à proximidade da prova do ENEM e de simulados elaborados da Secretaria de Educação do Estado, interrompemos as atividades da sequência, tendo a retornado somente em novembro.

Em 20 de novembro retomamos as atividades e comentamos sobre um questionário que eles iriam responder sobre todos os conteúdos vistos nas duas sequências didáticas, além de os dividirmos em equipes para que escolhessem suas experiências.

Nos dias 27 e 28 de novembro, os alunos se reuniram para desenvolver um experimento com lâmpadas num circuito misto, ou seja, um circuito com ligações em série e em paralelo, com interruptores em ligação *three way*. Nesse

momento separamos as equipes e as deixamos livres com relação as escolhas dos experimentos. Esta etapa é de extrema importância que o professor atue como mediador entre o grupo e a tarefa, pois como esta atividade compreende uma investigação orientada, os alunos se deparam com diversas situações que favorecem a aprendizagem através da elaboração de estratégias experimentais que atestam a teoria estudada nas aulas anteriores.

Concluídos os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais proposta nesta sequência didática, os alunos responderam nos dias 27 e 28 de novembro um questionário online enviado pelo professor via *Google Forms*.

Ainda no aspecto procedimental de nossa prática pedagógica, apresentamos nossa primeira proposta de produto educacional no dia 04 de dezembro à turma. O produto compreende em um kit experimental em eletrodinâmica. Na exposição do kit nos preocupamos em demonstrar todos os estágios de sua construção, possíveis análises das etapas de seu funcionamento e onde podem ser encontradas suas características no cotidiano. Como era de se esperar em relação a receptividade do kit pelos alunos, eles se impressionaram e consensualmente argumentaram que “se as aulas fossem assim antes eles teriam aprendido mais do que com as aulas teóricas”.

Essa experimentação foi realizada pelo professor nas 4 turmas, porém toda a sequência didática foi realizada somente em uma sala. No dia 10 de dezembro ocorreu a demonstração dos alunos referentes as experiências, no tocante a participação dos alunos, somente dois alunos não apresentaram, sendo assim de um universo de 42 alunos, 40 apresentaram seus experimentos em equipe. Percebemos que o aprendizado através das experiências feitas por eles, seguindo um dos quatro pilares da educação, determinado pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), que é o aprender fazendo, deixa o aluno com um maior interesse em aprender Ciências, em aprender a Física. Eles se empolgaram nas apresentações e sugeriram que nos anos seguintes os professores seguissem essa linha de ensino.

Portanto, nesta segunda sequência didática o desempenho dos alunos foi melhor do que na anterior, como era de se esperar, pois segundo Ausubel (2003), os alunos tiveram uma aprendizagem por recepção significativa, que

acontece quando temos uma relação lógica entre uma nova ideia e algumas outras já existentes na estrutura do cognitivo.

Após a análise das respostas dos alunos feitas no questionário online, externei a eles que o resultado foi animador, pois percebi que eles absorveram todos os conteúdos e se empenharam em participar de todas as etapas das sequências propostas. No Apêndice II estão o questionário e suas respectivas respostas.

5.2 Análise do Questionário Pós Teste Aplicado aos Alunos

Uma pesquisa é dita como sendo de satisfação, quando uma de suas várias finalidades é mensurar se o conteúdo oferecido foi eficaz e satisfatório para quem recebe as informações, outra finalidade é a melhoria da qualidade do ensino. Nessa perspectiva, elaboramos um questionário de satisfação com 9 (nove) questões, sendo que as três perguntas iniciais se referem a satisfação do aluno em relação à disciplina, e as seis perguntas restantes são específicas dos conteúdos estudados durante a aplicação das sequências didáticas propostas neste trabalho. A Figura 21 mostra os alunos respondendo ao questionário elaborado como pós teste, que contém perguntas sobre de satisfação dos alunos em relação a prática pedagógica aplicada em sala de aula e também perguntas específicas sobre o conteúdo trabalhado em sala de aula.

Figura 21 - Imagem dos alunos respondendo as perguntas do questionário via *Google Forms*



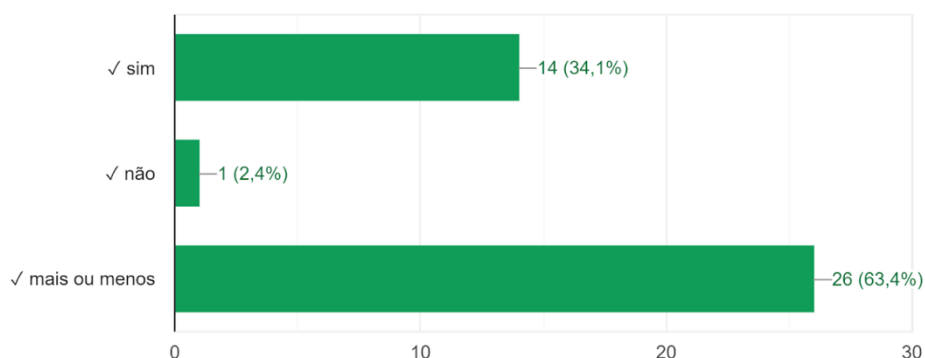
Fonte: Próprio autor (2021).

Na pergunta inicial do questionário, veja Gráfico 1, não houve surpresas, pois, a maioria dos nossos alunos tem dificuldade na disciplina, por acharem que se faz uso de muitos cálculos.

Gráfico 1 - Respostas dos alunos referentes a questão 1

1 Eu gosto da disciplina Física?

41 / 41 respostas corretas

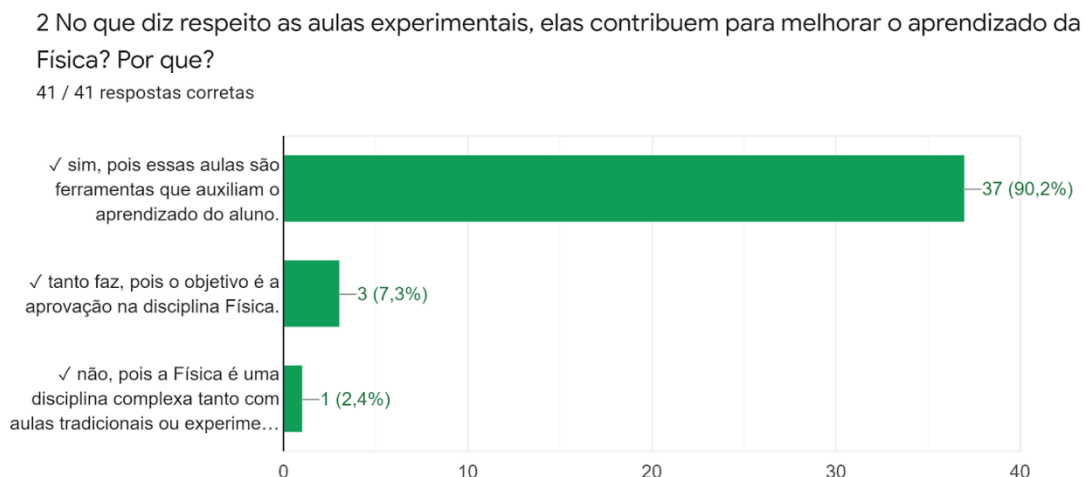


Fonte: Próprio autor e elaborado pelo *Google Forms*, (2021).

Quando trabalhamos a matéria de forma diversificada a ponto de ser interessante para o aluno, observamos, ainda pelo Gráfico 1, que o paradigma da “disciplina complicada” pode ser quebrado, haja vista do universo de 41 alunos 26 gostam “mais ou menos” da disciplina Física.

Para a segunda pergunta queríamos nos certificar que as atividades experimentais sustentam diversos benefícios no processo de aprendizagem. Logo constatamos que quando o aluno se faz parte principal do processo ensino aprendizagem, ele se acha valorizado e se dedica mais a aprender o conteúdo em questão, conforme mostra o Gráfico 2. E consoante um dos quatro pilares da educação que é o “aprender a fazer”, pois quando o aluno coloca em prática a habilidade cognitiva ele tem competência para fazer escolhas, resolver situações problemas e não aceitar somente os modelos pré-existentes.

Gráfico 2 - Respostas dos alunos referentes a questão 2



Fonte: Próprio autor e elaborado pelo *Google Forms*, (2021).

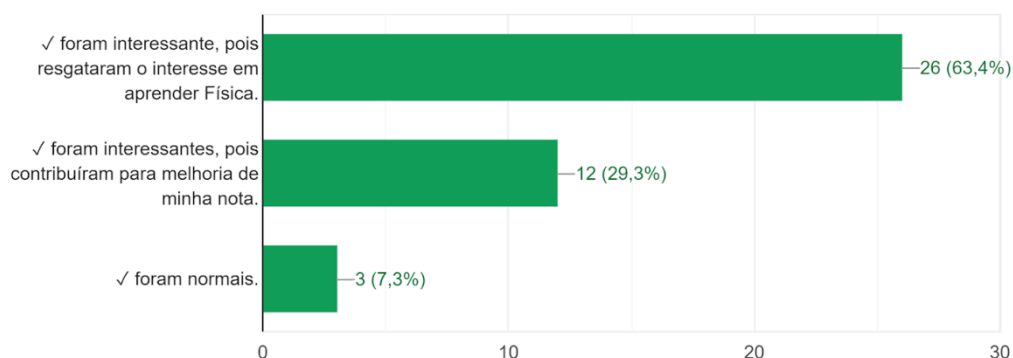
No Gráfico 2 está evidente que para um percentual de 90,2 % mostra que a cultura do aprender construindo, sendo protagonista e não somente figurante dentro do processo de aprendizagem, faz com que nosso aluno desenvolva habilidades que outrora pudera estar oculta ou até mesmo inexistente, pois pode ser que eles não sabiam que tinham, e se sabiam não externavam por falta de oportunidade.

A proposta de experimentação em Física dentro da prática de ensino adotada em nossa escola, desperta nos alunos um interesse maior em participar das aulas, uma vez que ele se sente inserido e não somente um espectador. Como nossas sequências didáticas foram desenvolvidas nessa turma durante os quatro bimestres, reservamos a terceira pergunta no questionário para observar o impacto que nossa prática poderia ter causado à turma. No Gráfico 3 podemos verificar que o retrospecto é bem positivo, mas que ainda assim houve três alunos (7,3 %) afirmam que tal prática pouco influenciou no aprendizado, ou seja, para eles essas aulas foram normais. Isso se deve a questão desses alunos possivelmente não gostar, ou ter pouco interesse na disciplina.

Gráfico 3 - Respostas dos alunos referentes a questão 3

3 Com relação as aulas experimentais que tivemos ao longo do ano letivo, qual a sua opinião?

41 / 41 respostas corretas



Fonte: Próprio autor e elaborado pelo *Google Forms*, (2021).

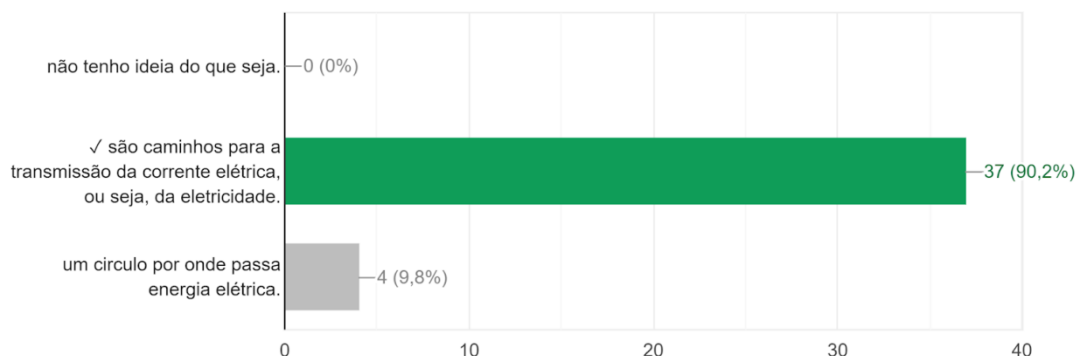
Para que nossa avaliação de desempenho não se resumisse somente a satisfação, a participação e atitudes dos alunos, nós inserimos seis questões sobre o conteúdo apresentado a fim de verificar se houve aprendizagem significativa, o que demonstra o caráter processual e o tempo todo, respeitando os conhecimentos prévios, a vontade de aprender e o material usado como sendo potencialmente significativo.

No Gráfico 4 temos um aproveitamento de 90,2 % para uma pergunta sobre a definição do que seja um circuito elétrico, e o que talvez seja de maior importância que é de que todos compreendem o que seja.

Gráfico 4 - Respostas dos alunos referentes a questão 4

4 Qual sua concepção sobre o que é um circuito elétrico?

37 / 41 respostas corretas



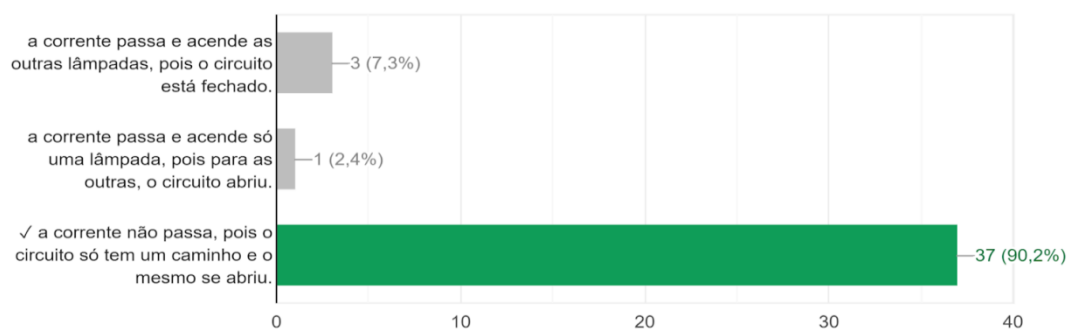
Fonte: Próprio autor e elaborado pelo *Google Forms*, (2021).

Já foi mencionado diversos aspectos de nossa prática pedagógica, como por exemplo, pesquisas exercícios individual e em grupo, exercícios desafios no quadro etc. O resultado de toda essa avaliação é demonstrado quando todos os alunos respondem corretamente à questão 5 do questionário (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Respostas dos alunos referentes a questão 5

5 Em um circuito em série com duas ou mais lâmpadas iguais e ligadas, o que acontece com a corrente elétrica se uma das lâmpadas queimar?

37 / 41 respostas corretas



Fonte: Próprio autor e elaborado pelo *Google Forms*, (2021).

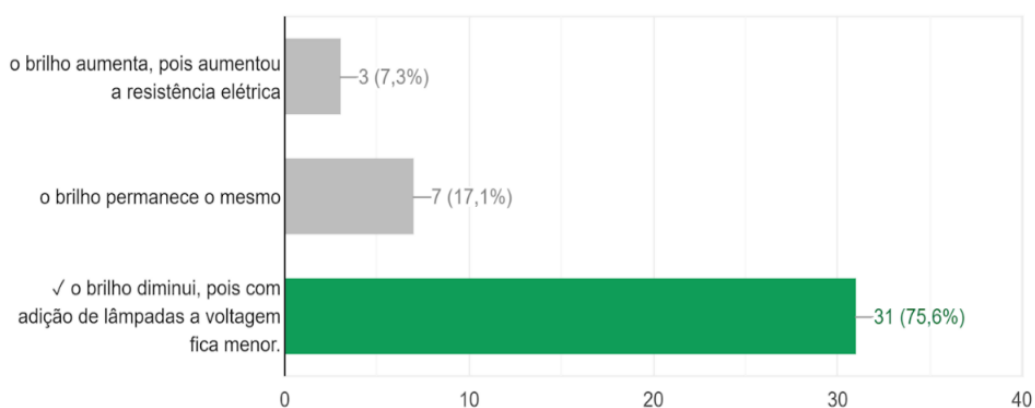
Para as perguntas 6 e 7 que se referem aos Gráficos 6 e 7, respectivamente, verificamos que o aprendizado foi satisfatório, pois os conteúdos de associação de resistores em série e em paralelo com aplicação

para lâmpadas, foram bem explorados e os resultados dos gráficos nos trazem tal certeza, visto que, os objetivos foram alcançados. Como diagnosticamos que houve 18,4 % (17,1 % + 7,3 %) e 17,1 % de erros nas questões 6 e 7, respectivamente, reforçamos esses tópicos para os alunos que estiveram dúvidas e conseqüentemente erraram as perguntas.

Gráfico 6 - Respostas dos alunos referentes a questão 6

6 Em um circuito em série com duas ou mais lâmpadas iguais e ligadas, o que acontece com o brilho das lâmpadas se adicionarmos outras lâmpadas?

31 / 41 respostas corretas

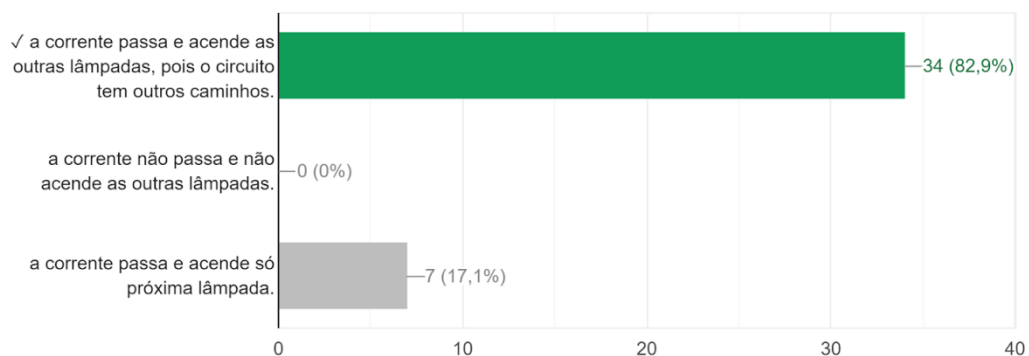


Fonte: Próprio autor e elaborado pelo *Google Forms*, (2021).

Gráfico 7 - Respostas dos alunos referentes a questão 7

7 Em um circuito em paralelo com duas ou mais lâmpadas ligadas, o que acontece com a corrente elétrica se uma das lâmpadas queimar?

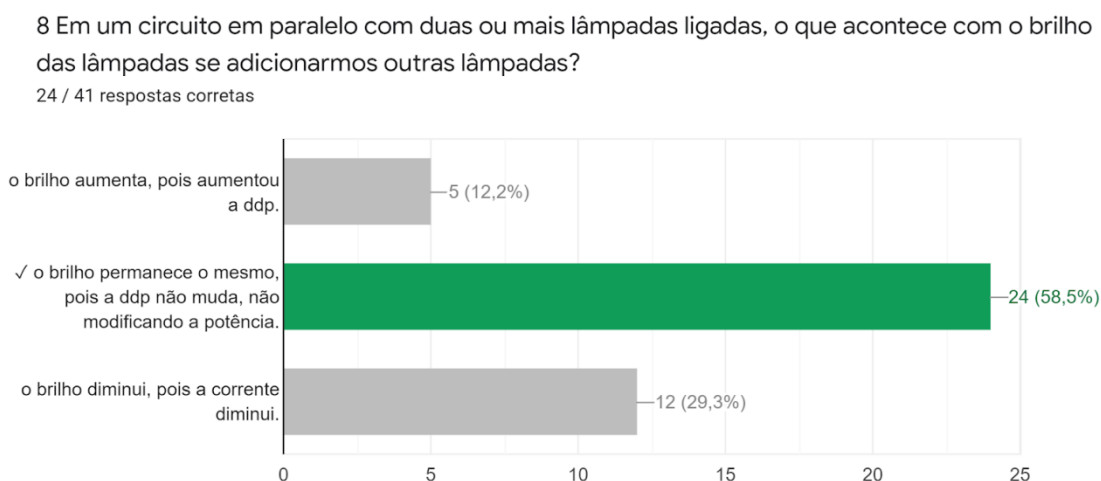
34 / 41 respostas corretas



Fonte: Próprio autor e elaborado pelo *Google Forms*, (2021).

Para a pergunta 8, conforme mostra o Gráfico 8, verifica-se que mesmo com as pesquisas realizadas sobre o brilho das lâmpadas, os alunos tiveram dúvidas ou não conseguiram aprender de forma significativa. De posse desses resultados reforçamos a análise do brilho das lâmpadas em um circuito em paralelo, uma vez que a porcentagem das respostas assertivas foi próxima de 50%. Pois, como o processo de aprendizagem é permanente e contínuo cabe ao professor orientar aqueles alunos que não absorveram os fenômenos físicos e reavaliá-los de forma recursiva, a fim de saber se houve o aprendizado.

Gráfico 8 - Respostas dos alunos referentes a questão 8



Fonte: Próprio autor e elaborado pelo *Google Forms*, (2021).

Como mencionado anteriormente, dentre as experiências elaboradas como trabalho a ser desenvolvido nessa turma, inserimos no circuito que estávamos estudando um interruptor de ligação em paralelo denominado *three way*, que é um conteúdo não estudado nos livros didáticos adotados pela escola, mas que é muito utilizado em instalações elétricas residenciais.

Figura 22 - Professor apresentando para os alunos a instalação de um interruptor *three way*



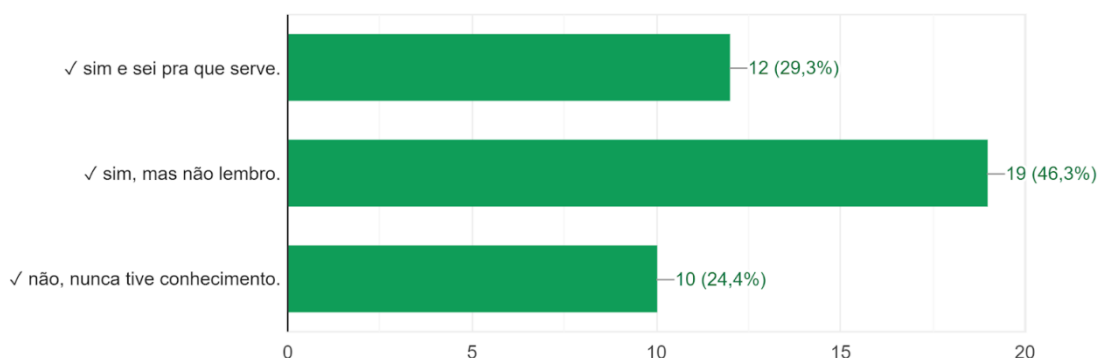
Fonte: Próprio autor (2021).

Nossa proposta nesse momento foi de aumentar a complexidade do conteúdo e retomar aspectos mais gerais. Desta forma, após identificarmos primeiramente que quase metade dos alunos não sabiam explicar o que é uma ligação *three way*, como mostra o Gráfico 9, elucidamos dúvidas sobre o que seja e sua aplicação durante o desenvolvimento do produto educacional. No final da aplicação dessa atividade permitimos que os alunos refizessem o experimento apresentado pelo professor e notoriamente foi observado o envolvimento de todos.

Gráfico 9 - Respostas dos alunos referentes a questão 9

9 você já tinha ouvido falar em ligação three way, antes da fala do professor de Física?

41 / 41 respostas corretas



Fonte: Próprio autor e elaborado pelo *Google Forms*, (2021).

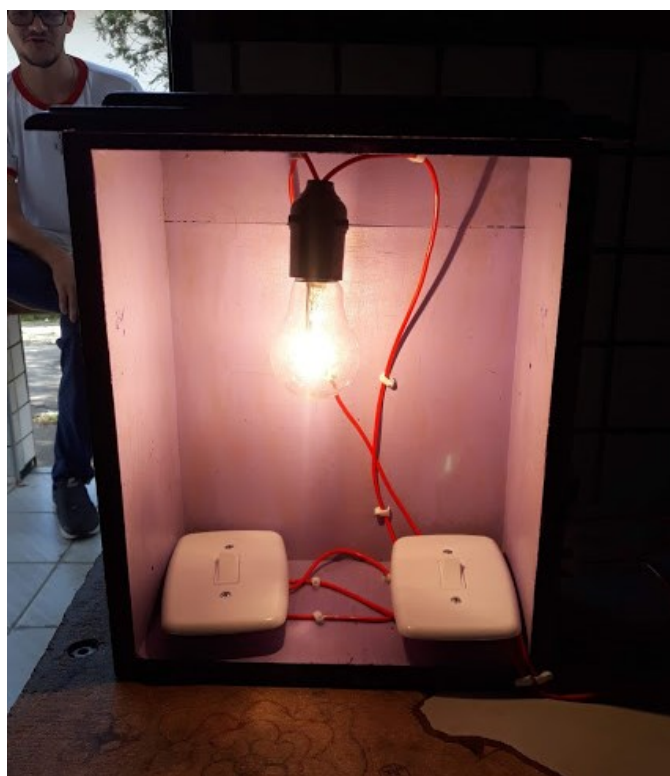
Para assegurar que de fato os alunos ampliaram significativamente seus conhecimentos, propusemos a eles que produzissem um experimento cujo conteúdo estivesse relacionado ao estudado nas duas sequências didáticas trabalhadas em sala de aula. A Figura 23 mostra o experimento de uma equipe que ilustra uma ligação de lâmpadas em série e a Figura 24 o de outra equipe que mostra um circuito *three way*. Na Figura 25 temos uma montagem completa dos circuitos apresentados desenvolvidos por outras equipes.

Figura 23 - Ligação de lâmpadas em série desenvolvida pelos alunos



Fonte: Próprio autor (2021).

Figura 24 - Circuito *three way* desenvolvido pelos alunos



Fonte: Próprio autor (2021).

Figura 25 - Fotos de dois experimentos apresentados pelos alunos



Fonte: Próprio autor (2021).

O Quadro 4, mostra todos os encontros que precisamos para aplicar nossas sequências didáticas propostas e as respectivas atividades desenvolvidas em cada encontro.

Quadro 4 - Data dos encontros presenciais e atividades realizadas durante a aplicação do produto educacional em 2019

Data dos Encontros	Atividade Realizada
08 de agosto	Introdução das atividades a serem trabalhadas
15 de agosto	Aula de corrente elétrica
21 de agosto	Aula de resistores elétricos.
22 de agosto	Aula de potência e energia elétrica.
05 de setembro	Aula sobre associação de resistores.
12 de setembro	Atividades
26 de setembro	Pesquisa sobre brilho das lâmpadas
09 de outubro	Experimento feito pelo professor.
20 de novembro	Atividades.
27 de novembro	Aplicação de questionário.
28 de novembro	Aplicação de questionário.
04 de dezembro	Demonstração do kit pelo professor.
10 de dezembro	Apresentação do kit experimental desenvolvido pelos alunos.

Fonte: Próprio autor (2021).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como professor de Física percebi que, em geral, os alunos se identificavam mais com a disciplina quando trabalhávamos com outras técnicas e não somente com aulas tradicionais expositivas no quadro como estratégia de ensino. Sempre que usávamos aulas experimentais a participação dos alunos era quase que unânime, ainda mais quando eles executavam as experiências, que de certa forma quebram o paradigma da aula tradicional. Neste trabalho fomos além ao fazermos uso de metodologias ativas como estratégia pedagógica para aprendizagem de circuitos elétricos numa turma de 3º ano do Ensino Médio através da proposta de duas sequências didáticas.

As duas sequências didáticas propostas nortearam a produção do produto educacional, que é um kit experimental composto por associação de lâmpadas ligadas em paralelo e em série acionadas por interruptores simples e em paralelo. O desenvolvimento desse kit aconteceu juntamente com a participação dos alunos e foi fundamentado nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, nas orientações para elaboração de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas de Marco Antônio Moreira e nos resultados de pesquisas sobre tipos de experimentação.

O interesse pela participação e o bom rendimento dos alunos em todas as etapas das UEPS, desde as pesquisas realizadas extraclasse, questionários, atividades de experimentação e exposição mostram a boa qualidade e aceitação de nossa prática pedagógica, o que nos possibilitou evidenciar indícios de aprendizagem significativa, pois apesar de os alunos estarem em um processo de formação, eles ampliaram seus conhecimentos ainda mais, conforme observado em suas respostas no questionário pós teste e na proposição de um aluno ao mencionar que: “Professor se os experimentos acontecessem antes eu aprenderia mais rápido do que primeiro um monte de teorias e fórmulas”.

Assim, concluímos que o produto educacional produzido através das sequências didáticas trabalhadas poderá contribuir para uma aprendizagem significativa, trazendo subsídios tanto para professores quanto para alunos no que tange à melhoria do Ensino de Física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, I. A. Conhecimento Formal, Experimentação e Estudo Ambiental. **Revista Ciência & Ensino**, n. 3, dez, 1997.

ARAUJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. A. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Interamericana Ltda, Rio de Janeiro, 1980. 625 p.

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

AXT, Rolando. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. **In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

BORGES, A. T. **O Papel do Laboratório de Ensino de Ciências**. In: MOREIRA, M. A. et al. (Orgs.). Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Porto Alegre, 1997.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.13, p.291-313, 2002.

CALÇADA, C. S.; SAMPAIO, J. L. **Física Clássica: Eletricidade**. 2 ed. 4ª. Reimpressão. São Paulo: Atual, 1998

CARVALHO, A. M. P. **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20, 2013.

CHASSOT, Á. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Injuí, 2003

CORTELAZZO, A. L.; FIALA, D. S.; PIVA JR, D. PANISSON, L.; RODRIGUES, M.R. **New Blended Learning**. Rio de Janeiro: Editora AltaBooks, 2018

DEMO, P. **Avaliação qualitativa**. 6 ed. Campina: Autores Associados, 1999.

FERRARO, N. G.; TORRES, C.M.A.; PENTEADO, P. C.M. **Física**. 1 ed. v. único. São Paulo: Moderna, 2012.

Freire, P. **Pedagogia da autonomia**. São Paulo: Paz e terra, 1993.

GIANI, K. **A experimentação no ensino de ciências**: possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa. Dissertação. Universidade de Brasília, Instituto de Física, Instituto de Química, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, 2010.

GIL, A. C. **Didática do ensino superior**. São Paulo: Atlas, 2006.

_____. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª edição, São Paulo. Atlas, 2002.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2010 vol 4;

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman. 2015. 790. p.

HODSON, D. **Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Enseñanza de las Ciencias**. v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HODSON, D. **Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion**. Journal of Curriculum Studies, v. 28, n. 2, 1996.

KRAEMER, M. E. P. **Avaliação da aprendizagem como construção do saber**. V Colóquio Internacional sobre Gestão Universitária na América do Sul, 20.

LIBÂNIO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994. 2ª edição

LIBARDI, D. M. **A UTILIZAÇÃO DE UM MATERIAL INSTRUCIONAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO PARA O ENSINO DO CONCEITO DE TEMPERATURA:** um estudo com alunos do ensino médio. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade federal do Espírito Santo. Santa Catarina, p. 18, 2014.

LÜDKE, Menga. ANDRE, Marli E.D.A. **A Pesquisa em educação:** abordagens qualitativas. 2 ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

MALHEIRO, J. M. S. **Panorama da Educação Fundamental e Média no Brasil:** o modelo da aprendizagem baseada em problemas como experiência na prática docente. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal do Pará, 2005.

MÁXIMO, Antonio & ALVARENGA, Beatriz. **Física:** Ensino Médio. São Paulo: Scipione, 1997

MENDONÇA, C. A. S. **O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais e Biologia.** Tese (Doutorado em Enseñanza de las Ciencias) – Departamento de Didácticas Específicas, Universidade de Burgos. Espanha, p. 348, 2012.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas- UEPS. **Aprendizagem significativa em revista / Meaningful Learning Review**, 1 (2), 2011

_____. **Teorias da Aprendizagem.** São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 2011a.

_____. **¿Al final qué es aprendizaje significativo?** Revista Currículum, La Laguna, 25: 29-56, 2012b

_____. **Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa.** Revista Chilena de Educación Científica, Chile, v. 7, n. 2, p. 23-30, 2008. Revisado em 2012c.

_____. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa.** Revisado em 2012d. Disponível em: www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf. Acesso em: 20 de mar. 2020.

_____. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**. 2011e. Disponível em: www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf. Acesso em: 12 de fev. 2020.

_____. **Grandes Desafios para o Ensino de Física na Educação Contemporânea**. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013. P.12 Disponível em: http://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEEnsinoFisica.pdf. Acesso em: 12 de dez. 2019.

_____.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

NEVES, M. S.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Repensando o papel do Trabalho Experimental, na Aprendizagem da Física, em sala de Aula – Um Estudo Exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 3, dez, 2006.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: Eletromagnetismo**. 1 ed. São Paulo: E. Blücher, 1997.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v.12, n. 1, p. 139-153, 2010.

PERRENOUD, P. **Avaliação: da excelência à regulação da aprendizagem: entre duas lógicas**. Porto Alegre: Artmed Editora, 1999.

Ramalho/Nicolau/Toledo. **Os Fundamentos da Física**. vol. 3, 10a. ed. São Paulo: Moderna, 2009.

RAMOS, L. da S.; ANTUNES, F.; SILVA, L. H. de A. Concepções de professores de Ciências sobre o ensino de Ciências. **Revista da SBEnBio**, n. 3, p. 1.666-1.674, 2010.

SÉRÉ, M. La Enseñanza em el Laboratorio, Qué podemos aprender em términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la Ciencia? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 357-368, 2002.

SILVA, M. F. da. **Eletricidade** / Marcelo Freitas da Silva. – Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria: Rede e-Tec Brasil, 2015. 116 p.: il. ; 28 cm. ISBN 978-85-63573-67-4

YOUNG, H. D. **Física III: Eletromagnetismo/Young e Freedman** [colaborador A. Lewis Ford], São Paulo, Addison Wesley, 2009.

ZABALA, A. **A prática Educativa: Como ensinar.** Artmed Editora. Porto Alegre, 1998.

APÊNDICE I: Produto Educacional

CIRCUITOS ELÉTRICOS DE ASSOCIAÇÃO COM LÂMPADAS

UM KIT EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DA ELETRODINÂMICA



Frank Herik Valente Silva

Produto Educacional

Mestrado Profissional em Ensino de Física

Autor:
Frank Herik Valente Silva

Orientador:
Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho

Capa:
Pedro Fontes

Figura da capa:
Frank Herik Valente Silva

São Luís - MA

2021

© Frank Herik Valente Silva e Edson Firmino Viana de Carvalho – 2021.

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Por favor, contate os autores caso constate que houve violação de seus direitos autorais. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

Apresentação

Prezados (as) professores (as),

Este material tem como proposta de ensino estudar e contextualizar os conceitos de alguns conteúdos em eletrodinâmica, como corrente elétrica, resistores, potência elétrica, energia elétrica e associação de resistores elétricos. Para isso elaboramos a construção de um experimento, que serve de melhoria quanto à sua didática, sendo que o mesmo foi baseado em associação de lâmpadas incandescentes em série, paralelo e mista, conteúdo geralmente abstrato e complexo para nossos alunos. O mesmo foi construído a partir de materiais de fácil acesso e com uma proposta metodológica que promove a participação ativa do nosso alunado.

Este material foi desenvolvido e aplicado no ambiente de sala de aula das turmas do 3º ano do ensino médio regular de uma escola pública do estado do Maranhão, tendo iniciadas suas atividades no segundo semestre. Este material além de ser didático tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Eletrodinâmica, em que o professor poderá utilizar como base pedagógica a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e na aprendizagem significativa de Marco Antônio Moreira.

Sugere-se ao docente que os experimentos devam ser executados em horários alternativos, pois verificamos que em sala de aula leva um tempo bem superior ao da carga horária de aulas semanais, pois o interessante é que os alunos possam interagir entre si trabalhando em pequenos grupos a fim de desenvolver a montagem experimental, compreendendo todos os fenômenos envolvidos.

Prof. Frank Herik Valente Silva

SUMÁRIO

1	A Teoria da Aprendizagem Significativa Aplicada ao Ensino de Física.....	6
1.1	Campo de estudo.....	6
1.2	Participantes da pesquisa.....	7
2	Conceitos de Eletrodinâmica para o Produto Educacional	8
2.1	Circuitos elétricos	8
2.2	Lâmpadas	8
2.2.1	Associação de lâmpadas em série	8
2.2.2	Associação de lâmpadas em paralelo	10
2.3	Dispositivos de segurança	11
2.4	Curto circuito	12
2.5	Interruptor three way	12
3	Desenvolvimento, Aplicação e Avaliação das Sequências Didáticas.....	18
3.1	Apresentação das sequências didáticas aos estudantes	23
3.2	Levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes	23
3.3	Construção e apresentação de experimentos	23
3.4	Avaliação da aprendizagem.....	25
4	Instrumento de Coleta de Dados.....	27
5	Detalhes da Aplicação das Sequências Didáticas	28
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
	APÊNDICE I: Questionário pós teste aplicado via <i>Google Forms</i>...	35
	APÊNDICE II: Resumo das sequências didáticas propostas.....	38

1 A Teoria da Aprendizagem Significativa Aplicada ao Ensino de Física

Este capítulo descreve a metodologia utilizada para o desenvolvimento, aplicação e avaliação dos resultados alcançados através de duas sequências didáticas envolvendo conteúdos de eletrodinâmica, feitas com base nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa e nas recomendações para elaboração de uma UEPS proposta por Moreira.

Para a verificação de evidências da ocorrência de aprendizagem significativa devido a aplicação das sequências didáticas propostas neste trabalho, foi utilizada uma abordagem qualitativa descritiva, visto que a sala de aula, ambiente de trabalho do autor desta dissertação, foi utilizada como fonte direta dos dados, em que a atenção maior foi voltada ao processo e não simplesmente aos resultados e ao produto, sendo o significado a preocupação essencial nessa abordagem.

Os dados obtidos da abordagem qualitativa através de um questionário aplicado foram organizados em tabelas e gráficos, e os dados estatísticos usados para enfoque exclusivamente descritivo e interpretativo.

Lüdke e André (2013) definem que quando a abordagem de uma pesquisa é qualitativa, o pesquisador coleta e transforma dados ao mesmo tempo que investiga, interpretando os significados que os indivíduos investigados atribuem às suas ações na convivência social, incluindo o próprio pesquisador.

1.1 Campo de estudo

A aplicação das sequências didáticas propostas foi realizada no tempo destinado às aulas de Física em uma turma do terceiro ano do ensino médio, turno matutino de uma escola pública estadual de ensino fundamental e médio denominada Centro de Ensino Estado do Rio Grande do Norte (CEERGN), localizada no bairro Conjunto Radional, no município de São Luís – Maranhão, que atende, em sua maioria, estudantes de bairros adjacentes.

Essa escola possui uma comunidade que apresenta um bom convívio social, em que casos de riscos são raros, além do mais, pelo fato dela oferecer

ensino fundamental, a maioria dos estudantes que frequenta o ensino médio, já era da escola, o que contribui para o baixo índice de evasão escolar. É importante observar que, desde 2012, por iniciativa do autor deste trabalho, ocorre uma **Mostra Científica** que envolve a apresentação de experimentos referentes a conteúdo de Física do terceiro ano do ensino médio. Esse trabalho é executado em sala de aula durante todo o ano e exposto para toda comunidade escolar em uma data estabelecida em comum acordo com a direção da escola.

O CEERGN apresenta as seguintes médias obtidas no Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM) de 2018: **Redação: 459, Linguagens e Códigos: 497, Ciências Humanas: 535, Matemática: 488, e Ciências da Natureza: 451.** Esses números estão abaixo da expectativa almejada e este baixo desempenho atingido é um indicativo que existem fatores que influenciam negativamente no processo de ensino e aprendizagem. Assim, para atender as especificidades dos estudantes dessa escola, as sequências didáticas propostas neste trabalho foram elaboradas respeitando as limitações apresentadas por eles.

1.2 Participantes da pesquisa

As sequências didáticas foram aplicadas em uma turma formada por 42 (quarenta e dois) estudantes, sendo 21 (vinte e um) meninas e 21 (vinte e um) meninos. A faixa etária da maioria dos estudantes é de 17 anos. Essa turma foi escolhida dentro de um universo de quatro turmas, o que permitiu o desenvolvimento das atividades relacionadas de forma mais eficiente, em um tempo relativamente curto da hora-aula (50 minutos).

Antes de ser iniciada a implantação das sequências didáticas foi solicitada anuência da coordenação da escola para que as intervenções necessárias fossem realizadas (Anexo I).

2 Conceitos de Eletrodinâmica para o Produto Educacional

2.1 Circuitos elétricos

Denominamos circuito elétrico ao conjunto de aparelhos com os quais se pode estabelecer uma corrente elétrica.

Segundo (HEWITT, 2015), qualquer caminho por onde os elétrons possam fluir é chamado de um circuito elétrico.

De acordo com Young (2009, p. 135):

Um circuito elétrico fornece, basicamente, um caminho para transferir energia de um local para outro. À medida que as partículas carregadas fluem através do circuito, a energia potencial elétrica é transferida de uma fonte (tal como uma bateria ou um gerador) até um dispositivo no qual essa energia é armazenada ou então convertida em outras formas de energia: em som de um sistema estéreo, em calor de uma torradeira ou em luz de uma lâmpada.

De acordo com (HEWITT, 2015, p. 441): A maior parte dos circuitos possui mais do que um dispositivo que recebe energia elétrica. Esses dispositivos em geral são conectados a um circuito de uma entre duas maneiras possíveis, ou em série ou em paralelo.

2.2 Lâmpadas

Os experimentos realizados nesse produto educacional foram todos com lâmpadas incandescentes. Sugerimos que façam o mesmo.

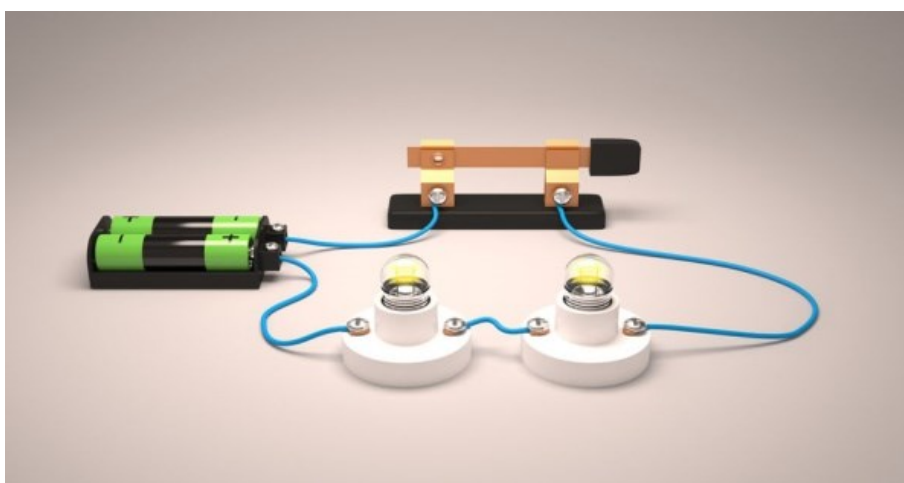
O brilho de uma lâmpada incandescente está relacionado com a potência elétrica que a envolve. Isso é verificado quando comparamos uma lâmpada de 120 W brilhando mais do que uma de 60 W. Porém a maior parte dessa potência é dissipada sob a forma de calor e não de luz.

2.2.1 Associação de lâmpadas em série

Associar lâmpadas em um circuito elétrico em série significa colocá-las a disposição uma após a outra formando uma única passagem por onde os

elétrons possam fluir. As lâmpadas são ligadas a uma fonte de tensão, como exemplo, uma bateria. A chave tem a função de abrir¹ e fechar o circuito, de tal forma que, quando a chave é fechada a corrente elétrica imediatamente percorre as lâmpadas e a bateria também. Quanto maior for a quantidade de corrente elétrica fornecida a uma lâmpada, o seu brilho também será mais intenso. Quando a chave é aberta, ou seja, o circuito é aberto ocorre uma interrupção na passagem da corrente. O mesmo acontece quando o filamento de uma lâmpada queimar.

Figura 1 - Circuito elétrico em série



Fonte: Disponível em: <https://blog.multcomercial.com.br/circuito-eletrico-tudo-que-voce-precisa-saber/>, (2021).

As características do circuito elétrico da Figura 1 de associação de lâmpadas em série são as seguintes:

- A diferença de potencial total fornecida pela fonte é igual à soma das diferenças de potencial individual em cada dispositivo;
- A corrente elétrica é a mesma em cada dispositivo, pois percorre um só caminho ao longo do circuito;
- A resistência equivalente de um circuito em série, é determinada pela soma das resistências individuais;

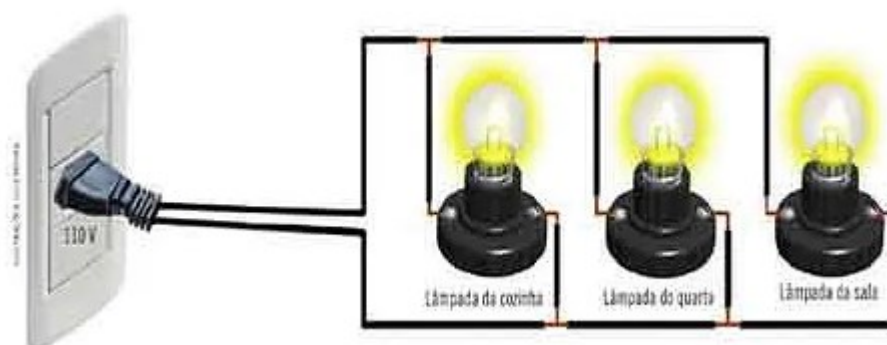
¹ Abrir: o termo abrir significa dizer que a corrente elétrica que passa pelos componentes do circuito elétrico é interrompida.

- A corrente elétrica no circuito é igual à tensão fornecida pela fonte dividida pela resistência total do circuito. Em conformidade com a lei de Ohm.

2.2.2 Associação de lâmpadas em paralelo

Associar lâmpadas em um circuito elétrico em paralelo significa colocá-las conectadas aos dois pontos A e B conforme mostra a Figura 2. Os dispositivos elétricos conectados a esses dois pontos, no caso as lâmpadas, são ditas em paralelo quando percorrem mais de um caminho e a corrente elétrica tem tantos caminhos para fluir quantos forem os números de lâmpadas. Nesse tipo de ligação quando ocorre a interrupção da passagem da corrente por uma das lâmpadas não impede o fluxo de carga que passam pelos outros caminhos.

Figura 2 - circuito elétrico em paralelo



Fonte: Disponível em: <https://planetabiologia.com/associacao-de-resistores-mista-em-paralelo-e-em-serie/>, (2021).

As características do circuito elétrico da Figura 2 de associação de lâmpadas em paralelo são as seguintes:

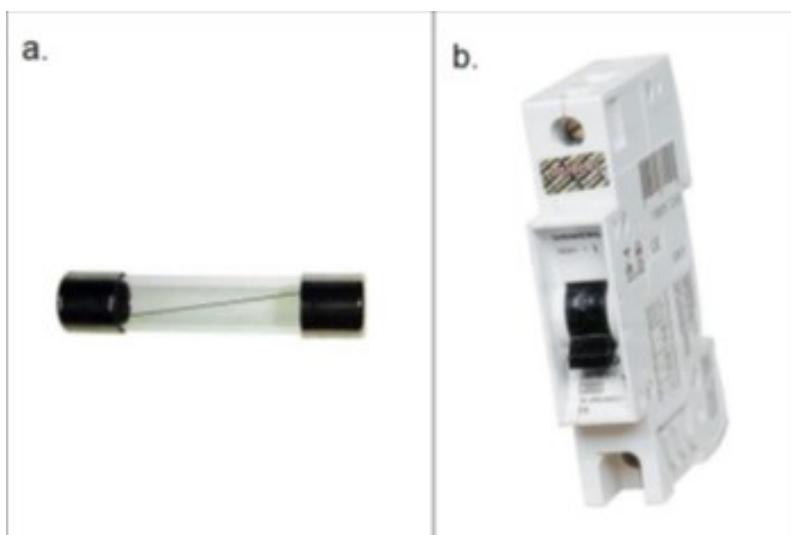
- As lâmpadas ou os dispositivos são conectadas aos pontos A e B, cada uma, logo a diferença de potencial fornecida pela fonte é igual em cada uma das lâmpadas ou dispositivos;
- A corrente elétrica total que percorre o circuito fica dividida entre os vários ramos ou caminhos paralelos. A lei de Ohm se aplica separadamente à cada ramo;

- A corrente elétrica total é a soma das correntes em cada lâmpada ou dispositivo, pois percorre vários caminhos ao longo do circuito. Esta soma é igual à corrente da bateria ou de outra fonte de tensão que alimenta o circuito.

2.3 Dispositivos de segurança

Em circuitos elétricos é bastante comum o uso de dispositivos de segurança, pois atuam no sentido de proteger os aparelhos quando por eles passarem um fluxo de corrente com intensidade maior do que o circuito suporta. Os fusíveis e os disjuntores são exemplos de dispositivos de segurança mais usados e mais conhecidos (Figura 3).

Figura 3 - Dispositivos de segurança elétrica residencial



Legenda: a) Fusível, b) disjuntor. Fonte: Próprio autor (2021).

Segundo Ferraro; Torres; Penteadó (2012), os fusíveis permitem limitar a intensidade de corrente que atravessará determinado trecho de circuito que se deseja proteger. Naquele trecho do circuito, os fusíveis são instalados em série.

Ramalho Junior (2009) diz que o fusível deve ser colocado em série com os aparelhos do circuito, de modo que, ao ocorrer a fusão de seu condutor, haja interrupção da passagem da corrente elétrica. Deste jeito os aparelhos não sofreriam nenhum dano ao ser atravessados por correntes de intensidade elevada.

Quando se trata de instalações elétricas residenciais, edifícios e industriais, os fusíveis são substituídos por disjuntores na maioria das vezes. Pois, diferente dos fusíveis que quando o filamento condutor se rompe tem que ser trocado, os disjuntores não tem a necessidade de substituí-lo por um novo. Uma vez corrigido o problema o disjuntor pode ser religado.

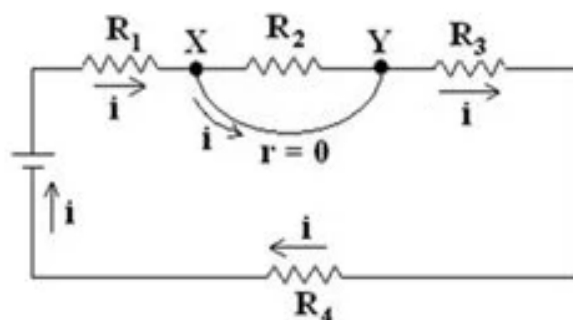
O disjuntor nada mais é que uma chave magnética que se desliga, ou se dispara, quando a intensidade da corrente ultrapassa determinado valor.

2.4 Curto circuito

Muitas vezes escutamos falar em incêndios provocados por um curto-circuito em uma rede de instalação elétrica. No entanto, faz-se necessário descobrir e entender como ocorre esse fenômeno.

Dizemos que, entre dois pontos de um circuito elétrico, ocorre um curto-circuito quando é conectado um resistor sem resistência elétrica ou com resistência desprezível. Nessa situação os pontos que antes tinham uma ddp passam a ter ddp praticamente nula. A ilustração da Figura 4 mostra tal comportamento.

Figura 4 - Pontos A e B com mesmo potencial ligados por um fio de resistência desprezível



Fonte: Disponível em: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/eletromagnetismo/associacao-de-resistores.html>, (2021).

2.5 Interruptor three way

Os interruptores são também conhecidos como dispositivos de controle de segurança. Na Física sua função básica é ligar ou desligar um determinado

circuito elétrico quando acionada a chave, desta forma ele permite ou não a circulação de energia elétrica, ou seja, sua principal função é interromper a passagem da energia elétrica.

Para Silva (2015) os interruptores simples são utilizados em motores de baixa potência:

Estes elementos de controle são mais utilizados e difundidos, devido a sua simplicidade e confiabilidade. Usualmente são empregados no controle de cargas de pequenas potências, entretanto é possível encontrar estes dispositivos dimensionados apropriadamente para cargas trifásicas e de média potência. (SILVA. 2015, p, 91).

Existem vários tipos de interruptores como, por exemplo, simples, duplo, paralelo também conhecido como *three way* e interruptor intermediário como o *four-way*. Em nosso trabalho, estudamos somente o simples, o duplo e o *three way*.

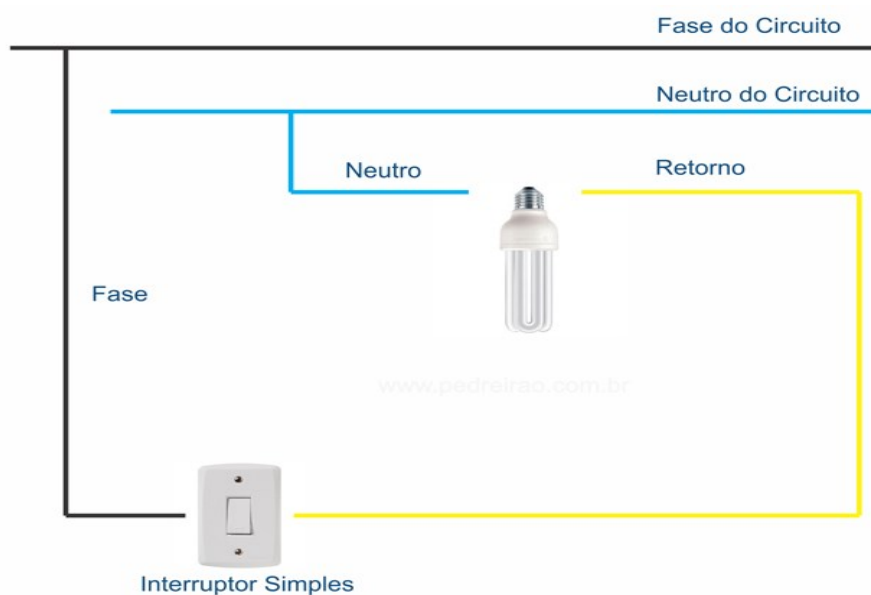
O interruptor simples é o que possui o tipo de ligação interna com apenas uma seção (Figura 5), por isso sua denominação. Com o interruptor simples é possível acionar uma única lâmpada ou conjunto de lâmpadas, este tipo de interruptor é usado em áreas pequenas como banheiros e quartos.

Figura 5 - Interruptor simples



Fonte: Próprio autor (2021).

A Figura 6 mostra o layout de instalação de uma lâmpada a partir de um interruptor simples, em que podemos observar a ligação correta dos condutores fase, neutro e retorno.

Figura 6 - Instalação de um interruptor simples

ABNT NBR 5410:2004 VC2008

Fonte: Disponível em: <https://pedreiro.com.br/interruptores-simples-duplo-e-three-way-passo-a-passo/>, (2021).

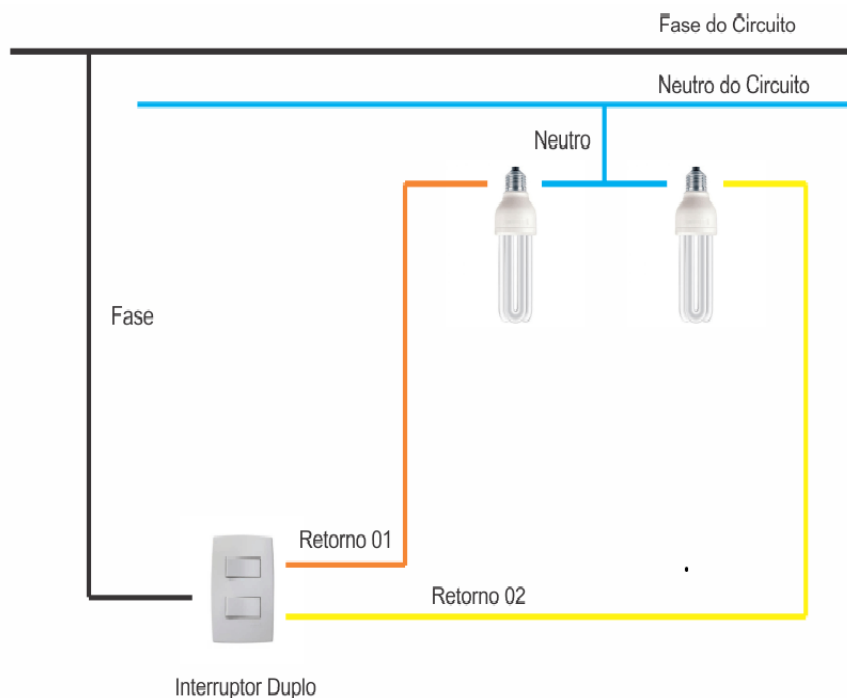
Já o interruptor duplo (Figura 7) é indicado para ambientes maiores, geralmente tem somente uma porta de acesso, com isso pode ter iluminação separada e é muito utilizado em salas de aula de escolas, áreas externas e outras. Esse interruptor torna possível acionar duas lâmpadas ou conjunto de lâmpadas em momentos diferentes, ou seja, cada tecla do interruptor é responsável por acender e apagar uma lâmpada ou conjunto de lâmpadas diferentes, pois os condutores de retorno encontram-se separados.

Figura 7 - Interruptor duplo

Fonte: Próprio autor (2021).

A Figura 8 mostra uma instalação de um interruptor duplo associado a duas lâmpadas.

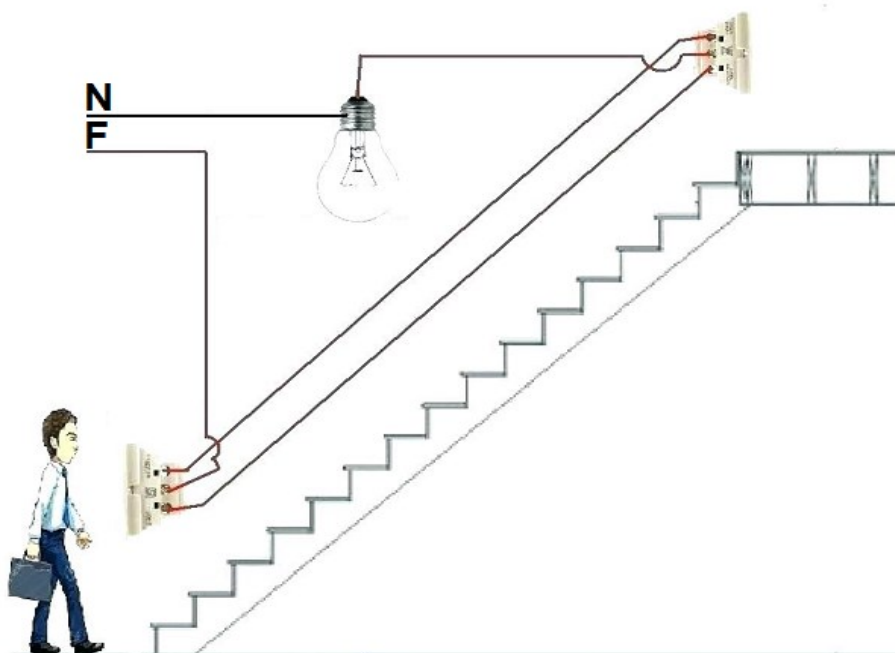
Figura 8 - Instalação elétrica de um Interruptor duplo



Fonte: Disponível em: <https://pedreiro.com.br/interruptores-simples-duplo-e-three-way-passo-a-passo/>, (2021).

Existe também a possibilidade de acionar um ponto de iluminação de dois lugares distintos, para isso basta utilizar um interruptor *three way* que se trata de um interruptor ligado em paralelo. O interruptor *three way* é muito usado em corredores e escadas, é indicado também para grandes ambientes como salas conjugadas como estar, jantar e nos quartos, pois nos dar a comodidade de poder ligar/desligar em cada extremidade do ambiente. Na Figura 9 vemos a aplicação do interruptor *three way* em uma casa com dois compartimentos e uma escada.

Figura 9 - Ilustração de uma ligação three way



Fonte: Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-interruptor-paralelo-three-way>, (2021).

Já sabemos que o interruptor *three way* é uma ligação paralela, conteúdo da eletrodinâmica, dentro da associação de resistores em paralelo, mas apesar do termo interruptor paralelo, ele recebe essa definição porque são conectados dois cabos ao interruptor, de forma com que fique um cabo paralelo ao outro, mas não se caracteriza um circuito ou ligação paralela, pois estes dois cabos não possuem dois pontos em comum e a corrente não se divide entre os cabos. O interruptor para a ligação *three way* deve ser obrigatoriamente de 03 pinos, conforme mostra Figura 10, e a forma de instalação tem que obedecer às normas específicas. Na Figura 11, podemos observar que o condutor fase e o retorno são ligados no pino do meio dos interruptores paralelos. Nunca o condutor fase deve chegar no ponto de luz, pois o motivo é evitar choque ao fazer a substituição de uma lâmpada. O condutor fase é sempre ligado no interruptor.

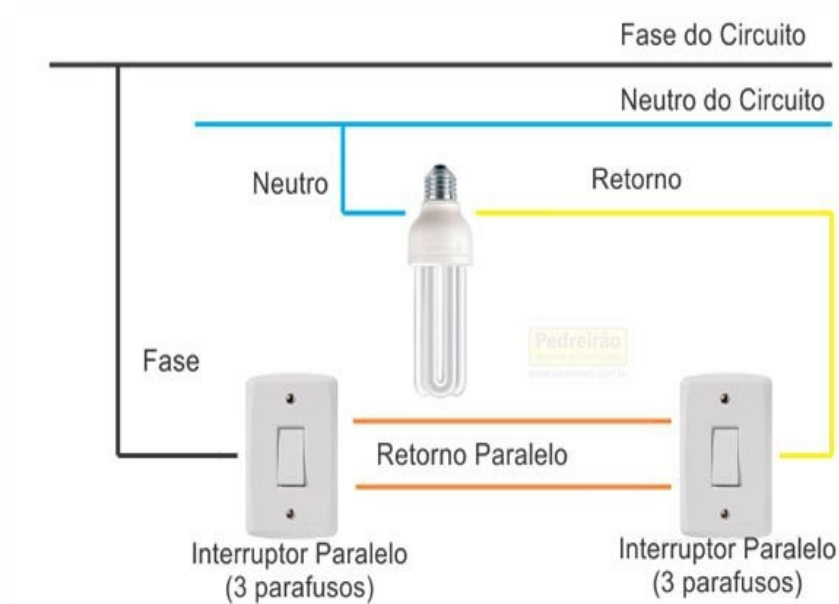
Figura 10 - Vista traseira de interruptor three way



Fonte: Silva (2015).

Na Figura 11 temos o modelo de instalação de uma ligação com interruptor paralelo ou interruptor *three way*.

Figura 11 -Instalação de interruptor *three way*



Fonte: Disponível em: <https://pedreira.com.br/interruptores-simples-duplo-e-three-way-passo-a-passo/>, (2021).

3 Desenvolvimento, Aplicação e Avaliação das Sequências Didáticas

Uma técnica de ensino muito usada para a absorção de um conteúdo ou de um conjunto de conteúdos é a sequência didática, é onde o professor através dos objetivos que pretende alcançar com seus alunos, vai organizar de forma sistêmica uma série de atividades para atingir a aprendizagem dos conteúdos selecionados para uma determinada unidade didática.

Sequências didáticas são:

Um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos. (ZABALA, p 18, 1998).

Assim podemos verificar que a sequência didática tem como seu princípio um conjunto de atividades entrelaçadas a um conteúdo, e tem como finalidade o aprendizado dos alunos, sempre focado nos objetivos já definidos no planejamento. Vale aqui ressaltar a importância de um bom planejar para que o professor consiga se organizar e se orientar em relação aos discentes. A partir desse conceito, esperamos que os alunos tenham uma aprendizagem significativa com essas atividades propostas, sendo a aprendizagem o alvo final e não o ensino.

De acordo com Zabala (1998, p. 21), em primeiro lugar, encontramos um referencial que está ligado ao sentido e ao papel da educação, sendo responsáveis para responder as duas perguntas chave: “Para que educar? Para que ensinar?”, denominadas pelo autor como perguntas capitais que justificam a prática educativa. Esse seria o ponto de partida para a organização do trabalho pedagógico de maneira reflexiva.

Na sequência didática que elaboramos o tema escolhido para esse trabalho foi o de Eletrodinâmica, que pode ser trabalhado somente um conteúdo, porém decidimos trabalhar vários conteúdos dentro da Eletrodinâmica, aproveitando assim os conhecimentos prévios dos alunos.

Após a definição do conteúdo, escolhe-se o modelo de sequência didática a ser utilizada, levando-se em consideração os objetivos que o professor pretende alcançar. Neste caso a sequência didática escolhida tem uma

correlação com a sequência sugerida ou proposta por Moreira, uma vez que ela tem seu tópico específico bem definido e preciso, é levado em conta os conhecimentos prévios dos alunos, através de questionários, redações e pesquisas. Essa sequência apresenta situações problemas para o aluno, aonde o mesmo é sujeito ativo, pois participa de suas etapas, fazendo com que o alunado tenha um progresso em seu conhecimento cognitivo, e por fim esta sequência didática está alinhada com a sequência proposta por Moreira, quando verificamos o bom desempenho do aluno através da avaliação da aprendizagem e da construção do conhecimento feito exclusivamente por eles, pois os mesmos tiveram capacidade de produzirem e aplicarem seus experimentos e responderam de forma precisa os questionários a eles aplicados.

Tanto o desenvolvimento como a aplicação das sequências didáticas, objeto desta investigação, foram fundamentados na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e nos princípios das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, propostos por Moreira, e tem como objetivo principal potencializar a aprendizagem significativa de conteúdos de eletrodinâmica. Esquemas gerais dessas sequências didáticas são mostrados nas Quadros 1 e 2, que expõem etapas, atividades, tempo previsto e objetivo de cada item destacado.

Quadro 1 - Sequência didática I

Disciplina: Física
Período: Dois meses.
Número de encontros: 10 encontros com 12 horas-aula.
Tema gerador: Eletrodinâmica – 3º ano do ensino médio
Subtemas: Corrente Elétrica, Resistores, Potência Elétrica e Energia Elétrica.
Objetivos
• Comentar sobre conteúdos de eletrostática;
• Descrever o conceito de corrente elétrica e seus efeitos;
• Reconhecer os tipos de corrente elétrica;
• Relacionar a lei de ohm e os seus efeitos nos circuitos elétricos;
• Definir potência elétrica e relacioná-la com outros tipos de potência;

<ul style="list-style-type: none"> • Definir energia elétrica;
<ul style="list-style-type: none"> • Inferir sobre o cálculo e redução do consumo de energia elétrica;
<ul style="list-style-type: none"> • Produzir circuitos elétricos usando o efeito químico;
<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisar os fenômenos referentes aos efeitos de corrente elétrica.
<p>Estrutura das aulas</p>
<p>1ª parte (duas horas-aula)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informação sobre a aplicação das sequências didáticas e seus objetivos; Solicitação de resumos sobre conteúdos de eletrostática, visando o levantamento de conhecimentos prévios; • Discussão dos conteúdos apresentados nos resumos e outros, complementados pelo professor; Solicitação de um trabalho escrito individual sobre os efeitos da corrente.
<p>2ª parte (cinco horas-aula)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entrega e correção de trabalhos; • Ministração de aula expositiva sobre corrente elétrica e discussão; Ministração de aulas expositivas de resistores, potência e energia elétrica e discussão; • Solicitação de um trabalho escrito individual sobre quais os elementos que constam na conta de energia elétrica e como é feito os cálculos do valor dela.
<p>3ª parte (duas horas-aula)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de experimentos simples utilizando material de fácil acesso e baixo custo para exemplificar a passagem de corrente elétrica – efeito químico; • Apresentação em sala de aula dos experimentos e discussão sobre os conteúdos envolvidos.
<p>Estratégias de Avaliação</p>
<p>Conceitual:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar discussão diagnóstica sobre conhecimentos prévios; • Realizar discussões sobre os assuntos vistos; • Realizar avaliação com perguntas abertas para verificar se ocorreu a aprendizagem dos conceitos das aulas.

<p>Procedimental:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aula prática construindo circuitos elétricos envolvendo o efeito químico, apresentação e discussão.
<p>Atitudinal:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fazer pesquisas bibliográficas sobre corrente elétrica e efeitos da corrente elétrica para posterior discussão em aulas.
<p>Referência:</p> <p>Kazuhito, Yamamoto e FUKU, Luís Felipe. Física para o ensino médio. v. 3, 4 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2017.</p>

Fonte: Próprio autor (2021).

Quadro 2 - Sequência didática II

Disciplina: Física
Período: outubro, novembro e dezembro.
Número de Encontros: 10 encontros com 16 horas- aula.
Tema gerador: Eletrodinâmica – 3º ano do ensino médio
Subtemas: Associação de Resistores em Série, Paralelo e Mista.
Objetivos
<ul style="list-style-type: none"> • Descrever a aplicação das leis de Ohm nos circuitos elétricos; • Conhecer quando um circuito elétrico é produzido por uma ligação em série e ou paralelo e ou mista; • Construir uma montagem experimental de um circuito elétrico com lâmpadas ligadas em série e em paralelo; • Construir uma montagem experimental de um circuito elétrico <i>three way</i>; • Pesquisar o que é uma ligação <i>three way</i> e sua importância dentro das construções elétricas, e sobre o brilho das lâmpadas nos circuitos elétricos em série e em paralelo.
Estrutura da aula
1ª parte (seis horas-aula)
<ul style="list-style-type: none"> • Ministração de aula expositiva sobre associação de resistores em série e em paralelo, e discussão; • Resolução de exercícios abertos;

- Solicitação de um trabalho escrito individual sobre ligação *three way* e sobre o brilho das lâmpadas em circuitos elétricos em série e em paralelo. Revisão de conteúdo.

2ª parte (três horas-aula)

- Entrega e correção de trabalhos;
- Aula experimental com demonstração de circuito misto (em série e em paralelo);
- Informação sobre um questionário que deverá ser aplicado contendo questões envolvendo conteúdo das duas sequências didáticas;
- Divisão das equipes para a construção de experimentos.

3ª parte (sete horas-aula)

- Discussão sobre a construção, pelos estudantes, de experimentos contendo circuitos elétricos em série e em paralelo, e *three way*;
- Aplicação do questionário na forma online; Verificação e discussão dos resultados dos questionários;
- Ministração de aula expositiva sobre associação de resistores em série e em paralelo, e *three way* (kit desenvolvido pelo professor);
- Discussão e exposição dos experimentos produzidos pelos alunos para a turma.

Estratégias de Avaliação

Conceitual:

- Realizar discussões sobre os assuntos vistos;
- Realizar avaliação com perguntas abertas para verificar se ocorreu a aprendizagem dos conceitos das aulas;
- Aplicar um questionário com perguntas prontas (fechadas) contendo todos os conteúdos das sequências didáticas.

Procedimental:

- Aulas práticas de demonstração com a utilização de kits experimentais desenvolvidos pelo professor;
- Exposição de experimentos desenvolvidos pelos estudantes em equipe, para a turma.

Atitudinal:

- Fazer pesquisas bibliográficas sobre o brilho das lâmpadas em circuitos em série e em paralelo, e *three way*;
- Fazer pesquisa sobre a construção de circuitos elétricos.

Referência:

Kazuhito, Yamamoto e FUKU, Luís Felipe. **Física para o ensino médio**. v. 3, 4 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2017.

Fonte: Próprio autor (2021).

3.1 Apresentação das sequências didáticas aos estudantes

Na aula introdutória – na primeira sequência didática – foi informado à turma sobre a utilização das sequências didáticas e seus objetivos. Para esse momento buscamos motivar a participação ativa dos estudantes nas atividades futuras e estimular o interesse dos estudantes pelo conteúdo a ser aprendido, e que serão comunicados por meio dessa metodologia.

3.2 Levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes

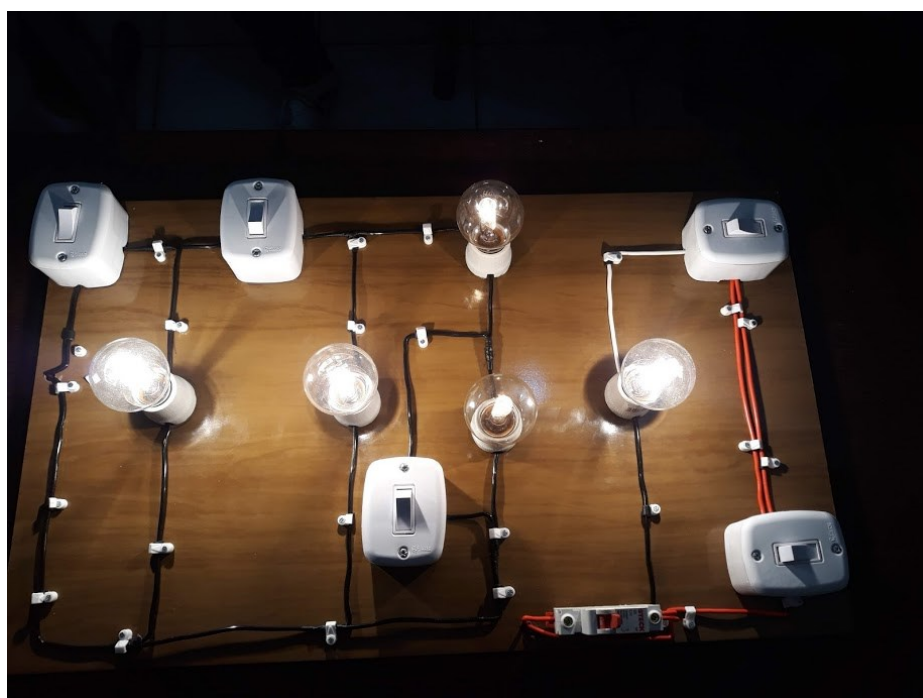
A TAS prever que os conhecimentos prévios dos estudantes são os requisitos mais importantes, inicialmente, para que ocorra a aprendizagem significativa. Durante a aula inaugural da primeira sequência foi solicitado aos estudantes que externalizassem seus conhecimentos prévios sobre eletrostática por meio de um resumo, a fim de verificarmos quais conteúdos os alunos conseguiram aprender e assim reforçarmos aquilo que ficou vago em seu cognitivo. Esse instrumento serviu também para compor a avaliação de desempenho dos estudantes bem como da sequência didática.

3.3 Construção e apresentação de experimentos

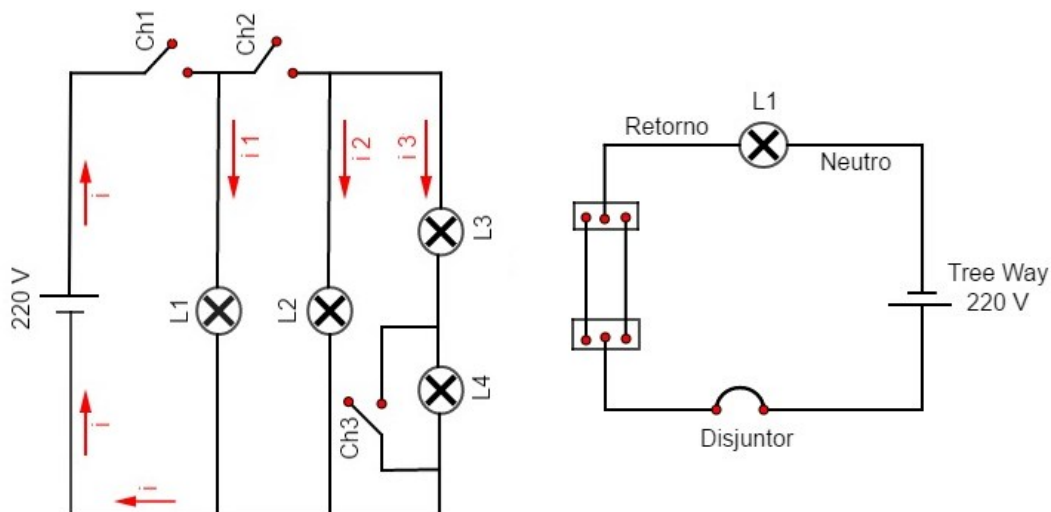
O professor fez uso de demonstrações experimentais, utilizando um kit experimental, inicialmente com lâmpadas incandescentes em série e paralelo, criado pelo professor e disponível na sala de laboratório da escola, e posteriormente experimentos construído por eles, para abordar conceitos sobre

circuitos elétricos visando dinamizar e contextualizar a sua prática pedagógica, nas quais pôde-se relacionar conceitos tidos como abstratos e sem significado, a um objeto físico, permitindo aos estudantes a visualização direta de fenômenos. A Figura 12, mostra o experimento apresentado pelo professor e a Figura 13, o *layout* com a análise sistemática feita para compreensão de uma instalação elétrica com interruptor *three way*.

Figura 12 - Circuito desenvolvido pelos alunos para análise de uma instalação elétrica residencial



Fonte: Próprio autor (2021).

Figura 13 - Layout do circuito elétrico desenvolvido pelos alunos

Fonte: Próprio autor (2021).

Para aprimorar a participação dos estudantes, foi solicitado que se dividissem em grupos de cinco a seis integrantes e que criassem e desenvolvessem seus experimentos. Nessas atividades, os estudantes foram incentivados a fazerem pesquisas bibliográficas, e tiveram orientação para a construção e manipulação dada pelo professor. Esses experimentos foram posteriormente expostos em sala de aula/escola para toda a turma.

A exposição dos experimentos foi necessária para provocar a externalização de conhecimento por integrantes de grupos e o professor usando o potencial desta prática pedagógica para facilitar a diferenciação progressiva e ou reconciliação integrativa.

3.4 Avaliação da aprendizagem

Foram realizadas avaliações individuais tradicionais mensais, bimestrais e atividades avaliativas. Além disso, no final da aplicação da segunda sequência didática, foi aplicada uma avaliação individual (questionário final) composta por questões de múltipla escolha com apenas uma opção correta. Todas essas avaliações foram utilizadas para investigar como os conceitos relacionados aos conteúdos abordados ao longo das sequências didáticas iam sendo assimilados.

Para compor uma nota dessas avaliações, a cada questão correta foi atribuído um ponto e, para questões incorretas ou em branco, nenhum ponto. A

rede estadual de educação do Maranhão estabelece como critério mínimo 60 % de aproveitamento nas avaliações para obter aprovação.

Os estudantes também foram avaliados por meio dos instrumentos: resumo (investigativo dos conhecimentos prévios), produção e apresentação de experimentos, bem como exercícios no quadro e desafios “perguntas e respostas”.

A análise dos resumos foi realizada por meio de uma leitura de verificação dos escritos, sendo imputados conceitos satisfatório, regular e insuficiente. O primeiro foi atribuído para os estudantes que externaram conhecimentos suficientes para dar suporte a novas aprendizagens relacionadas às sequências didáticas. O segundo, para aqueles que apresentaram conhecimentos regularmente consolidados com relação ao tema e o último conceito, para aqueles que externaram muito pouco ou nenhum conhecimento.

A análise da produção e apresentação dos experimentos foi realizada por meio das solicitações requeridas ao professor pelas equipes de trabalho durante a confecção dos experimentos, pelo produto apresentado, pelo nível de organização e a concatenação dos conceitos apresentada durante a exposição. Para essas atividades, foram dados conceitos satisfatório, regular e insuficiente. O primeiro foi atribuído para a equipe que externou conhecimentos consolidados relacionados à sequência didática. O segundo, as equipes que apresentaram parte dos conhecimentos consolidados e o último, para as equipes que externaram muito pouco ou nenhum conhecimento consolidado relacionado às sequências didáticas.

4 Instrumento de Coleta de Dados

Neste trabalho foram utilizados alguns instrumentos de coleta de dados com o objetivo de identificar conhecimentos prévios, registrar eventos relevantes, identificar a ocorrência de aprendizagem significativa e, por fim, para avaliar as sequências didáticas, verificando se elas são potencialmente significativas.

Durante a aplicação foram anotadas, pelo professor, impressões sobre o desenvolvimento das atividades, atentando para as reações, ações e interações provocadas pelas atividades. São importantes, por exemplo, as dificuldades apontadas pelos estudantes, se o tempo gasto na execução de cada atividade foi adequado, pontos positivos e negativos indicados pelos estudantes e pelo professor, entre outros aspectos. Devido ao tempo de aula ser reduzido o registro de todas as impressões importantes observadas no transcorrer das aulas foram registradas após a finalização das atividades. Esse instrumento serviu para compor a avaliação do desempenho das sequências didáticas. Além disso, a análise dessas impressões foi realizada por meio de uma leitura posterior, objetivando avaliar e orientar possíveis alterações nas sequências didáticas.

Ademais, foram utilizados como instrumentos de coleta de dados as pesquisas, as avaliações objetivas, a confecção e a exposição de experimentos.

5 Detalhes da Aplicação das Sequências Didáticas

No início do ano letivo de 2019, conversamos com os alunos de determinada turma e com a direção da escola sobre a possibilidade de construção e validação de um material didático e instrucional a ser desenvolvido no ambiente de sala que iria acontecer no segundo semestre do corrente ano. Os alunos ficaram empolgados e ao longo do ano demonstraram bastante interesse com relação à atividade a ser desenvolvida. A escola também acreditou em nosso trabalho e aceitou que o desenvolvesse – no Anexo I se encontra o termo de anuência assinado pela direção da escola e pela coordenação do Programa de Mestrado em Ensino de Física da UFMA.

Descreveremos agora a mediação de todo nosso trabalho. Com relação aos objetivos propostos, conseguimos alcançar nossa meta e todos foram realizados com êxito, sendo importante ressaltar que tivemos a aceitação e participação de todos os alunos da turma que escolhemos para desenvolver nosso trabalho.

No quesito referente à estrutura da aula, a primeira parte iniciou na segunda semana de agosto, no dia 08, com uma breve explicação das atividades que realizaríamos e depois começamos a aula com uma discussão livre em sala de aula e um resumo, a fim de verificarmos os conhecimentos adquiridos sobre eletrostática, conteúdo visto anteriormente e pré-requisito para o conteúdo de eletrodinâmica, do qual nossas atividades foram desenvolvidas. O desempenho dos alunos até então foi satisfatório, pois quase a totalidade da turma demonstrou ter aprendido os conteúdos.

Depois apliquei um questionário prévio através de duas perguntas que as coloquei no quadro de sala. Ambas as perguntas foram referentes à associação de lâmpadas em série e paralelo e sobre um circuito *three way*, a fim de saber qual conhecimento nível eles tinham a respeito do conteúdo que iríamos trabalhar. As perguntas foram:

- 3) O que você conhece sobre um circuito elétrico de associação de lâmpadas em série e paralelo?
- 4) Você já ouviu falar de ligação *three way*? Sabe sua finalidade?

Para a primeira pergunta, os 41 alunos presentes, de um total de 42, foram unânimes respondendo que sim, que já tinham visto, em experimentos feitos em anos anteriores com exposições na própria escola. Porém, somente 8 alunos conseguiram explicar a fenomenologia em questão envolvida no experimento de forma correta. Já na segunda pergunta dois alunos já tinham ouvido falar e somente um explicou de forma razoável sobre o funcionamento de um interruptor *three way*. No Quadro 3, apresentamos algumas respostas dos alunos às duas perguntas lançadas como análise dos conhecimentos prévios dos alunos.

Quadro 3 - Resumo das respostas dos alunos ao questionário prévio

<p>Respostas adequadas referente a 1ª questão.</p>	<p>“Oito alunos responderam de forma clara e precisa que um circuito elétrico é um caminho por onde a corrente elétrica irá passar. E falaram que as lâmpadas em série não acendem quando uma queima e as em paralelo acendem”.</p>
<p>Respostas inadequadas referente a 1ª questão.</p>	<p>“Já vi essas experiências, mas não sei explicar agora não”.</p> <p>“Vi aqui na escola ano passado, mas a física não sei como é”.</p> <p>“Uma região por onde passa energia”.</p>
<p>Respostas adequadas referente a 2ª questão.</p>	<p>“É uma ligação que tem a finalidade de ligar e desligar uma lâmpada em lugares diferentes, por exemplo, uma casa de andar, liga no começo da escada e desliga no segundo andar”.</p>
<p>Respostas inadequadas referente a 2ª questão.</p>	<p>“Já ouvir falar sobre uma ligação <i>three way</i>, mas não lembro como é”.</p>

Fonte: Próprio autor (2021).

Na segunda parte da aula solicitamos que fizessem uma pesquisa sobre os efeitos da corrente elétrica. Para tal pesquisa foi dado um prazo de uma semana, que após a entrega e correção, verificamos que dos 42 alunos somente um aluno não apresentou, ou não realizou a pesquisa.

Na aula do dia 15, iniciamos o conteúdo de corrente elétrica e para nossa surpresa, constatamos uma participação marcante dos alunos quando comparada a outras aulas que foram realizadas sem essas estruturas, isso sem contar que os conhecimentos prévios que eles tinham sobre corrente elétrica foram de suma importância para o bom andamento da aula. Debates sobre os tipos de corrente, sobre os sentidos e os efeitos da corrente elétrica. Como os alunos já tinham realizado a pesquisa sobre efeitos da corrente elétrica, deixamos livre para que explicassem a importância desses efeitos no nosso cotidiano e depois os dividimos em equipes para que apresentassem alguns experimentos. Nessa etapa ficou evidente a mudança de ânimo dos alunos quando são valorizados ao se sentirem parte integrante do processo ensino aprendizagem, uma vez que essa prática pedagógica associada a aulas experimentais não é adotada com frequência pela escola.

Na aula seguinte, terceiro encontro, dia 21, comentamos sobre os resistores e sua finalidade em um circuito elétrico. Nesta aula abordamos os conteúdos das leis de Ohm, resistência e potência elétrica. Finalizamos todo esse conteúdo na aula do dia 22 com exercícios teóricos e um prático, que foi entender a conta de energia elétrica de suas residências. Para esta última seguimos um exemplo do livro texto aplicando a fórmula de consumo:

$$\text{Consumo [kWh]} = \frac{\text{Potência do equipamento [W]} \times \text{nº de horas utilizadas [h]}}{1000}$$

Para avaliarmos o desenvolvimento da aprendizagem de nossa prática pedagógica até este momento, realizamos um debate sobre situações problema que envolviam discussões sobre os conteúdos trabalhados em sala de aula e verificamos que houve a participação neste debate de todos os alunos, sem exceção. Essa participação ativa dos alunos demonstra o bem estar gerado em

sala de aula, que é uma condição fundamental para a construção do conhecimento.

Uma vez que eles já teriam fixado o conteúdo em seu cognitivo sobre corrente elétrica, circuito elétrico entre outros assuntos, nós partimos para a parte procedimental. Nessa etapa, eles produziram um experimento simples, para explicar a passagem da corrente elétrica, feito com materiais alternativos de fácil acesso e de baixo custo como limão, moedas de cobre, pregos, cliques de zinco, fios e uma pequena lâmpada de LED. Em seguida dividimos a turma em 10 equipes compostas por 4 ou 5 alunos cada e fizemos algumas perguntas para os componentes a fim de avaliarmos e os bonificarmos. No que tange a avaliação das respostas, verificamos um bom nível de domínio de conteúdo de forma tal que pudemos evidenciar indícios de aprendizagem dos estudantes. E como bonificação pelo sucesso até então da aplicação de nossa prática pedagógica, deixamos outras opções de experimentos para verificarem a passagem da corrente elétrica em um circuito.

Assim, finalizamos a aplicação de nossa primeira sequência didática e podemos avaliá-la como positiva, pois os alunos atingiram o rendimento esperado, o que nos permite seguir com a segunda sequência didática proposta.

A primeira parte da segunda sequência didática foi realizada em dia 05 de setembro, na qual fizemos a apresentamos os seguintes conteúdos: associação de resistores em série e em paralelo juntamente com exercícios de fixação. No dia 12 fizemos uma atividade de associação de resistores no quadro para os alunos discutirem em grupos, mas que somente um deveria responder. No dia 26 passamos uma pesquisa sobre a intensidade do brilho das lâmpadas num circuito em série e em paralelo e sobre ligação *three way* de interruptores.

No dia 09 de outubro, demos continuidade a sequência didática com uma aula experimental com lâmpadas num circuito misto e explicamos cada fenômeno existente nesta prática experimental. Aqui não explicamos nada sobre a ligação *three way*.

Devido à proximidade da prova do ENEM e de simulados elaborados da Secretaria de Educação do Estado, interrompemos as atividades da sequência, tendo a retornado somente em novembro.

Em 20 de novembro retomamos as atividades e comentamos sobre um questionário que eles iriam responder sobre todos os conteúdos vistos nas duas

sequências didáticas, além de os dividirmos em equipes para que escolhessem suas experiências.

Nos dias 27 e 28 de novembro, os alunos se reuniram para desenvolver um experimento com lâmpadas num circuito misto, ou seja, um circuito com ligações em série e em paralelo, com interruptores em ligação *three way*. Nesse momento separamos as equipes e as deixamos livre com relação as escolhas dos experimentos. Esta etapa é de extrema importância que o professor atue como mediador entre o grupo e a tarefa, pois como esta atividade compreende uma investigação orientada, os alunos se deparam com diversas situações que favorecem a aprendizagem através da elaboração de estratégias experimentais que atestam a teoria estudada nas aulas anteriores.

Concluídos os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais proposta nesta sequência didática, os alunos responderam nos dias 27 e 28 de novembro um questionário online enviado pelo professor via *Google Forms*.

Ainda no aspecto procedimental de nossa prática pedagógica, apresentamos nossa primeira proposta de produto educacional no dia 04 de dezembro a turma. O produto compreende em um kit experimental em eletrodinâmica. Na exposição do kit nos preocupamos em demonstrar todos os estágios de sua construção, possíveis análises das etapas de seu funcionamento e onde podem ser encontradas suas características no cotidiano. Como era de se esperar em relação a receptividade do kit pelos alunos, eles se impressionaram e consensualmente argumentaram que “se as aulas fossem assim antes eles teriam aprendido mais do que com as aulas teóricas”.

Essa experimentação foi realizada pelo professor nas 4 turmas, porém toda a sequência didática foi realizada somente em uma sala. No dia 10 de dezembro ocorreu a demonstração dos alunos referentes as experiências, no tocante a participação dos alunos, somente dois alunos não apresentaram, sendo assim de um universo de 42 alunos, 40 apresentaram seus experimentos em equipe. Percebemos que o aprendizado através das experiências feitas por eles, seguindo um dos pilares da educação que é o aprender fazendo, deixa o aluno com um maior interesse em aprender Ciências, em aprender a Física. Eles se empolgaram nas apresentações e sugeriram que nos anos seguintes os professores seguissem essa linha de aprendizado.

Portanto, nesta segunda sequência didática o desempenho dos alunos foi melhor do que na anterior, como era de se esperar, pois segundo Ausubel (2003), os alunos tiveram uma aprendizagem por recepção significativa, que acontece quando temos uma relação lógica entre uma nova ideia e algumas outras já existentes na estrutura do cognitivo.

Após a análise das respostas dos alunos feitas no questionário online, externei a eles que o resultado foi animador, pois percebi que eles absorveram todos os conteúdos e se empenharam em participar de todas as etapas das sequências propostas. No Apêndice II encontra-se o questionário aplicado aos alunos e as respectivas respostas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: Uma Perspectiva Cognitiva. 1 ed. Lisboa: Paralelo, 2003.

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

LÜDKE, Menga. ANDRE, Marli E.D.A. **A Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. 2 ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

SILVA, Marcelo Freitas da. **Eletricidade**/Marcelo Freitas da Silva. – Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria: Rede e-Tec Brasil, 2015.

YOUNG, H. D. **Física III**: Eletromagnetismo/Young e Freedman [colaborador A. Lewis Ford], São Paulo, Addison Wesley, 2009.

APÊNDICE I: Questionário pós teste aplicado via *Google Forms*

Questionário 1.

Com base nas aulas e no seu conhecimento prévio, responda as questões referentes ao questionário em Física sobre um "kit Experimental em Eletrodinâmica".

***Obrigatório**

1 Eu gosto da disciplina Física? *

- O sim
- O não
- O mais ou menos

2 No que diz respeito as aulas experimentais, elas contribuem para melhorar o aprendizado da Física? Por que? *

- O sim, pois essas aulas são ferramentas que auxiliam o aprendizado do aluno.
- O tanto faz, pois o objetivo é a aprovação na disciplina Física.
- O não, pois a Física é uma disciplina complexa tanto com aulas tradicionais ou experimentais.

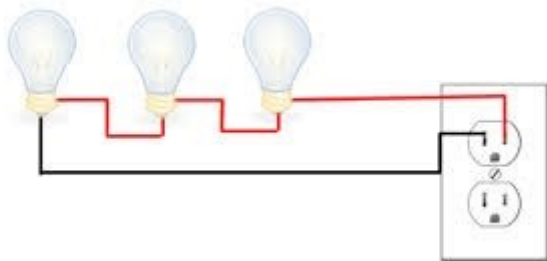
3 Com relação as aulas experimentais que tivemos ao longo do ano letivo, qual a sua opinião? *

- O foram interessante, pois resgataram o interesse em aprender Física.
- O foram interessantes, pois contribuíram para melhoria de minha nota.
- O foram normais.

4 Qual sua concepção sobre o que é um circuito elétrico? *

- O não tenho ideia do que seja.
- O são caminhos para a transmissão da corrente elétrica, ou seja, da eletricidade.
- O um círculo por onde passa energia elétrica.

5 Em um circuito em série com duas ou mais lâmpadas iguais e ligadas, o que acontece com a corrente elétrica se uma das lâmpadas queimar? *



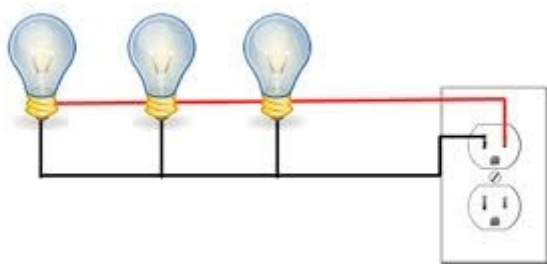
- O a corrente passa e acende as outras lâmpadas, pois o circuito está fechado.
- O a corrente passa e acende só uma lâmpada, pois para as outras, o circuito abriu.
- O a corrente não passa, pois o circuito só tem um caminho e o mesmo se abriu.

6 Em um circuito em série com duas ou mais lâmpadas iguais e ligadas, o que acontece com o brilho das lâmpadas se adicionarmos outras lâmpadas? *



- O o brilho aumenta, pois aumentou a resistência elétrica
- O o brilho permanece o mesmo
- O o brilho diminui, pois com adição de lâmpadas a tensão fica menor.

7 Em um circuito em paralelo com duas ou mais lâmpadas ligadas, o que acontece com a corrente elétrica se uma das lâmpadas queimar? *



- O a corrente passa e acende as outras lâmpadas, pois o circuito tem outros caminhos.
- O a corrente não passa e não acende as outras lâmpadas.
- O a corrente passa e acende só próxima lâmpada.

8 Em um circuito em paralelo com duas ou mais lâmpadas ligadas, o que acontece com o brilho das lâmpadas se adicionarmos outras lâmpadas? *



- O o brilho aumenta, pois aumentou a ddp.
- O o brilho permanece o mesmo, pois a ddp não muda, não modificando a potência.
- O o brilho diminui, pois a corrente diminui.

9 você já tinha ouvido falar em ligação three way, antes da fala do professor de Física? *

O sim e sei pra que serve.

O sim, mas não lembro.

O não, nunca tive conhecimento.

APÊNDICE II: Resumo das sequências didáticas propostas

Perguntas	Respostas
Quais as situações problemas que utilizamos?	Os experimentos.
Como foram expostos os conteúdos?	Aulas expositivas, experimentos, pesquisas, vídeo aula.
Como foi o aumento da complexidade do conteúdo?	Através de exercícios voltados para eles. Aumentando gradativamente o nível de dificuldades.
Na avaliação, quais as evidências de aprendizagem significativas?	Os exercícios, as provas, as pesquisas e os experimentos.
Como fiz para saber os conhecimentos prévios?	Um questionário com duas questões.

Frank Herik Valente Silva
Professor de Física e autor deste e-book
E-mail: ffherik@hotmail.com

CIRCUITOS ELÉTRICOS DE ASSOCIAÇÃO COM LÂMPADAS

UM KIT EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DA ELETRODINÂMICA

“Não temo dizer que tu existe validade no ensino de que não resulta um aprendizado em que o aprendiz não se torne capaz de recriar ou de refazer o ensinado, em que o ensinado que não foi aprendido não pode ser realmente aprendido pelo aprendiz”.

(Paulo Freire)

APÊNDICE II: Questionário pós teste aplicado via *Google Forms*

Questionário 1.

Com base nas aulas e no seu conhecimento prévio, responda as questões referentes ao questionário em Física sobre um "kit Experimental em Eletrodinâmica".

***Obrigatório**

1 Eu gosto da disciplina Física? *

- O sim
- O não
- O mais ou menos

2 No que diz respeito as aulas experimentais, elas contribuem para melhorar o aprendizado da Física? Por quê? *

- O sim, pois essas aulas são ferramentas que auxiliam o aprendizado do aluno.
- O tanto faz, pois o objetivo é a aprovação na disciplina Física.
- O não, pois a Física é uma disciplina complexa tanto com aulas tradicionais ou experimentais.

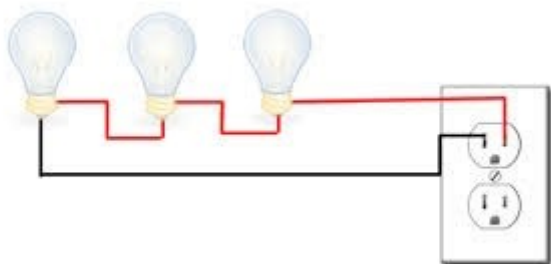
3 Com relação as aulas experimentais que tivemos ao longo do ano letivo, qual a sua opinião? *

- O foram interessante, pois resgataram o interesse em aprender Física.
- O foram interessantes, pois contribuíram para melhoria de minha nota.
- O foram normais.

4 Qual sua concepção sobre o que é um circuito elétrico? *

- O não tenho ideia do que seja.
- O são caminhos para a transmissão da corrente elétrica, ou seja, da eletricidade.
- O um círculo por onde passa energia elétrica.

5 Em um circuito em série com duas ou mais lâmpadas iguais e ligadas, o que acontece com a corrente elétrica se uma das lâmpadas queimar? *



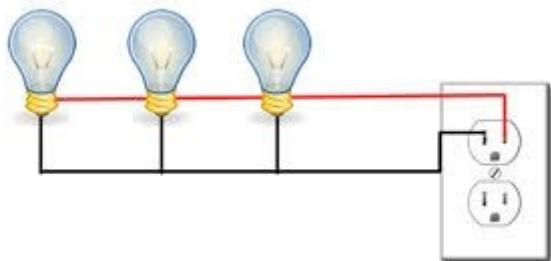
- O a corrente passa e acende as outras lâmpadas, pois o circuito está fechado.
- O a corrente passa e acende só uma lâmpada, pois para as outras, o circuito abriu.
- O a corrente não passa, pois o circuito só tem um caminho e o mesmo se abriu.

6 Em um circuito em série com duas ou mais lâmpadas iguais e ligadas, o que acontece com o brilho das lâmpadas se adicionarmos outras lâmpadas? *



- O o brilho aumenta, pois aumentou a resistência elétrica
- O o brilho permanece o mesmo
- O o brilho diminui, pois com adição de lâmpadas a tensão fica menor.

7 Em um circuito em paralelo com duas ou mais lâmpadas ligadas, o que acontece com a corrente elétrica se uma das lâmpadas queimar? *



- O a corrente passa e acende as outras lâmpadas, pois o circuito tem outros caminhos.
- O a corrente não passa e não acende as outras lâmpadas.
- O a corrente passa e acende só próxima lâmpada.

8 Em um circuito em paralelo com duas ou mais lâmpadas ligadas, o que acontece com o brilho das lâmpadas se adicionarmos outras lâmpadas? *



- O o brilho aumenta, pois aumentou a ddp.
- O o brilho permanece o mesmo, pois a ddp não muda, não modificando a potência.
- O o brilho diminui, pois a corrente diminui.

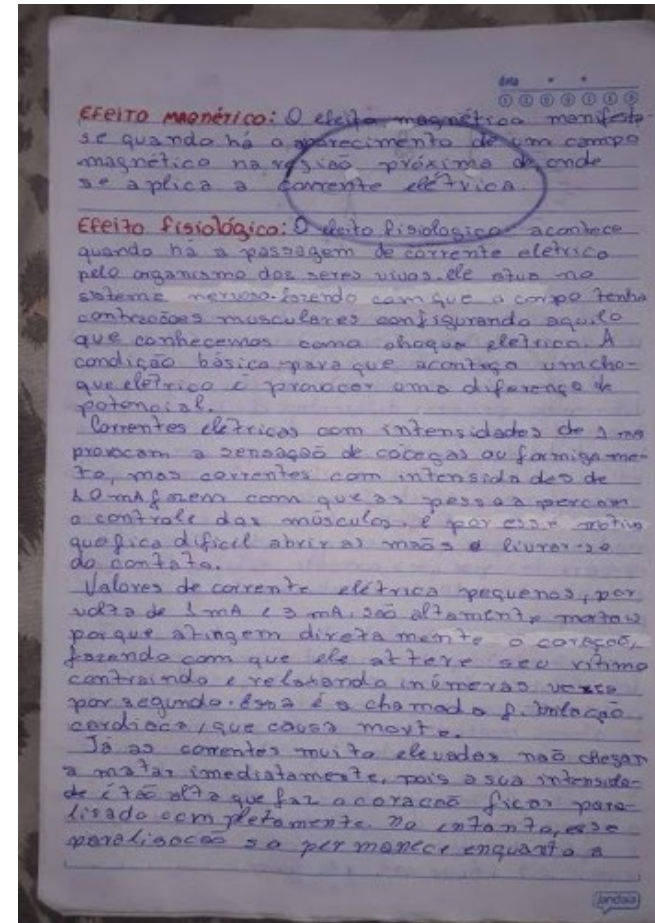
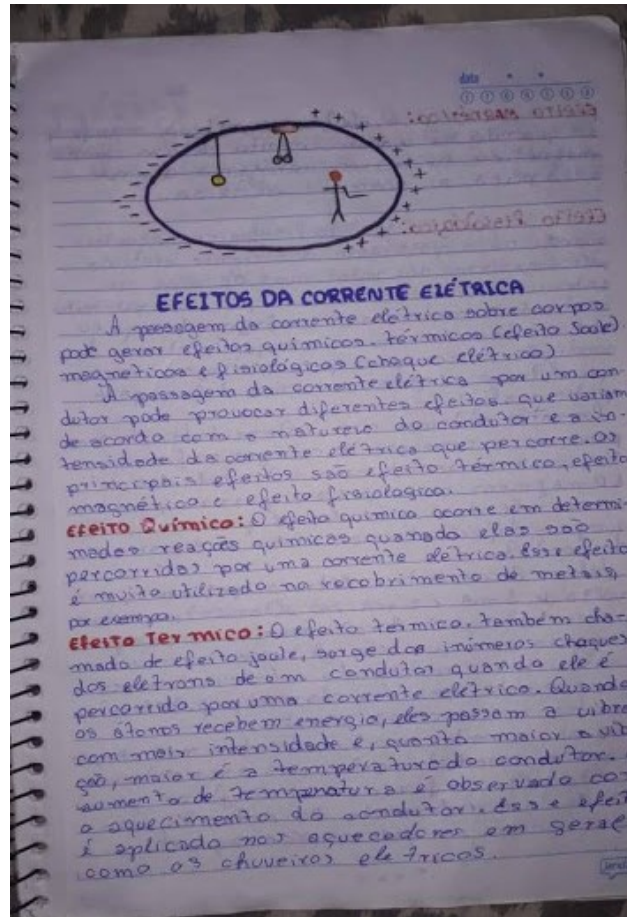
9 você já tinha ouvido falar em ligação three way, antes da fala do professor de Física? *

- O sim e sei pra que serve.
- O sim, mas não lembro.
- O não, nunca tive conhecimento.

APÊNDICE III: Resumo das sequências didáticas propostas.

Perguntas	Respostas
Quais as situações problemas que utilizamos?	Os experimentos.
Como foram expostos os conteúdos?	Aulas expositivas, experimentos, pesquisas, vídeo aula.
Como foi o aumento da complexidade do conteúdo?	Através de exercícios voltados para eles. Aumentando gradativamente o nível de dificuldades.
Na avaliação, quais as evidências de aprendizagem significativas?	Os exercícios, as provas, as pesquisas e os experimentos.
Como fiz para saber os conhecimentos prévios?	Um questionário com duas questões.

APÊNDICE IV: Fotos da pesquisa realizada pelos alunos sobre os efeitos da corrente elétrica.



APÊNDICE V: Registro da pesquisa feitas pelos alunos sobre brilho das lâmpadas num circuito em série e em paralelo e sobre a ligação *three way*.

- Centro de Ensino Estado do Rio Grande do Norte 26/09/19

* Brilho das lâmpadas no circuito em série e paralelo

- Aluno de Jesus Oliveira Miranda.

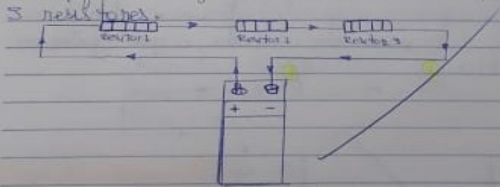
→ Como os resistores podem ser associados

- Associações os resistores tem por finalidade aumentar ou diminuir a resistência elétrica em um circuito. Essas associações podem ser realizadas de duas maneiras: em série e em paralelo. Os dois tipos de associações podem ser combinados de várias maneiras para atender as necessidades de cada situação.

→ Associação em série

Na associação em série, os resistores são ligados em sequência, de tal maneira que o terminal de um resistor é ligado ao terminal do resistor seguinte e, assim, sucessivamente. Todos eles estão ligados a uma fonte de tensão (bateria, pilha ou tomada elétrica).

A figura a seguir ilustra uma associação em série com 3 resistores.

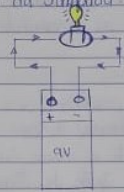


A principal característica dessa associação é que só há um caminho para a corrente elétrica: ela é obrigada a passar por todos os resistores. Dessa forma, a intensidade da corrente elétrica que atravessa o resistor 1 é a mesma para o resistor 2 e a mesma para o resistor 3. Assim, temos que:

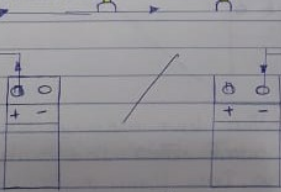
Na associação em série de resistores, a corrente elétrica tem a mesma intensidade em cada um dos resistores.

Tomando-se o filamento de uma lâmpada como resistor, observe as duas situações descritas abaixo:

* Situação 1 quando se tem apenas uma lâmpada ligada a bateria de 9V, o brilho da lâmpada é bastante intenso, porque toda ddp da bateria é aplicada sobre uma única lâmpada. Assim, pode-se dizer que a ddp da bateria é a mesma ddp da lâmpada.



Situação 2 ao se associar outra lâmpada igual, em série, o brilho de cada uma é menos intenso do que o anterior, porque a ddp da bateria é dividida em duas partes, 4,5V para cada lâmpada, o que justifica o brilho menos intenso.



Dessa forma, podemos concluir que:

Na associação em série de resistores, a ddp é dividida em tantas partes quanto for o número de resistores associados.

Cont.

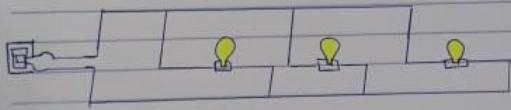
1.2 Paralelo

Na associação em paralelo, todos os resistores são ligados aos mesmos terminais da fonte de tensão (bateria, pilha ou tomada elétrica).

Todos os resistores são ligados aos mesmos pontos e, portanto, a mesma ddp.

Na associação em paralelo de resistores, a ddp é a mesma para cada um dos resistores.

Cada resistor (lâmpada) é independente dos demais. Independentemente da associação em série, em que a queima de um resistor (lâmpada) faz com que o circuito seja interrompido.



A intensidade da corrente elétrica fornecida pela bateria varia em função da quantidade de resistores associados e da resistência de cada um deles.

A intensidade total da corrente é dada pela soma das intensidades das correntes elétricas dos resistores.

Se os resistores da associação forem iguais, a ddp se irá dividir em partes iguais. No entanto, se os resistores forem diferentes, de qualquer forma, a soma das ddp em cada resistor é a bateria.

Na associação em série, quanto maior o número de resistores do circuito, maior será a resistência elétrica e, portanto, menor será a intensidade da corrente que o percorre.

Por meio de algumas relações em um circuito elétrico, pode-se comprovar que a resistência elétrica equivalente de uma associação de resistores em série é dada pela soma das resistências de cada um dos resistores:

Veja o exemplo

No circuito elétrico abaixo, os resistores R_1 , R_2 , R_3 e R_4 têm resistências elétricas respectivamente iguais 5 Ω , 12 Ω , 3 Ω e 10 Ω . Determine a resistência equivalente dessa associação de resistores.

$$R_{EQ} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$R_{EQ} = 5 + 12 + 3 + 10$$

$$R_{EQ} = 30 \Omega$$

Ligação - Three Way

Para entender as necessidades humanas, existem algumas formas de ligar uma lâmpada, e da necessidade de ligar uma lâmpada de dois pontos diferentes é que surgiu o interruptor Three Way. Interruptor Three Way ou paralelo consiste em dois pontos diferentes (interruptores) para ligar ou desligar uma lâmpada. O que diferencia um interruptor Three Way de um comum é a existência de um terceiro borne ou parafuso para conexão dos

ANEXO I – Termo de anuência assinado pela direção da escola concordando com o desenvolvimento do produto educacional em sala de aula.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
 FUNDAÇÃO Instituída nos termos da Lei nº 5.152, de 21/10/1996 – São Luís – Maranhão
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

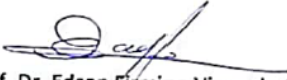
DECLARAÇÃO PROFIS Nº 10/2019

São Luís, 13 de setembro de 2019

Declaro para os devidos fins que a Universidade Federal do Maranhão corresponde ao polo 47 do MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – PROFIS que é um programa PRESENCIAL em regime strictu sensu, realizado em rede com sede em São Paulo (Sociedade Brasileira de Física) sob o código CAPES 33283010001P5. Este programa está conceituado com nota 4 (quatro) pelo MEC e possui duração de 24 (vinte e quatro) meses podendo ter mais 01 (um) semestre justificado.

Declaro também que FRANK HERIK VALENTE SILVA é discente deste programa de pós-graduação e que precisa da anuência da direção da escola CENTRO DE ENSINO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE para a aplicação de seu PRODUTO EDUCACIONAL.

Atenciosamente,


 Prof. Dr. Edson Firmino Viana de Carvalho
 Coord. do PROFIS – Polo UFMA
 Mat. UFMA. 1910383

*Kalyanna de Carvalho
 Coordenadora Geral
 Mat. UFMA 1910383
 Recebido em 14/11/19*