



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

FRANCISCO HUMBERTO SEVERIANO DA SILVA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ELETRODINÂMICA UTILIZANDO LEDs
EM CIRCUITOS ELÉTRICOS SIMPLES

FORTALEZA
2021

FRANCISCO HUMBERTO SEVERIANO DA SILVA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ELETRODINÂMICA UTILIZANDO LEDs EM
CIRCUITOS ELÉTRICOS SIMPLES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S58s Silva, Francisco Humberto Severiano da.
Sequência didática de eletrodinâmica utilizando LEDs em circuitos elétricos simples /
Francisco Humberto Severiano da Silva. – 2021.
86 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.
1. Circuitos elétricos. 2. Diodo emissor de luz. 3. Atividades experimentais. 4.
Eletrodinâmica. 5. Sequência didática. I. Título.

CDD 530.07

FRANCISCO HUMBERTO SEVERIANO DA SILVA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ELETRODINÂMICA UTILIZANDO LEDs
EM CIRCUITOS ELÉTRICOS SIMPLES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 10/08/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo de Tarso Cavalcante Freire
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Maria Consuelo Alves Lima
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por tudo.

À minha família, em especial à minha esposa Lucilene Gomes de Vasconcelos Severiano pelo total apoio e incentivo durante toda a caminhada.

Aos meus pais, Benevides Alves e Francisca Severiano, que desde sempre relataram a importância da educação como ferramenta de construção da dignidade e cidadania.

Ao meu orientador o prof. Dr. Nildo Loiola Dias pelos ensinamentos, por motivar a concluir essa etapa importante e pela paciência e compreensão nos períodos de dificuldades.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES 001) e ao Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física (MNPEF).

Aos colegas de mestrado que muito me ajudaram compartilhando o conhecimento.

E a todos os meus queridos alunos, que durante esses 20 anos de magistério, sempre me ensinam algo novo todos os dias.

A todos o meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

O presente trabalho trata da inserção de prática experimental com circuitos elétricos simples utilizando materiais de fácil acesso. Diversos estudos mostram as dificuldades dos estudantes em compreender os conceitos de Física. Outras pesquisas apontam obstáculos no ensino, devido a abstração de determinados conteúdos, há também textos críticos, relacionadas a forma tradicional de ensino, que por muitas vezes é centrada na excessiva resolução de questões, fundamentalmente teóricos. Diante desse cenário, que ainda é muito comum nas escolas, o ensino de Física construído com atividades experimentais tem se destacado por promover uma maior motivação para os estudantes, além de trazer indícios de aprendizagem. Nessa perspectiva, uma Sequência de Ensino foi criada para auxiliar os professores no ensino de eletrodinâmica e a aplicação das atividades experimentais no ensino médio. O objetivo deste trabalho é apresentar o uso de LED (diodo emissor de luz), associados a materiais fáceis de se encontrar no cotidiano, e que possam ser usados como circuitos elétricos simples. E ao mesmo tempo, o material proposto fomenta a prática experimental no ensino de Física. Para isso, conjuntos foram construídos utilizando-se de materiais simples e acessíveis ao professor. Assim como foram preparados também práticas experimentais com roteiros para cada tema. A maior parte das atividades, envolve o uso de LED, onde os estudantes têm a possibilidade de compreenderem os fenômenos da condução de eletricidade, de corrente elétrica, tensão, resistência e vários outros temas, voltados para explorar a eletrodinâmica básica.

Palavras-chave: circuitos elétricos; diodo emissor de luz; atividades experimentais; eletrodinâmica; sequência didática.

ABSTRACT

The present work deals with the insertion of experimental practice with simple electrical circuits using easily accessible materials. Several studies presented students' difficulties in understanding physics concepts. Other researches point to teaching difficulties, due to the abstraction of content, there are also texts with criticisms, related to the traditional way of teaching, which is often centered on the excessive resolution of questions, fundamentally theoretical. In view of this scenario, which is still very common in schools, the teaching of Physics built with experimental activities has stood out for promoting greater motivation for students, in addition to bringing evidence of learning. From this perspective, a Teaching Sequence was created to help teachers in teaching electrodynamics and the application of experimental activities in high school. The objective of this work is to present the use of LEDs (light emitting diode), associated with materials that are easy to find in everyday life, and that can be used as simple electrical circuits. And at the same time, the proposed material encourages experimental practice in the teaching of Physics. For this, sets were built using simple materials and the teacher's wish. As well as experimental practices were also prepared with scripts for each theme. Most of the activities involve the use of LEDs, where students have the possibility to study the phenomena of conducting electricity, electric current, voltage, resistance and several other topics, aimed at exploring basic electrodynamics.

Keywords: electrical circuits; light emitting diode; experimental activities; electrodynamics; following teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Diagrama explicativo da teoria da aprendizagem significativa ..	13
Figura 2 -	Campo elétrico dentro de um condutor metálico	16
Figura 3 -	Sentido real e convencional da corrente elétrica	17
Figura 4 -	Identificação da polaridade do LED	20
Figura 5 -	Detalhes internos da estrutura	20
Figura 6 -	(a) Representação do cristal de silício. (b) silício dopado com fósforo. (c) silício dopado com gálio	21
Figura 7 -	Dois semicondutores, um do tipo p e outro tipo n, colocados em contato (a) se recombinam, causando o surgimento de um campo elétrico (b)	22
Figura 8 -	Tipos de associação	23
Figura 9 -	Rotulagem dos itens para o circuito elétrico	27
Figura 10 -	Simulador de circuitos elétricos	29
Figura 11 -	Circuito para a verificação da condutividade elétrica e sua representação esquemática	31
Figura 12 -	Limão com eletrodos de cobre e de zinco	32
Figura 13 -	Pilhas de limão associadas em série	33
Figura 14 -	Curva típica de I versus V para um LED	35
Figura 15 -	Circuito para levantar a curva I versus V de um LED	35
Figura 16 -	Circuito com LED	38
Figura 17 -	Circuito com 3 LEDs associados em série	39
Figura 18 -	Circuito com 3 LEDs associados em paralelo	40
Figura 19 -	Plataforma utilizada para aulas remotas	44
Figura 20 -	Participação dos alunos pelo <i>chat</i>	45
Figura 21 -	Simulação realizada	46
Figura 22 -	Verificando a condução de eletricidade	48
Figura 23 -	Relatos da observação ao colocar água no recipiente	49
Figura 24 -	Registro da intensidade luminosa do recipiente com água com sal de cozinha	49
Figura 25 -	Medição da tensão elétrica gerada por um limão	50
Figura 26 -	Tentativa de associação das pilhas de limão	51
Figura 27 -	Relato sobre o circuito elétrico com pilhas de limões	51

Figura 28 -	Análise da relação corrente elétrica e tensão elétrica do LED	52
Figura 29 -	Dados registrados pelas alunas(a). Gráfico plotado com dados corrigidos(b)	53
Figura 30 -	Calculando a resistência adequada (a), e ajuste da resistência no potenciômetro (b)	54
Figura 31 -	Ilustração da explicação do professor sobre o circuito com 2 LED's	55
Figura 32 -	Circuito elétrico com 2 LED's em série com fonte de 12 V	56
Figura 33 -	Circuito com 3 LED's em série com fonte de 12 V	57
Figura 34 -	Circuito com 3 LED's em paralelo com fonte de 12 V	58
Figura 35 -	Resposta da Questão 12 de uma das participantes	60
Figura 36 -	A montagem do experimento como fator relevante da atividade	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Alguns dispositivos elétricos e suas simbologias	18
Quadro 2 -	Atividades da Sequência Didática	25
Quadro 3 -	Atividade N° 1	28
Quadro 4 -	Atividade N° 2	28
Quadro 5 -	Atividade N° 3	28
Quadro 6 -	Atividade N° 4	30
Quadro 7 -	Atividade N° 5	34
Quadro 8 -	Atividade N° 6	36
Quadro 9 -	Atividade N° 7	38
Quadro 20 -	Atividade N° 8	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	11
3	ELETRODINÂMICA	15
3.1	Corrente elétrica	16
3.2	Principais dispositivos e suas funcionalidades	18
3.3	Diodo Emissor de Luz (<i>Light-emitting diode</i>)	19
3.4	Associação de resistores e geradores	22
4	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	25
4.1	Material desenvolvido para as atividades experimentais	26
4.2	Desenvolvendo as atividades	27
4.2.1	<i>Experimento 1: Verificação da condutividade elétrica da água</i>	30
4.2.2	<i>Experimento 2: Levantamento da Curva I versus V de um LED</i>	34
4.2.3	<i>Experimento 3: Cálculo do resistor apropriado para proteger um LED</i>	37
4.2.4	<i>Experimento 4: Associação de LEDs em série e em paralelo</i>	39
5	METODOLOGIA	42
5.1	Local de aplicação e público-alvo	43
5.2	Aplicação do produto educacional	43
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6.1	Atividades remotas	44
6.2	Atividades Experimentais	47
7	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO	66
	APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL	68

1 INTRODUÇÃO

O ensino de física é demasiadamente focado em resoluções de problemas, que muitas vezes abordam somente a aplicação de equações e artifícios matemáticos para se chegar à resposta certa. Esse comportamento é encontrado tanto na prática docente, como nos materiais didáticos, e o livro de apoio. A prática experimental dificilmente é utilizada como método de ensino. Por diversas vezes, o experimento serve para uma ilustração demonstrativa rápida, dialogada pelo professor durante a aula. Sabemos que o uso de uma metodologia que promove atividades experimentais bem estruturada, é capaz de motivar os estudantes a explorar os fenômenos físicos, a provocar natureza reflexiva de um problema, a busca do debate, e da colaboração do trabalho em equipe.

Neste trabalho propomos a realização de uma sequência didática em eletrodinâmica, com práticas experimentais simples de serem realizadas, utilizando-se basicamente de LED's (*Light Emitting Diode*), componentes eletrônicos comuns e alguns outros materiais de fácil acesso. A sequência didática criada, busca possibilitar ao professor a ampliação de ações experimentais de ensino, de forma a promover a compreensão dos fenômenos físicos elétricos, tais como condução de eletricidade, resistência elétrica e circuitos elétricos simples usando LED's. Desta forma, com os materiais construídos, a exploração matemática das variáveis envolvidas em cada etapa do processo, ocorrerá de uma maneira mais lúdica para os alunos. Para os discentes, a sequência didática favorecerá a compreensão dos fenômenos de eletrodinâmica, o desenvolvimento de habilidades e competências, e despertar um maior interesse pela Física.

Para um entendimento da sequência didática produzida, no capítulo primeiro trazemos referenciais teóricos sobre Sequência Didática, e alguns trabalhos já realizados no ensino de Física. No capítulo dois, aborda-se os conceitos físicos relativos à eletrodinâmica, tais como os conceitos de corrente elétrica, Circuitos Simples, Resistência elétrica e associações, um pouco sobre o LED e alguns instrumentos de medida. O capítulo três trata-se da sequência de ensino, e os materiais desenvolvidos para uso nas atividades experimentais. E no capítulo quatro, será o relato da aplicação do produto educacional em sala de aula. E por fim, o último capítulo discutiremos sobre as conclusões da sequência didática aplicada.

2 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Na atualidade, dada a entrada das tecnologias nas escolas, e, sobretudo, a permanência delas, nasce uma demanda urgente e necessária para o professor ao planejar as ações educativas. Considerando que o mundo é o conteúdo central para qualquer atividade pedagógica é buscar pontos que sejam importantes para cada realidade e essa é talvez a principal contribuição da teoria da aprendizagem significativa de ampliação e reconfiguração do que já se sabe.

Neste sentido, existem dois elementos fundamentais, para que ocorra a aprendizagem significativa. O estudante precisa desejar aprender, ter disposição para aprender, e não buscar, simplesmente, memorizar um conteúdo, isto é, permanecer no âmbito da repetição mecânica, marcada pelo automatismo, onde o conteúdo é memorizado, mas não tem definição, não se consegue aplicá-los, fazer uso deles no seu dia a dia e não conseguem entendê-los como parte do funcionamento de alguns fenômenos, de algumas situações da realidade (DE CARVALHO; SCHIRLO, 2014).

Ainda segundo, os autores acima, outra característica, para que ocorra a aprendizagem significativa, diz respeito ao conteúdo escolar que deve ser potencialmente significativo. Portanto, cuidar para que o conteúdo escolar seja significativo organizado e que estabelecer relações uns entre os outros, sejam também, interessante e instigante é papel do professor, que deve apresentar-se como alguém disposto a oferecer um conteúdo significativo, que faça sentido para o educando.

Conforme Ausubel (1982) o significado lógico depende da natureza do conteúdo e o significado psicológico é uma experiência que cada um tem no processo de aprendizagem. De acordo com esse educador, portanto, ele é singular e particular, isto é, cada ser humano tem o seu modo de perceber. Os conteúdos têm uma lógica, estrutura e encaminhamento, mas como o educando vai receber esse conteúdo, o que ele vai fazer com esse conteúdo que recebe é de âmbito particular, é de âmbito singular, isto é, ele faz uma filtragem desses de acordo com as suas possibilidades e com os seus conhecimentos prévios

O professor brasileiro, geralmente, tem a intenção de começar a aula contextualizando, o que se tornou uma prática bastante comum na escola brasileira, ou professor começa elucidando, ou seja, esclarecendo. Nos dois modelos, tanto quando o professor contextualiza ou quando o professor de alguma maneira coloca

explicações prévias, ele tira do estudante o direito dele tentar, ao seu modo, fazer suas descobertas e, portanto, ter dúvidas, pois, quando a criança tem dúvida, a partir de um questionamento que foi dado, ela têm motivação para ir atrás da dúvida, e assim, se tem uma mobilidade na aprendizagem e essa mobilidade interessante a partir de um contexto social que vai levar o estudante ao aprendizado significativo.

Então, a aula não começaria com explicação e nem com contextualização, mas sim, com uma pergunta, com o questionamento e a partir dele o aprendiz vai tentar chegar a uma tese que pode ser verdade ou não. Então, o professor chegaria no segundo momento na aula, trazendo informações para que o estudante com aquilo que ele conseguiu estruturar e aquilo que ele recebeu possa fazer a antítese ou seus questionamentos. E dessas duas pontas surge um terceiro momento que é a primeira síntese, onde o estudante chegaria com estas junções e assim, desenvolveria o estudo individualizado (NEVES *et al.*, 2017).

Assim, tem-se que a formulação, construção, edificação de outros conhecimentos dá-se a partir de informações de que já se dispõe, esse vão sendo reformulados, ressignificados e ampliados. Daí a necessidade de sondagem dos subsunçores, buscando sempre, saber quais são os conhecimentos de que o educando já dispõe, considerando esses e tendo o cuidado para verificar se o que está sendo ensinado e trabalhado no âmbito pedagógico, dentro da sala de aula, faz sentido, estabelecer relações e inter-relações com a vida prática do estudante. Assim, mostrando ao estudante que os conteúdos conversam entre si, dialogam, que eles fazem sentido uns com os outros, porque se não fizerem sentido, se não dialogarem dentro do planejamento escolar, alguma coisa de errado existe com esse planejamento (DARROZ, 2018).

Deste modo, considerar o que o estudante já sabe, considerar que um novo, também, pode fazer sentido para ele, que o novo deve fazer sentido para ele e que ele vai chegar ao novo, considerando a história de conhecimento de que já possui, mostrando que a estrutura cognitiva do aprendiz pode receber e deve receber novos conhecimentos e, é importantíssimo dentro da teoria da aprendizagem significativa que se contrapõe à aprendizagem mecânica, automática.

Vale ressaltar que havendo uma aprendizagem significativa, o educando leva os saberes escolares para sua vida independentemente dos compromissos acadêmicos, os saberes fazem parte da sua vida e história, são utilizados, aplicados,

difundidos, usados para estabelecer relações e conexões, como por exemplo, a criação de mapas conceituais.

A partir da teoria da aprendizagem, Novak (1998) criou o mapa conceitual, um instrumento que representa visualmente as relações entre ideias, através de representações gráficas, onde os conceitos são retratados como círculos ou caixas unidos por linhas ou setas que contêm palavras para demonstrar como as ideias se conectam. O mapeamento conceitual é uma ferramenta para organizar e estruturar conhecimentos, integrando informações novas e antigas para possibilitar uma melhor retenção e compreensão de significantes, definições, conceitos, palavras-chaves que são considerados pelo estudante como sendo importantes. Esse é uma forma de o estudante concretizar a aprendizagem significativa, são ferramentas no processo de aprendizagem representados por diagramas de significados, onde se torna possível visualizar significantes e sentidos que são extraídos de um texto. Como nos mostra a Figura 1 abaixo sobre a teoria da aprendizagem.

Figura 1 - Diagrama explicativo da teoria da aprendizagem significativa



Fonte: elaborada pelo autor.

O efeito didático dos mapas conceituais segue essa linha de entendimento, e assim, são construídos raciocínios e esses levam aos mais diferentes pensamentos.

Eles são simples, graficamente falando, mas eles são complexos em termos de pensamento, de raciocínio, porque eles têm uma estrutura lógica, em que as palavras, os conceitos-chaves conversam entre si de maneira que, a partir do mapa conceitual, é possível estabelecer os raciocínios desenvolvidos, pensamentos estruturados, pensamentos complexos e até mesmo a construção de textos.

3 ELETRODINÂMICA

O estudo da eletrodinâmica envolve basicamente as cargas elétricas em movimento. Nesse contexto são estudados os conceitos de condutores e isolantes térmicos, a corrente elétrica, resistência elétrica, circuitos elétricos e outros dispositivos que influenciam nessa movimentação de cargas elétricas. Essa corrente elétrica percorre um circuito fechado, tem-se um circuito elétrico.

Propostas voltadas para o ensino de circuitos elétricos são bastante comuns na literatura. Na Sequência Didática desenvolvida por Goncalves (2018), são usados experimentos de eletrodecomposição de metais, entre eles há o funcionamento de um motor elétrico e a elaboração de uma “Tábua de análise de circuitos elétricos” na qual os alunos realizam medições de Diferença de Potencial (DDP) e corrente elétrica com o multímetro, em circuito pré-montado na madeira. Para uma maior segurança o autor utilizou um Dispositivo Diferencial Residual (DR) para proteção contra choques elétricos, pois utilizou-se como fonte de alimentação a própria rede elétrica da escola.

Em uma outra sequência didática para o ensino de circuitos elétricos, Viacelli (2020) produziu um circuito para verificação da condução elétrica utilizando-se também da rede local como fonte de alimentação, para que os estudantes explorassem a condução elétrica de alguns líquidos, observando o brilho de uma lâmpada. A autora chega a utilizar LED's apenas para mostrar a resistividade não linear, construindo o gráfico da DDP versus intensidade da corrente elétrica. Já na proposta experimental de Silva (2020) é estudado circuitos elétricos com materiais de laboratório, como fontes de alimentação ajustável e *protoboards*. Aplicou-se também o uso de LED's, e foram usados no sentido de calcular e empregar o resistor apropriado para proteger o LED.

Conforme o exposto até aqui, circuitos elétricos são muito utilizados em experimentos, porém este trabalho desenvolveu roteiros e práticas experimentais baseado no uso de LED's e materiais facilmente encontrados no cotidiano dos alunos e professores. Assim, neste capítulo abordam-se os principais conceitos físicos que envolvem circuitos elétricos para uma melhor compreensão dos fenômenos.

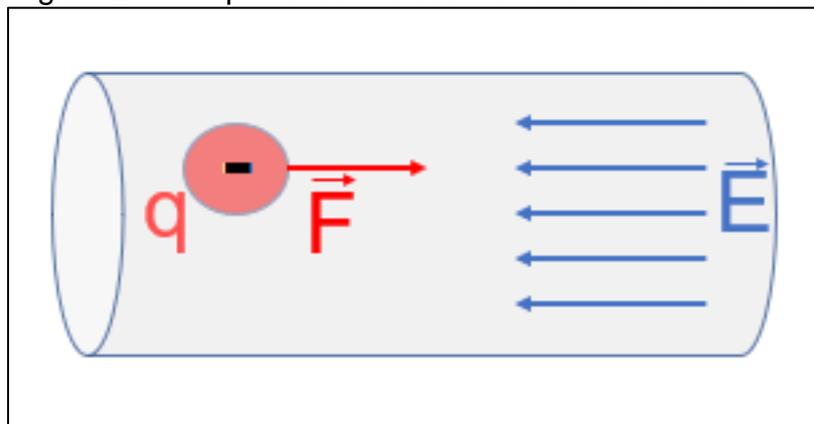
3.1 Corrente elétrica

O movimento ordenado de cargas elétricas é denominado de corrente elétrica, segundo Young e Freedman, “é um movimento de cargas de uma região para outra” (2010, p.135).

[...] os portadores da corrente podem ser de vários tipos, conforme a natureza do meio em que passa a corrente. No metal, [...], são os elétrons. No tubo de descarga gasosa (como uma lâmpada fluorescente) os portadores são tantos elétrons como íons positivos do gás, que se deslocam em sentidos opostos sob ação do campo da descarga (NUSSENZVEIG, 1997, p.100).

Geralmente, a movimentação ocorre quando se aplica um campo elétrico dentro de um condutor, ocasionando uma orientação nos portadores de cargas, provocando o movimento da carga elétrica no interior do condutor. A Figura 2, demonstra a movimentação de elétrons em um fio metálico.

Figura 2 - Campo elétrico dentro de um condutor metálico



Fonte: elaborada pelo autor.

A existência de um campo elétrico (\vec{E}) produz uma força elétrica (\vec{F}), pode ser determinada pela Equação 1:

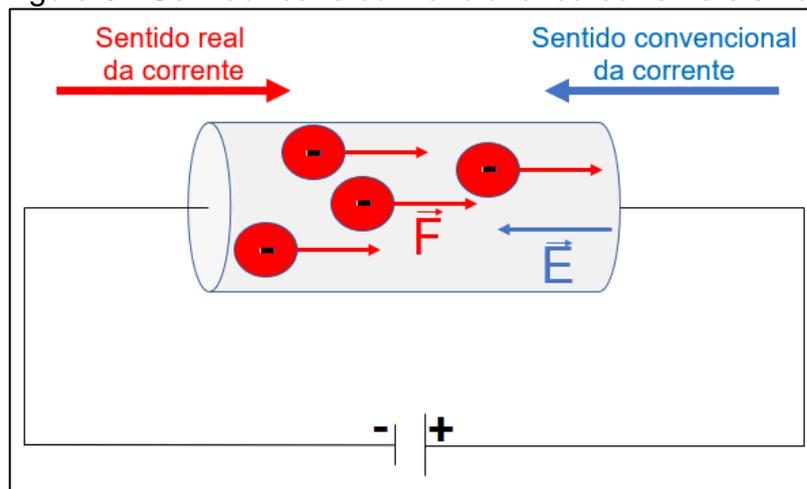
$$\vec{F} = q \vec{E} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que \vec{F} é a força elétrica, q é a carga do elétron e \vec{E} é o campo elétrico no interior do condutor. No Sistema Internacional de medidas, usa-se Newton (N) como unidade de força, Coulomb (C) como unidade de carga elétrica e

consequentemente N/C (Newtons por Coulomb) para campo elétrico. O vetor campo elétrico (\vec{E}) e o vetor força elétrica (\vec{F}) possuem a mesma direção, porém sentidos contrários. E para cargas positivas, a força (\vec{F}) e o campo elétrico (\vec{E}) apresentam a mesma direção e o mesmo sentido.

Em circuitos elétricos convencionais, a corrente elétrica é a movimentação de elétrons, desse modo o sentido da corrente elétrica é chamado de real ou sentido convencional. O sentido real da corrente elétrica é o sentido que realmente acontece dentro do condutor metálico, os elétrons migram do polo negativo para o positivo do circuito (contrário ao campo elétrico). O sentido convencional é como se ocorresse a movimentação de cargas positivas no condutor, ou seja, é a movimentação do polo positivo para o negativo do circuito (mesmo sentido do campo elétrico).

Figura 3 - Sentido real e convencional da corrente elétrica



Fonte: elaborada pelo autor.

A intensidade da corrente elétrica (i) é definido pelo fluxo de carga elétrica (dq) que atravessa uma secção por um determinado intervalo de tempo (dt). Essa relação é dada pela Equação 2.

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \text{Equação (2)}$$

Com isso a unidade de medida da intensidade de corrente elétrica é Coulomb por segundos (C/s), nominada no Sistema Internacional de medidas por Ampère (A), em homenagem ao físico André-Marie Ampère (1775 – 1836). O instrumento utilizado para medição da corrente elétrica é o amperímetro.

3.2 Principais dispositivos e suas funcionalidades

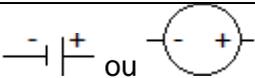
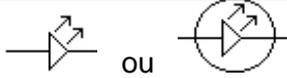
Iniciaremos com o resistor, que se trata de todo elemento do circuito cuja função é efetuar a conversão de energia elétrica em energia térmica (efeito Joule), ou pode atuar como limitador da corrente elétrica, assim como um divisor de tensão no circuito. O resistor pode ser representado, esquematicamente, pelos símbolos mostrados no Quadro 1.

No caso da oposição à passagem de corrente elétrica, tem-se a propriedade chamada de resistência elétrica. Define-se a resistência elétrica (R) de um resistor o quociente da tensão (U) entre seus terminais pela corrente i que o atravessa, assim a equação (3) mostra essa relação matemática

$$R = \frac{U}{i} \quad \text{Equação (3)}$$

A unidade de resistência é Ohm (Ω), para tensão é volts (V) e para corrente elétrica é o ampère (A). O dispositivo capaz de variar a sua resistência elétrica é o reostato, ou seja, em circuitos elétricos esse elemento permite controlar a corrente elétrica circulante, e sua simbologia é descrita na Quadro 1.

Quadro 3 - Alguns dispositivos elétricos e suas simbologias

Dispositivos	Simbologia (representação gráfica)
Resistor	
Reostato	
Gerador	
Diodo emissor de Luz – LED	

Fonte: elaborado pelo autor.

A resistência elétrica pode variar com a mudança de temperatura. Segundo Young e Freedman (2010), para pequenos intervalos de temperatura que não sejam elevados, a relação é praticamente linear, que pode ser representada pela equação (4).

$$R(T) = R_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad \text{Equação (4)}$$

Essa resistência inicial (R_0) é considerada no intervalo entre 0 °C e 20 °C, e T e T_0 são as temperaturas, respectivamente final e inicial, e α é o coeficiente da temperatura de resistência. Entretanto em circuitos elétricos as resistências são provenientes de resistores que não variam com a temperatura. Comercialmente utilizam-se resistores que obedecem a lei de Ohm.

A primeira Lei de Ohm relaciona a intensidade da corrente elétrica que percorre um resistor com à DDP entre seus terminais. Dessa maneira tem-se a seguinte relação mostrada pela equação (5).

$$\frac{U_1}{i_1} = \frac{U_2}{i_2} = \dots = \frac{U_n}{i_n} = R \quad \text{Equação (5)}$$

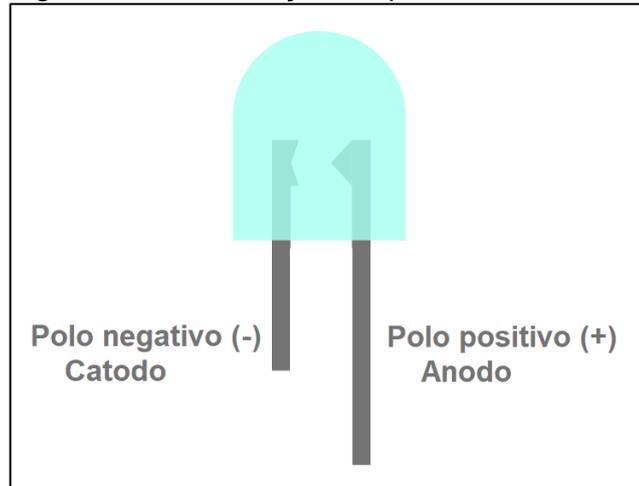
Assim, ao variar a tensão elétrica a corrente elétrica no circuito também mudará, de tal forma que o valor constante é o valor do resistor usado nesse circuito, então, ao seguir essa relação de proporção, o resistor é dito ôhmico. Esse dispositivo é um dos dispositivos mais estudado nas disciplinas de eletrodinâmica. Já o gerador “é um elemento ativo de um circuito, que fornece energia” (NUSSENZVEIG, 1997, p.191), como por exemplo as baterias e pilhas.

Há um outro dispositivo muito conhecido e utilizado em circuitos e em diversos outros equipamentos do cotidiano, é o diodo emissor de luz – LED, cuja representação se encontra na Tabela 1. Portanto, pela sua grande utilidade tanto no contexto da tecnológico, como nas abordagens didáticas para o ensino de eletrodinâmica, na seção seguinte abordaremos o LED com mais detalhes.

3.3 Diodo Emissor de Luz (*Light-emitting diode*)

Diodos são dispositivos que permitem a passagem da corrente elétrica do circuito em uma determinada direção, ou seja, possuem uma polaridade. Há diversos tipos de diodos, neste trabalho, utilizou-se diodo emissores de luz, ou do inglês *light-emitting diode* – LED, e a sua simbologia está representada no Quadro 1. Para identificar visualmente a polaridade de um LED, basta observar os seus terminais (Figura 4). No caso, o terminal mais longo é o lado positivo, o qual chama-se de anodo. O terminal mais curto, é o polo negativo, denominado de catodo.

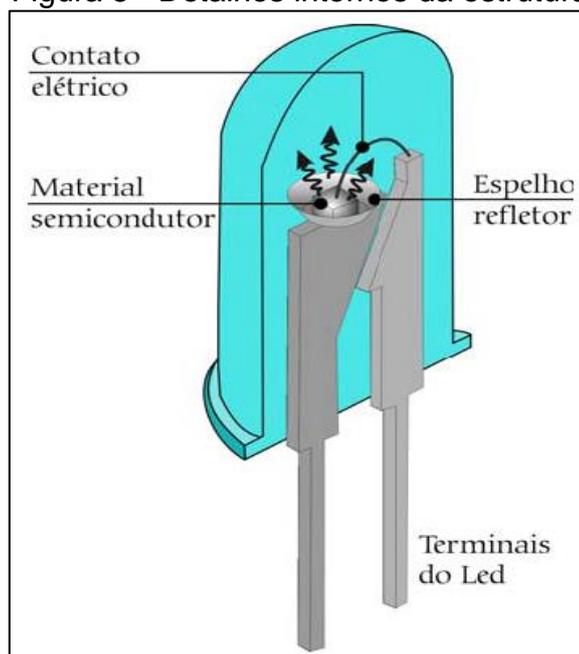
Figura 4 - Identificação da polaridade do LED



Fonte: elaborada pelo autor.

Internamente o LED é composto por semicondutores (Figura 5), um material muito comum é o arseneto de gálio, que dopado com P, produz a cor vermelha, se dopado com N produz o amarelo e o verde, etc. Outros materiais podem produzir LED azul, que em uma condição específica, ao permitir a passagem da corrente elétrica, emite luz. A cor dessa emissão, geralmente está relacionada com o material que compõe o LED, assim, o funcionamento do LED, “consiste da transformação da energia elétrica em radiação, que pode pertencer ao espectro visível ou infravermelho da luz” (OLIVEIRA, 2020, p.2).

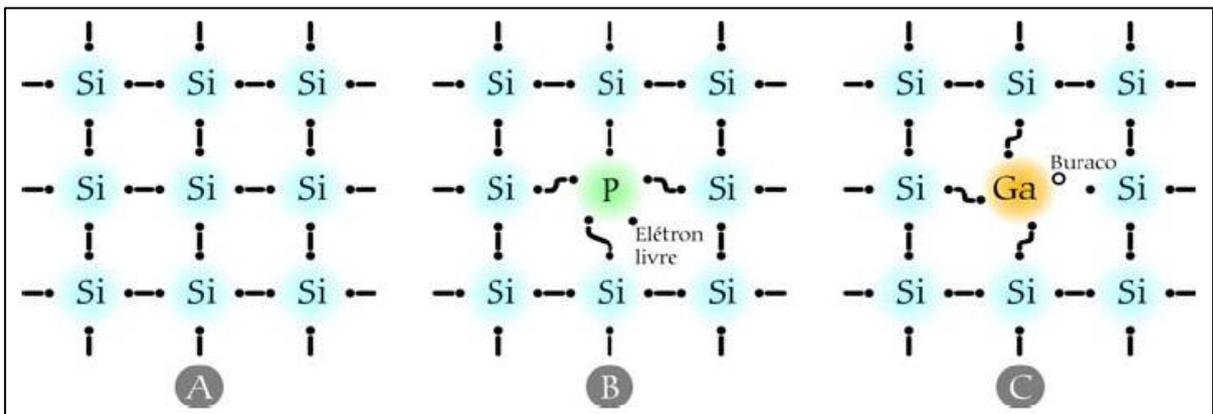
Figura 5 - Detalhes internos da estrutura



Fonte: ALVES; SILVA (2008, p. 27).

Esses materiais semicondutores que compõem o LED, são feitos por um processo de dopagem. De forma resumida, a dopagem é colocação de impurezas, em que provoca um excesso de elétrons na sua estrutura do material, ou pode-se realizar uma dopagem, no sentido de causar a falta de elétrons nessa estrutura. No caso de excesso de elétrons, o material semicondutor é chamado do tipo n, e quando se tem um “buraco”, ou seja, a falta de elétrons, é denominado semicondutor do tipo p. (ALVES e SILVA, 2008). A Figura 6(a) é uma representação do silício (Si), na Figura 7(b) é dopado com o elemento fósforo (P) formando um semicondutor do tipo n, e na Figura 8(c) dopagem com o elemento Gálio (Ga) tornando um semicondutor do tipo p.

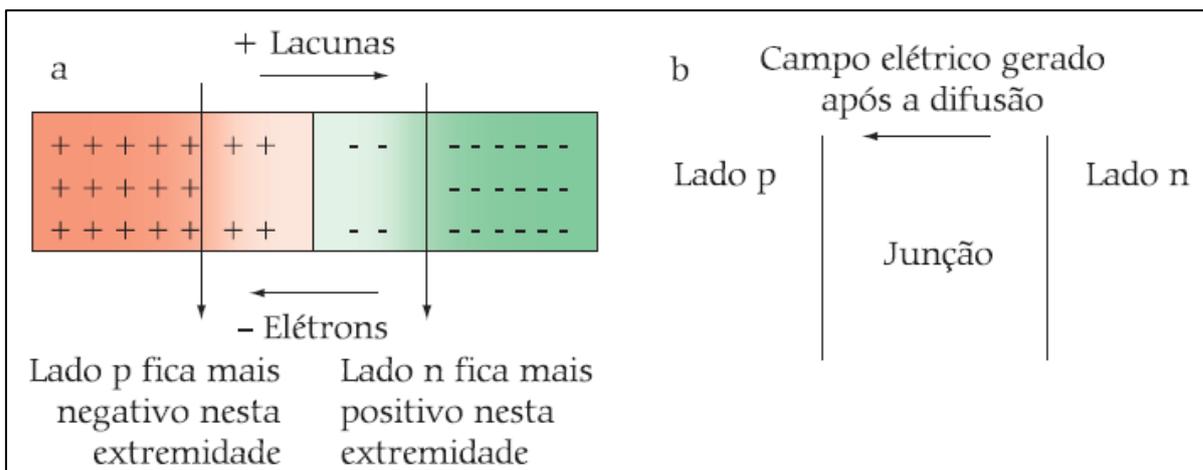
Figura 6 - (a) Representação do cristal de silício. (b) silício dopado com fósforo. (c) silício dopado com gálio



Fonte: ALVES; SILVA, 2008, p.27.

De acordo com Cavalcante *et al.* (2002, p. 27) o “diodo emissor de luz consiste em uma junção entre semicondutores fortemente dopados.” Quando se aplica um campo elétrico externo oposto, há uma polarização direta, conseqüentemente, o diodo passa a conduzir, devido a tensão aplicada na junção. Assim, “os elétrons de condução ganham energia suficiente para vencer a barreira de potencial e caminhar para região P” (CAVALCANTE *et al.*, 2002, p. 27). Essa configuração, é conhecida como junção p-n, o que reforça a existência da polaridade do LED.

Figura 7 - Dois semicondutores, um do tipo p e outro tipo n, colocados em contato
(a) se recombinam, causando o surgimento de um campo elétrico (b)



Fonte: Cavalcante *et al.* (2002, p. 27).

A Figura 7 descreve as características físicas de um LED, formado por uma junção p-n, que ao receber uma determinada tensão elétrica externa, o elétron da banda de condução passará para a banda de valência. Nessa passagem, o elétron libera energia na forma de fóton, ocasionando comprimentos de onda bem definidos a depender do tipo de semicondutor utilizado no LED. Assim, pode-se descrever a frequência de emissão com a tensão de corte (ou tensão limiar), conforme a equação (6)

$$h \cdot \nu = e \cdot V \quad \text{Equação (6)}$$

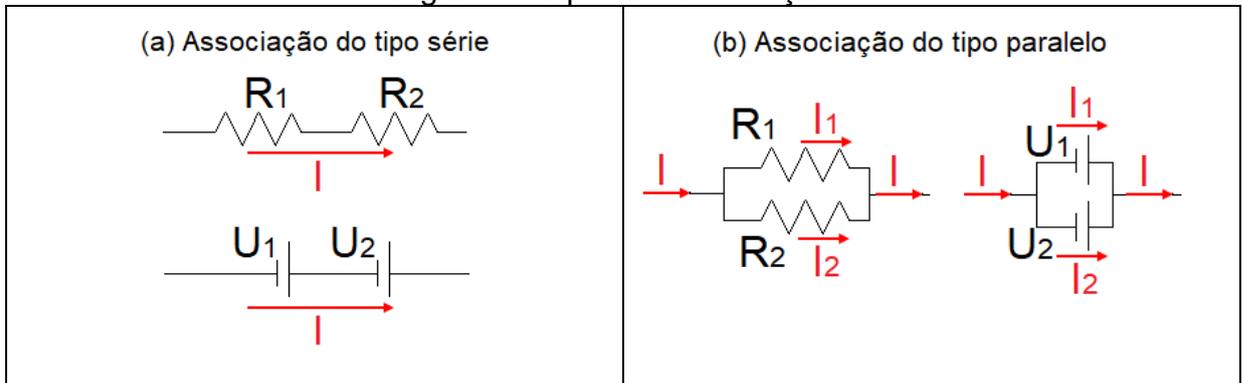
Onde $h \cdot \nu$ é a energia de um fóton, sendo h a constante de Planck, ν a frequência da radiação emitida. O que é igual a carga elétrica do elétron (e) vezes a tensão de corte (V). Portanto, essa emissão pode ir do infravermelho ao ultravioleta, porém em projetos de iluminação, trabalha-se com emissão dentro do espectro visível (do vermelho ao violeta).

3.4 Associação de resistores e geradores

A associação de geradores e resistores é basicamente a relação entre dois ou mais dispositivos iguais (por exemplo: resistores ou geradores) interagindo dentro do circuito elétrico. A associação pode ser em série ou em paralelo. Desta forma, quando um dos terminais de um dispositivo está liga ao terminal do outro, de tal forma que a mesma corrente elétrica passa por eles, tem-se uma associação do tipo série

(Figura 8a). No caso da associação em paralelo, os dispositivos são conectados de forma que a corrente elétrica é distribuída para cada componente (Figura 8b).

Figura 8 - Tipos de associação



Fonte: elaborada pelo autor.

Logo, é possível substituir dois ou mais dispositivos associados por um único dispositivo que realize as mesmas funções no circuito elétrico, e a esse conjunto de dispositivos associados denomina-se o equivalente. Para uma associação de n resistores em série tem-se que o resistor equivalente (R_{eq}) é dado por:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad \text{Equação (7)}$$

Onde R_1, R_2, \dots, R_n são os n resistores ligados em série no circuito.

Na associação de n geradores em série, tem-se que a tensão resultante no circuito é o somatório das tensões de cada gerador participante, assim

$$U_{equivalente} = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad \text{Equação (8)}$$

Na qual, U_1, U_2, \dots, U_n são as tensões elétrica de cada um dos n geradores ligados em série no circuito. Nessa configuração, de geradores em série, o circuito passa a ter mais carga, o que se pode alimentar aparelhos ou dispositivos de maior potência, tendo em vista que a tensão resultante devido a associação será maior. É importante destacar que cada fonte participante deve ser conectado o polo positivo ao negativo do gerador seguinte. Caso alguma das fontes tenha essa ordem invertida, a Diferença de Potencial desse gerador que está ao contrário dos demais, será subtraída do valor da tensão equivalente em série.

E analisando-se, uma associação em paralelo de n resistores, o resistor equivalente fica

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad \text{Equação (9)}$$

No caso de n geradores iguais, associados em paralelo, o circuito apresentará uma tensão equivalente de mesmo valor as demais fontes, ou seja

$$U_{\text{equivalente}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n \quad \text{Equação (10)}$$

Isto significa que, se essas tensões U_1, U_2, \dots, U_n são de mesmo valor, a tensão resultante no circuito também terá a mesma Diferença de Potencial (DDP). Ainda nessa associação, tem-se que a corrente elétrica é um somatório das correntes elétricas que percorrem cada fonte. No capítulo seguinte, aborda-se a sequência didática baseada nesses circuitos elétricos, com detalhamento das atividades e os materiais desenvolvidos para as práticas experimentais.

4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nesta seção expõe-se a proposta de uma Sequência Didática (SD). Uma SD pode ser definida como uma “série ordenada e articulada de atividades que formam as unidades didáticas” (ZABALA, 1998, p. 53). A implementação deste produto educacional está prevista para 8 encontros (oito aulas) de 50 minutos aproximadamente. No primeiro momento são expostas as atividades que ocorrerão ao longo da SD e a realização do teste de sondagem (pré-teste), para que o professor consiga analisar os conhecimentos prévios dos estudantes. O teste sondagem envolve questões básicas sobre os conteúdos a serem desenvolvidos na SD. Após a explicação da proposta e a aplicação do teste de sondagem, os próximos passos são aulas teóricas (quatro aulas) sobre os conceitos de Condutividade elétrica, Corrente elétrica, Diferença de potencial e as associações de geradores e de resistores, em série e em paralelo. E posteriormente, as atividades experimentais em grupos com aplicação de roteiros estruturados, onde diversas perguntas abertas compõem os exercícios. O registro escrito irá facilitar ao professor o acompanhamento do progresso mental dos estudantes sobre o tema abordado em cada prática experimental. E por fim, realizar-se-á uma aula para a sistematização dos conteúdos explorados e aplicação de um pós-teste para avaliar os indícios de aprendizagem. O Quadro 2 mostra um resumo do conjunto de atividades desta SD.

Quadro 2 - Atividades da Sequência Didática

Atividades	Descrições	Tempo estimado
1°	Apresentação da SD, explanação da dinâmica das aulas e a aplicação do pré-teste.	50min
2°	Aula introdutória sobre eletrodinâmica (Condutividade elétrica, corrente elétrica, geradores, LED e circuitos elétricos).	1h40min
3°	Aula sobre Resistores (1° e 2° Lei de Ohm), associações de geradores e de resistores, em série e paralelo. Uso de simulador de circuitos.	1h40min
4°	Atividade experimental: Verificação da condutividade elétrica da água, a associação de geradores e acendendo um LED usando limões	1 h 40 min
5°	Atividade experimental: Montando a curva característica do LED ($i \times V$)	1 h 40 min
6°	Atividade experimental: Calculando o resistor apropriado para proteger um LED	50 min

Continua

Quadro 2 - Atividades da Sequência Didática

Atividades	Descrições	Tempo estimado
7°	Atividade experimental: Associação de LEDs em série e paralelo	50 min
8°	Sistematização dos conteúdos e aplicação do pós-teste	1 h 40 min

Fonte: elaborado pelo autor.

Conclusão

É importante frisar que esse quadro baliza as atividades propostas pelo produto educacional, e que o professor é livre para fazer as adaptações que julgar necessárias, tendo em vista que cada sala de aula tem as suas especificidades. Por isso a importância de iniciar o primeiro momento com um teste de sondagem (apêndice A). É com essa avaliação diagnóstica que o professor analisará como estão seus alunos, e se haverá a necessidade de outras intervenções pedagógicas para a aplicação efetiva desta SD.

4.1 Material desenvolvido para as atividades experimentais

Para a realização das atividades experimentais desta SD, foram desenvolvidos uma série de aparatos simples, com o intuito de facilitar pedagogicamente a aplicação e reconhecimento dos principais elementos de um circuito elétrico durante a manipulação pelos estudantes. Cada componente eletrônico foi fixado em uma base de madeira, e devidamente identificado (com a simbologia correspondente ou nominalmente). Cabe destacar que, as bases de madeiras são materiais reaproveitados, ou seja, uma ação educativa fundamentada no princípio dos 3 R's (três erres): o reduzir, o reaproveitar e o reciclar, visando a preservação do meio ambiente. Para reuso as madeiras (tacos de madeiras), receberam tratamentos simples de marcenaria, como polimento e cortes. Com isso, realizou-se pequenas adaptações, tais como instalação de bornes, furos e solda. E assim, fixou-se então, os componentes eletrônicos nos suportes de madeiras. Em seguida, cada item foi rotulado conforme a sua descrição, simbologia e/ou nomenclatura característica, ver Figura 9.

Figura 9 - Rotulagem dos itens para o circuito elétrico



Fonte: arquivo pessoal do autor.

As fontes de alimentação (corrente contínua) são antigos carregadores de celular (5 V), ou de outros aparelhos eletrônicos (9 V ou 12 V), e durante a sua instalação foram observadas a sua polaridade convencional, ou seja, o positivo conectado (soldado) ao borne vermelho e o negativo do carregador conectado ao borne preto, e a rotulação com a indicação da D.D.P e corrente elétrica específica da fonte. Os LED's e potenciômetros (de 1k Ω) utilizados são adquiridos facilmente em lojas de eletrônicos, e o custo geral de todos os materiais fica em torno de uns vinte reais. Os cabos de ligação usados nos circuitos são os do tipo banana-banana, e alguns do tipo jacaré, e todos esses fios (cabos) são muito comuns, bastante usados em laboratórios de ciências.

4.2 Desenvolvendo as atividades

Nesta seção serão detalhas cada atividade proposta pela SD, os objetivos, os recursos didáticos e os conteúdos abordados.

Quadro 3 - Atividade N° 1

Objetivos	- Compreender o conjunto de atividades envolvendo eletrodinâmica. - Verificar os conhecimentos prévios dos participantes.
Materiais e Recursos	- Quadro Branco, pincel e pré-teste.
Tempo estimado	- 50 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

O professor realiza a apresentação da sequência didática, aos alunos. Um breve resumo do cronograma de atividades, semelhante ao quadro 1, explicando que haverá as aulas teóricas e aulas práticas. Assim como, a importância da avaliação diagnóstica, o pré-teste.

O pré-teste é composto por 10 questões referentes aos temas previstos na SD.

Quadro 4 - Atividade N° 2

Objetivos	- Diferenciar condutor de isolante. - Calcular a intensidade da corrente elétrica que percorre um condutor. - Relacionar matematicamente voltagem, resistência e corrente elétrica. - Compreender o funcionamento de LED`s. - Reconhecer características básicas de um circuito elétrico.
Materiais e Recursos	- Quadro Branco, pincel e livro.
Tempo estimado	- 1h40 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

Nesta etapa, realiza-se uma aula expositiva sobre Corrente elétrica, Tensão, LED`s e medidas elétricas. O professor define os principais pontos teóricos para iniciar estruturas básicas de um circuito simples, e ao final realizar junto com os alunos atividades do livro (ou material de apoio) que envolva situações-problemas.

Na Atividade N° 3, propõe-se introduzir os conceitos de associação de geradores e de resistores em série e em paralelo.

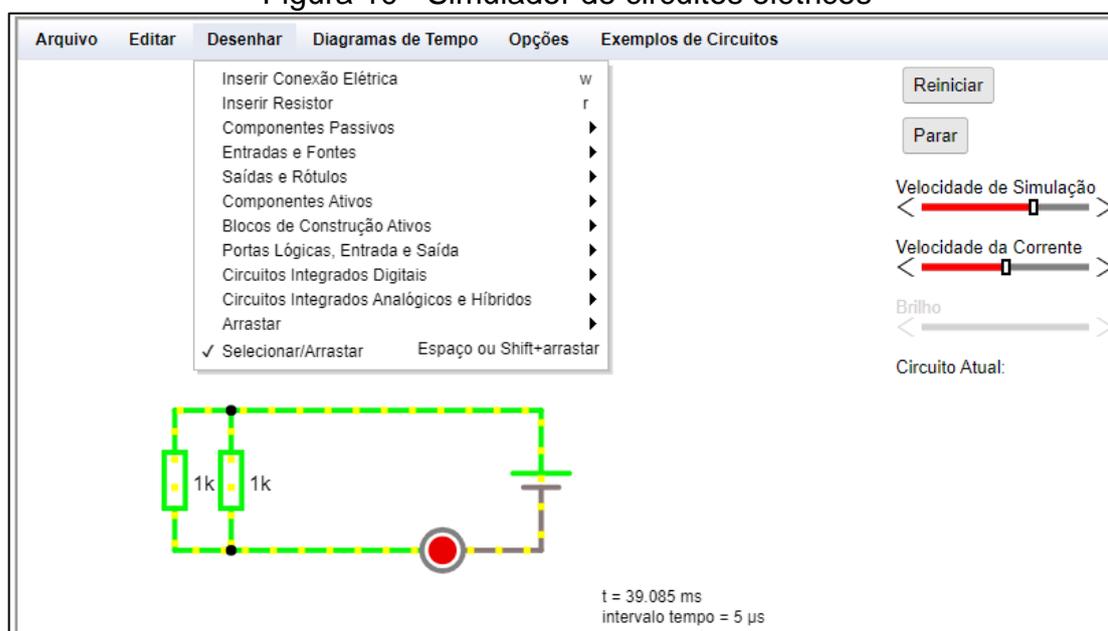
Quadro 5 - Atividade N° 3

Objetivos	- Diferenciar condutor de isolante. - Calcular a intensidade da corrente elétrica que percorre um condutor. - Relacionar matematicamente voltagem, resistência e corrente elétrica. - Compreender o funcionamento de LED`s. - Reconhecer características básicas de um circuito elétrico.
Materiais e Recursos	- Quadro Branco, pincel, livro, computador, internet e Datashow.
Tempo estimado	- 1h40 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

Propõem-se também mostrar matematicamente como calcular o equivalente nas associações, com exercícios básicos no quadro. Em seguida, apresentar um circuito elétrico em funcionamento, para isso, tem-se o simulador de circuitos elétricos (*Paul Falstad's Circuit Simulador Applet*) *online*, para tal é interessante que se realize essa atividade na sala de informática, ou em uma apresentação com *Datashow*. O simulador *online* servirá como ferramenta de sistematização do conteúdo, nele os alunos perceberão a movimentação da corrente elétrica no circuito (sentido convencional), a função do resistor dentro do circuito, o uso da Fonte de alimentação, o LED, as associações (série e paralelo) e as simbologias, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Simulador de circuitos elétricos



Fonte: elaborada pelo autor, via *Paul Falstad's Circuit Simulador Applet*.

Os comandos e desenhos do simulador são bastante intuitivos, e com ele, é possível determinar os valores para cada componente eletrônico (tensão elétrica, resistência, dentre outros...). Como sugestão para atividade extra classe é interessante propor aos alunos que realizem em casa a montagem no simulador de circuitos elétricos (simulador *online*) semelhantes aos que serão trabalhados nas aulas experimentais. Por exemplo, o professor pode solicitar aos estudantes que criem através do simulador um circuito com uma Fonte de alimentação de 3 V, conectado a um LED vermelho, e então, pedir que eles verifiquem o valor da corrente elétrica que circula no circuito. Em seguida, o que ocorre se inverter a polaridade do LED, e

observar o que acontece com a corrente elétrica se ligarmos um resistor de 1 k Ω em série com o LED. Essa atividade pode ser inclusive, compartilhada em grupos de mensagens ou plataforma da turma (*Whatsapp, Classroom* etc.), favorecendo a discussão dos conhecimentos adquiridos e compartilhamentos sobre a manipulação do simulador.

Quadro 6 - Atividade N° 4

Objetivos	- Verificar a aplicação da condutibilidade elétrica na água em diversas soluções. - Relacionar resistividade e condutibilidade elétrica de soluções com água. - Medir e investigar a ddp na associação de limões.
Materiais e Recursos	- Água destilada, Açúcar, Limões, Multímetro, Sal, pedaços de fio e um roteiro da prática experimental.
Tempo estimado	- 1 h 40 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

Essa aula é uma atividade experimental, onde o professor formará equipes de no máximo de cinco alunos, em que os materiais estão expostos na bancada, juntamente com o roteiro da prática experimental. Os materiais são de fácil aquisição e a realização pode ser no laboratório didático da escola ou na própria sala de aula. O professor deve atuar como mediador, acompanhando o desenvolvimento das equipes, e nunca passar as respostas prontas, apenas retirar as dúvidas procedimentais. A seguir o roteiro experimental:

4.2.1 Experimento 1: Verificação da condutividade elétrica da água

Material

- Água destilada
- Água da torneira
- Sal
- Açúcar
- LED vermelho
- Recipiente de plástico
- Fonte de tensão de 5V
- Cabos condutores

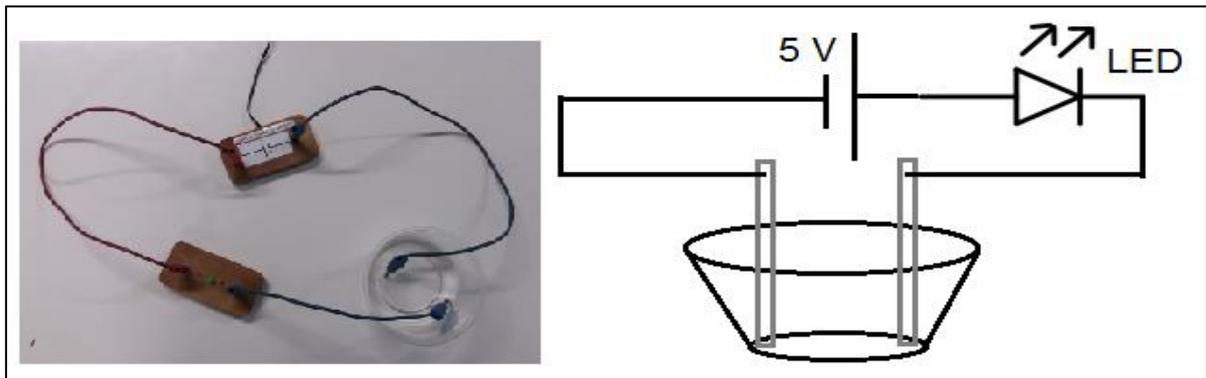
Neste experimento verificaremos se a água destilada, a água da torneira, a água destilada adicionada de sal e a água destilada adicionada de açúcar são bons

ou maus condutores de eletricidade; para isso será montado um circuito que utiliza um LED para indicar ou não a passagem de corrente elétrica.

Procedimento 1: A condutividade

Monte o circuito como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Circuito para a verificação da condutividade elétrica e sua representação esquemática



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Coloque água destilada no recipiente e aplique uma tensão de até 5V.

Anote o que observa.

Acrescente sal de cozinha (NaCl). Anote o que observa.

Coloque água destilada e acrescente açúcar no lugar do sal. Anote o que observa.

Repita o procedimento 1.2 com água da torneira. Anote o que observa.

Por que são perigosos ambientes molhados onde há contato com fios elétricos desencapados?

Procedimento 2: Pilha de limão

Material

- Um limão ou dois
- Pedacos de fio de cobre e pedacos de zinco (ferro zincado)
- Fios
- Garras tipo jacaré (quatro)
- Um multímetro
- Um LED

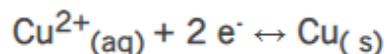
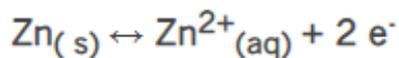
Neste experimento construiremos uma pilha introduzindo um pedaço de cobre e um pedaço de zinco (ferro zincado) em um limão como mostra a Figura 12.

Figura 12 - Limão com eletrodos de cobre e de zinco



Fonte: <http://www.museulight.com.br/DetailFacaVoce?id=4>.
Acesso em: 12 mar. 2019.

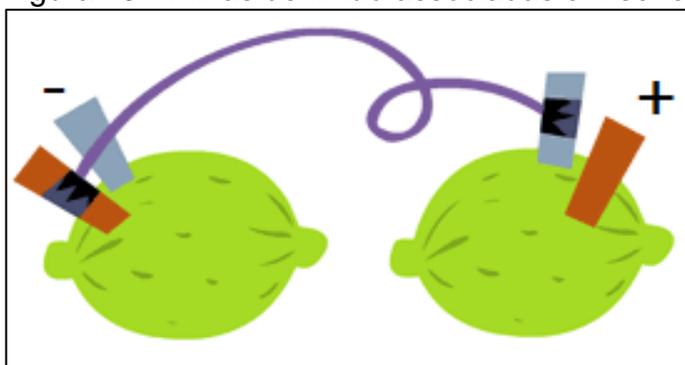
O suco de limão é uma solução eletrolítica, isto é, possui espécies químicas com cargas positivas e negativas. A placa de zinco se oxida (perde elétrons) porque o zinco possui maior potencial de oxidação que o cobre, e na placa de cobre ocorre a redução do H^+ presente no eletrólito:



As placas metálicas são os eletrodos dessa “pilha”, sendo a placa de zinco o ânodo (polo negativo que perde elétrons) e a placa de cobre o cátodo (polo positivo que recebe os elétrons).

Uma pilha assim formada fornece uma pequena tensão e a corrente gerada também é pequena. A tensão pode ser aumentada colocando várias “pilhas” em série, como mostra a Figura 13.

Figura 13 - Pilhas de limão associadas em série



Fonte: <http://www.museulight.com.br/DetailheFacaVoce?id=4>. Acesso em: 12 mar. 2019.

Para obter uma corrente maior as “pilhas” devem ser associadas em paralelo.

Procedimento 3: acendendo um LED com limão

Inicialmente, limpe bem o cobre e o zinco com uma palha de aço.

Crave o cobre e o zinco no limão. Está pronta a “pilha”.

Meça com um multímetro a tensão da “pilha”. Anote:

Associe em série duas “pilhas” e meça a tensão da associação. Anote:

Utilize a “pilha” para acender um LED. Lembre-se que o LED deve ser ligado a uma fonte com a polaridade correta. Tente vários arranjos: uma única “pilha”, duas “pilhas” associadas em série, duas “pilhas” associadas em paralelo. Anote o que observa. Em qual arranjo o LED apresenta maior luminosidade?

Quadro 7 - Atividade N° 5

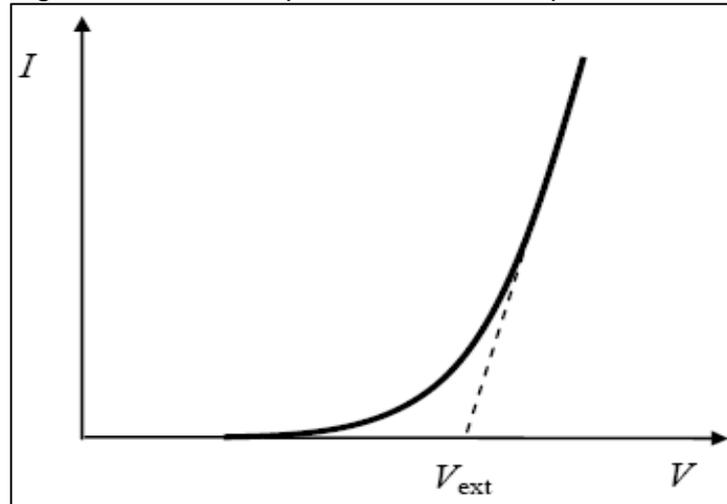
Objetivos	- Construção gráfica da intensidade da corrente elétrica <i>versus</i> voltagem em um LED. - Medir e ddp e intensidade de corrente elétrica em um circuito. - Verificar e analisar o comportamento de tensão e corrente elétrica dentro de um circuito com LED.
Materiais e Recursos	- Fonte de alimentação (CC), dois Multímetros (Vôltímetro e amperímetro), resistor, LED vermelho e fios para as ligações.
Tempo estimado	- 1 h 40 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

Para essa atividade experimental, deve-se disponibilizar uma fonte de alimentação (CC), dois multímetros, um na função de voltímetro e o outra na função de amperímetro e alguns fios para as conexões do circuito esquematizado no roteiro experimental. O professor novamente formará equipes de no máximo 4 ou 5 alunos, e distribuir os materiais aos grupos. Como essa prática envolve o uso de amperímetro, é importante que antes de ligar o circuito, o professor faça uma revisão da montagem experimental de cada equipe, pois geralmente os alunos menos experientes tendem a ligar o amperímetro em paralelo ou trocar as funções voltímetro e amperímetro, o que pode danificar o multímetro. A seguir o roteiro experimental:

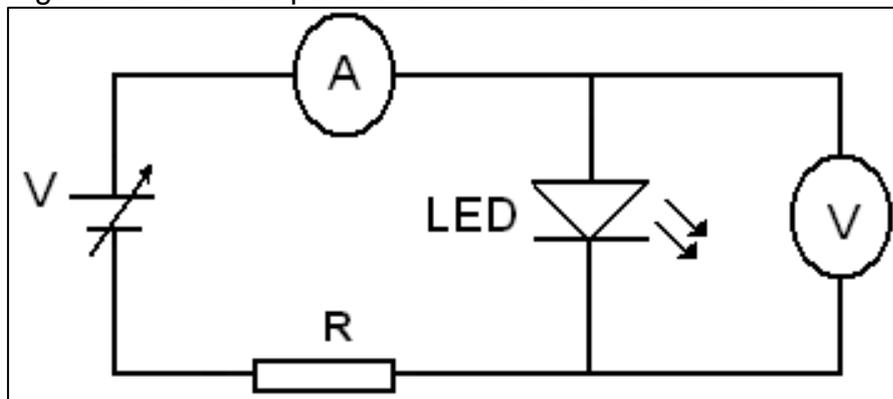
4.2.2 Experimento 2: Levantamento da Curva I versus V de um LED

Neste experimento traçaremos uma curva I versus V para o LED vermelho. Esta curva tem a forma geral mostrada na Figura 14. Como podemos ver, a corrente elétrica no LED cresce muito rapidamente a partir de um certo potencial V_{ext} (ext = extrapolado); por isso mesmo é muito importante que se aplique inicialmente um pequeno potencial e, aos poucos, esse potencial pode ser aumentado gradativamente sempre de olho na corrente que não deve passar de 20 mA.

Figura 14 - Curva típica de I versus V para um LED

Fonte: elaborada pelo autor.

Monte o circuito da Figura 15 para levantar a curva I versus V de um LED. Utilize o LED vermelho e o resistor da placa de circuito impresso fornecida. Utilize uma fonte de tensão contínua e tenha o cuidado de não aplicar uma tensão que possa produzir uma corrente maior do que 20 mA.

Figura 15 - Circuito para levantar a curva I versus V de um LED

Fonte: elaborada pelo autor.

Anote os resultados na Tabela 1. Procure anotar em intervalos menores os valores de tensão e corrente em torno do limiar de condução.

Tabela 1 - Corrente versus tensão para o LED vermelho.

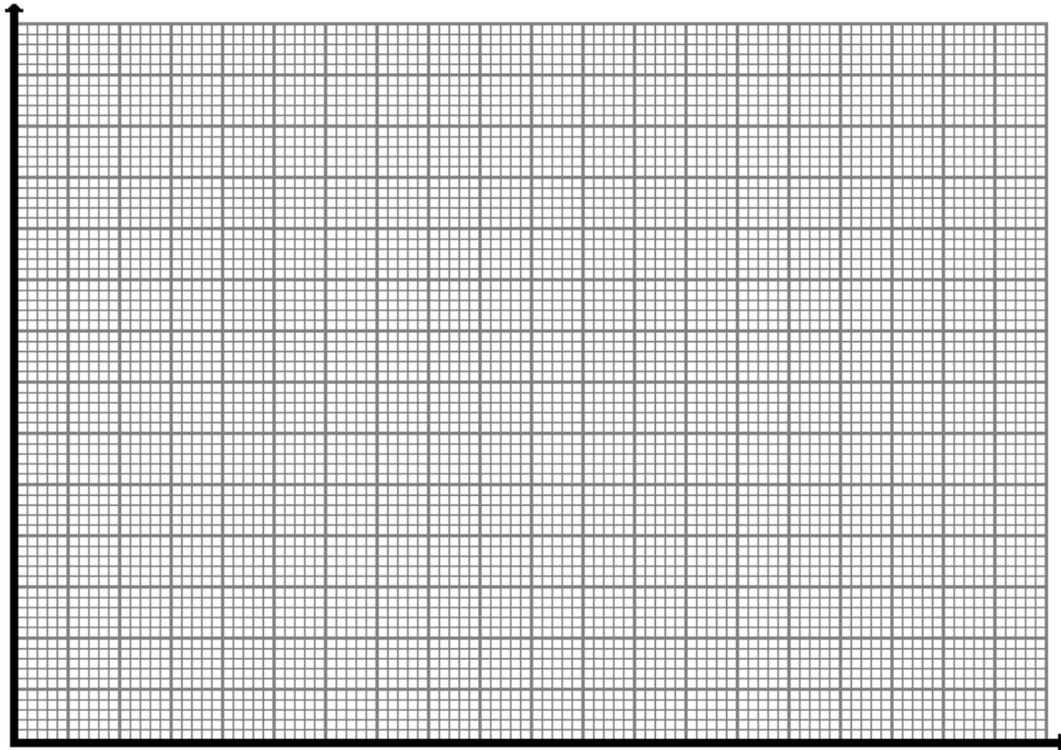
V (V)	0,7	0,9	1,2	1,5	1,6	1,7	1,75	1,8	1,85
I (mA)									

Obs.: Não deixe que a corrente ultrapasse 20 mA.

Fonte: elaborado pelo autor.

Trace o gráfico de I versus V com os dados da Tabela 1.

Gráfico 1 – Proposição de traço I versus V



Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 8 - Atividade N° 6

Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Calcular o resistor apropriado para o LED fornecido. - Compreender as ligações em serie e em paralelo usando LED`s. - Investigar o comportamento de tensão elétrica e corrente elétrica em um circuito com vários LED`s.
Materiais e Recursos	- Fonte de alimentação (CC), dois Multímetros (Voltímetro e amperímetro), resistores, e vários LED`s e fios para as ligações.
Tempo estimado	- 1 h 40 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme foi trabalhado nas atividades experimentais anteriores, o professor organiza outra vez a turma em equipes de no máximo 4 ou 5 alunos, e distribui os materiais para essas equipes. E em seguida, compartilha o seguinte roteiro.

4.2.3 Experimento 3: Cálculo do resistor apropriado para proteger um LED

Internamente em um LED há uma barreira de potencial designada de E_g . Se a diferença de potencial aplicada ao LED for menor do que o mínimo necessário para que os elétrons vençam essa barreira, não haverá condução. Somente quando a energia fornecida pela fonte de tensão aos elétrons for pelo menos igual à energia da barreira, teremos condução. Ao vencerem a barreira de potencial os elétrons podem decair, num processo chamado de recombinação, liberando a diferença de energia envolvida que é convertida em energia do fóton. Nessa condição ocorre a emissão de luz. Abaixo, na Tabela 2, temos os valores característicos de funcionamento de alguns LEDs.

Tabela 2 - Características de funcionamento de alguns LEDs

Cor	Tensão	Corrente
Vermelho	1,8 V	0,02 A
Verde	2,1 V	0,02 A
Amarelo	2,0 V	0,015 A
Laranja	2,0 V	0,02 A
Azul	3,1 V	0,02 A
Branco	3,1 V a 4,0V (depende do fabricante)	0,02 A
Infravermelho	1,1 V	0,02 A

Fonte: Adaptado de Mattede, [s. d.].

Como podemos ver na Tabela 2, cada LED deve ser utilizado respeitando-se seus limites de tensão e corrente, sob pena do mesmo não suportar e queimar. Assim, se dispomos de uma fonte de alimentação que forneça um valor de tensão maior do que o LED pode suportar, devemos associar um resistor em série com o mesmo de modo a protegê-lo.

Exemplo: Considere que queremos utilizar um LED vermelho (tensão aproximada de 2V e corrente 20 mA) e dispomos de uma fonte de tensão contínua de 9V. Nesse caso devemos associar ao LED um resistor em série de tal modo que a tensão da fonte (9 V) fique dividida em 2V sobre o LED e 7 V sobre o resistor e a corrente fique limitada a 20 mA. Podemos então calcular o valor da resistência:

$$V = R.i \quad (1)$$

$$R = \frac{V}{i} = \frac{7}{0,02} = 350\Omega \quad (2)$$

Observação: Para uma maior proteção do LED, em geral usa-se uma resistência com um valor ligeiramente superior (recomenda-se de 10% a 15% superior).

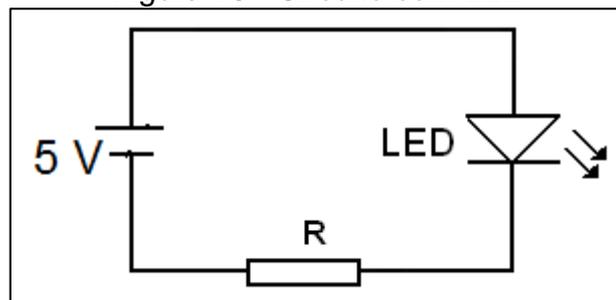
Calcule o valor da resistência que deve ser associada em série a um LED, para limitar a corrente em no máximo 20 mA. Considere que será utilizada uma fonte de corrente contínua que fornece 5 V e que o LED deve funcionar sob tensão de 2V.

Solicite ao professor um resistor com o valor calculado ou, alternativamente, ajuste um potenciômetro para o valor desejado. Para uma maior proteção utilize um resistor ou ajuste um potenciômetro para um valor (pelo menos) 10% maior que o valor calculado.

Monte o circuito da Figura 16 e verifique se o LED funciona adequadamente.

Atenção: O LED deve ser ligado observando a polaridade.

Figura 16 - Circuito com LED



Fonte: elaborada pelo autor.

Quadro 9 - Atividade N° 7

Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Calcular o resistor apropriado para o LED fornecido. - Compreender as ligações em serie e em paralelo usando LED`s. - Investigar o comportamento de tensão elétrica e corrente elétrica em um circuito com vários LED`s.
Materiais e Recursos	- Potenciômetro, Fonte de alimentação (CC), resistores, e vários LED`s e fios para as ligações.
Tempo estimado	- 1 h 40 minutos

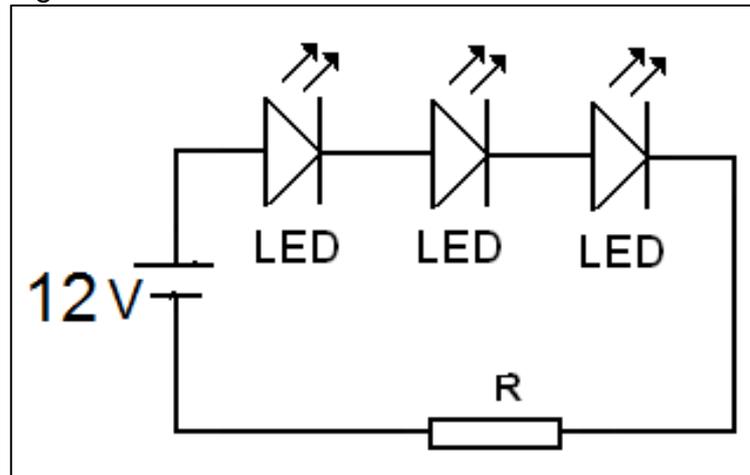
Fonte: elaborado pelo autor.

Mais uma vez, o professor antes de iniciar a atividade experimental, solicita para que os alunos formem grupos de no máximo 4 ou 5 alunos, e entrega os materiais necessários para a prática, juntamente com o seguinte roteiro:

4.2.4 Experimento 4: Associação de LEDs em série e em paralelo

Exemplo: Considere que queremos utilizar três LEDs vermelhos associados em série (tensão 2V e corrente 20mA em cada LED), Figura 17 e dispomos de uma fonte de tensão contínua de 12V. Nesse caso devemos associar aos LEDs um resistor em série de tal modo que a tensão da fonte (12 V) forneça 2V para cada LED e 6 V para o resistor e a corrente fique limitada a 20 mA.

Figura 17 - Circuito com 3 LEDs associados em série



Fonte: elaborada pelo autor.

Podemos então calcular o valor da resistência:

$$V = R \cdot i \quad (1)$$

$$R = \frac{V}{i} = \frac{6}{0,02} = 300\Omega \quad (2)$$

Calcule o valor da resistência que deve ser associada em série a dois LEDs vermelhos associados em série, para limitar a corrente em no máximo 20 mA. Considere que será utilizada uma fonte de corrente contínua que fornece 12 V.

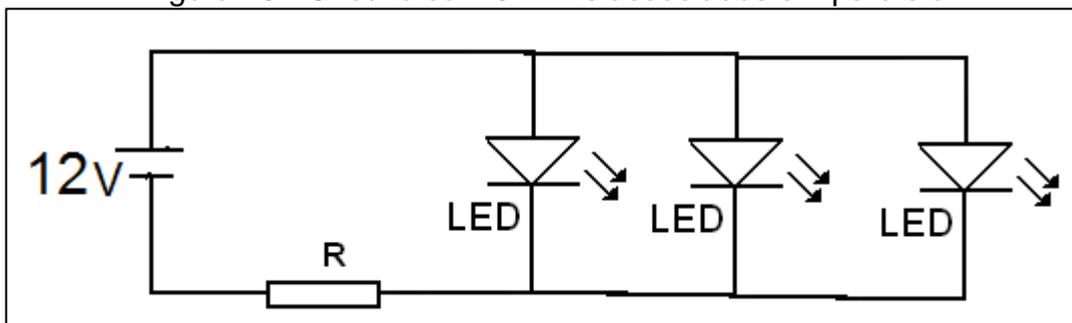
Solicite ao professor um resistor ou ajuste um potenciômetro com o valor calculado. Para uma maior proteção utilize um resistor ou ajuste o potenciômetro para um valor (pelo menos) 10% maior que o valor calculado.

Monte o circuito necessário e verifique se os LEDs funcionam adequadamente.

Calcule o valor da resistência que deve ser utilizada com três LEDs vermelhos associados em paralelo, para limitar a corrente em no máximo 20 mA, Figura 18. Considere que será utilizada uma fonte de corrente contínua que fornece 12 V.



Figura 18 - Circuito com 3 LEDs associados em paralelo



Fonte: elaborado pelo autor.

Solicite ao professor um resistor ou ajuste um potenciômetro com o valor calculado. Para uma maior proteção utilize um resistor ou ajuste o potenciômetro para um valor (pelo menos) 10% maior que o valor calculado.

Monte o circuito necessário e verifique se os LEDs funcionam adequadamente.

Quadro 10 - Atividade N° 8

Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer e caracterizar o funcionamento principais elementos estudados em circuitos elétricos. - Distinguir os tipos de associações elétricas. - Reconhecer a curva característica do LED's. - Aplicar as leis de Ohm na resolução de situações-problemas.
Materiais e Recursos	- Quadro Branco, pincel e pós-teste.
Tempo estimado	- 50 minutos

Fonte: elaborada pelo autor.

O professor expressa uma tempestade de ideias no quadro branco. Pergunta as estudantes os principais nomes que vem na mente deles quando se fala em Circuitos elétricos. Nesse momento, espera-se que eles falem em Corrente Elétrica, Voltagem, LED's, associações e outros termos técnicos. O professor aproveita para descrever junto com eles o conteúdo envolvido e visto em toda a SD, ou seja, uma sistematização do conteúdo no quadro. E por fim, aplica-se a avaliação diagnóstica (pós-teste), aquela mesma avaliação realiza no início da SD.

5 METODOLOGIA

A sequência didática é composta basicamente três momentos didáticos: As aulas introdutórias de forma expositiva (escrevendo na lousa), abordando os conteúdos de forma tradicional, nas quais os alunos estão habituados. No segundo momento o uso de atividades com aplicação de simulação de circuitos elétricos. E por fim, no terceiro momento didático, foram realizadas diversas atividades experimentais com os materiais desenvolvidos e descritos na seção 3.1, assim como os seus respectivos roteiros experimentais apresentados na seção 3.2. Devido as restrições sanitárias, necessárias ao combate do novo coronavírus (COVID19), tais como o distanciamento social e a não aglomeração de pessoas nos ambientes escolares. Então, a avaliação deste produto educacional, e a coleta de dados ocorreu de diversas formas, por registros escritos, orais e os comportamentos diante das situações-problemas durante as atividades.

Os registros escritos foram: o pré e pós-testes, os roteiros das práticas experimentais e o questionário final no formato de entrevista (Apêndice B). O questionário pré-teste foi aplicado no primeiro encontro, de maneira oral pelo professor, tornando a participação dos alunos mais espontâneas e dinâmicas. As respostas se deram de forma oral (microfone) e escrita (via *chat*) Posteriormente, nas atividades experimentais responderam os roteiros das práticas propostas na qual também foram objetos de análise. E ao final da sequência didática, os alunos responderam a um questionário-entrevista (Apêndice B), no qual os próprios estudantes avaliaram os materiais e métodos utilizados no produto educacional. Desta forma, optou-se em realizar uma pesquisa qualitativa, através de uma análise exploratória. Além da análise desses documentos escritos, as interações, os comportamentos, as observações, os debates e os discursos produzidos pelos alunos durante os encontros didáticos foram objeto de análise pelo professor-pesquisador. Para Lüdke e André (2013), essas observações são vantajosas devido ao contato pessoal com o fenômeno, o que proporciona um olhar mais direto, aproximando-se da perspectiva dos participantes do processo. E a análise desses dados observados, foram baseados no desenvolvimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais dos alunos participantes.

5.1 Local de aplicação e público-alvo

A aplicação da SD aconteceu no Colégio Militar do Corpo de Bombeiros do Ceará (CMCB-CE), na cidade de Fortaleza – Ceará, local onde o pesquisador-autor é docente. A turma escolhida foi o 2º ano do ensino médio, composta por 32 alunos, todos entre 15 anos e 17 anos. As aulas ocorreram entre os meses de outubro e novembro de 2020. Devido ao contexto de pandemia do novo coronavírus, a COVID-19, o governo estadual decretou o ensino remoto em todas as escolas do Ceará. Assim, respeitando todas as determinações e protocolos sanitários vigentes, a sequência de ensino foi adaptada para essa realidade. Desta forma, a aplicação da SD ocorreu em duas fases. Sendo a primeira fase com aulas no formato remoto (*online*), e a segunda no formato presencial.

5.2 Aplicação do produto educacional

A intervenção pedagógica de aplicação da SD, foi realizada nos meses de outubro e novembro de 2020, e conforme discutido na seção anterior, com a disseminação do novo coronavírus (COVID-19) as aulas teóricas ocorreram no formato virtual. Assim, essas atividades, de número 1, 2 e 3, aconteceram nas últimas semanas do mês de outubro de 2020. Na ocasião, foi explicado aos alunos sobre a SD e as aulas introdutórias relacionadas a eletrodinâmica.

As demais aulas foram de práticas experimentais, e de forma presencial no laboratório de Física do CMCB-CE. Para isso, todos os envolvidos tiveram que seguir todos os protocolos sanitários, como o uso do álcool em gel para higienização das mãos e a máscara de proteção individual. Além disso, por medidas de proteção, foram selecionados apenas 7 (sete) estudantes para participarem dessas aulas de laboratório.

As aulas experimentais transcorreram semanalmente, sempre no mesmo dia e horário, e com os mesmos participantes, devido ao contexto já explicitado. No tópico seguinte, aborda-se os resultados e discussão da aplicação deste produto educacional, ou seja, das atividades orientadas na SD.

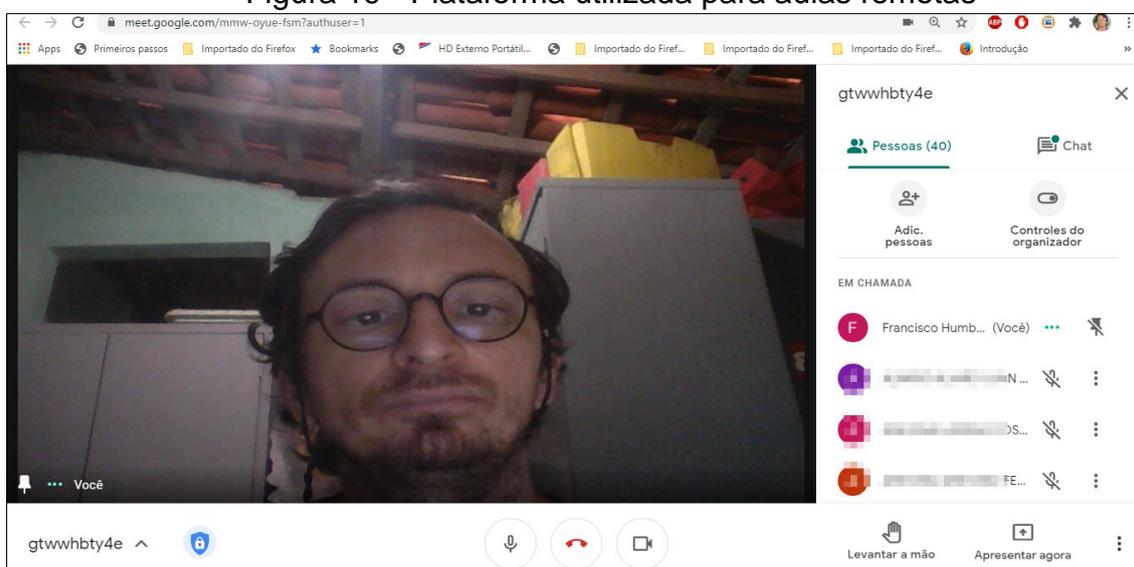
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como a pesquisa decorre da aplicação de um produto educacional, no caso uma sequência didática, optou-se por apresentar os resultados e discussões em duas subseções: as atividades remotas e as atividades experimentais. Essas análises seguem a ordem em que as atividades ocorreram.

6.1 Atividades remotas

Seguindo as orientações de prevenção e as medidas restritivas necessárias ao combate do novo coronavírus, conforme já explicado nas seções anteriores, as primeiras atividades da SD ocorreram virtualmente. Essas aulas remotas foram ministradas pela plataforma *google meet*, tendo início no dia 19 de outubro de 2020, um registro da primeira aula está registrada na Figura 19.

Figura 19 - Plataforma utilizada para aulas remotas



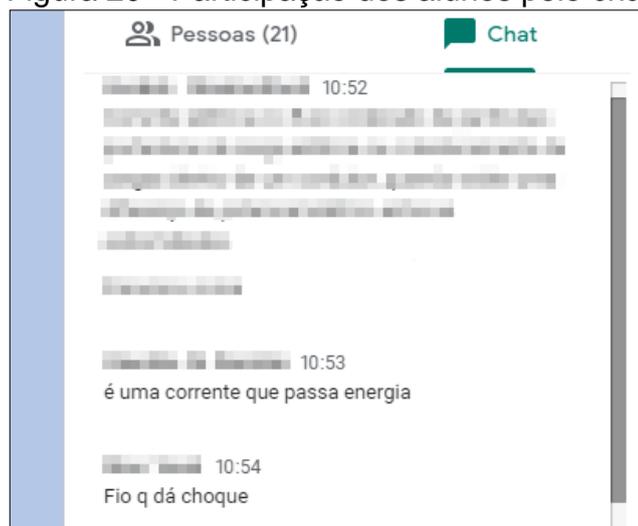
Fonte: arquivo pessoal do autor.

Na atividade N° 1 apresentou-se a SD aos estudantes, e relatou-se que se tratava de um produto educacional desenvolvido durante o curso de mestrado, da qual o professor-autor é aluno do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF). Na ocasião, explicou-se que haveria aulas teóricas e práticas, sendo que as aulas teóricas ocorreriam remotamente e nessa plataforma (*google meet*), e as aulas experimentais, seriam realizadas no laboratório da escola, ou seja,

presencialmente. Porém, neste último caso, relatou-se que essa participação nas práticas experimentais ficaria restrita a 7 (sete) alunos, devido ao pequeno espaço físico do laboratório de Física do CMCB-CE, respeitando os protocolos sanitários vigentes. Percebeu-se um grande interesse dos alunos em participar das aulas de laboratório.

Na continuação dessa primeira atividade, perguntou-se aos alunos sobre o entendimento em diversos temas referentes à eletrodinâmica. A intenção era realizar um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, sobre conceitos de corrente elétrica, resistências, dentre outros assuntos. Os alunos interagiram tanto por meio de áudio (ativando o microfone), como também por meio do *chat*, participando de forma escrita. Na Figura 20, temos relatos escritos dos alunos sobre o que eles imaginavam sobre corrente elétrica.

Figura 20 - Participação dos alunos pelo *chat*



Fonte: arquivo pessoal do autor.

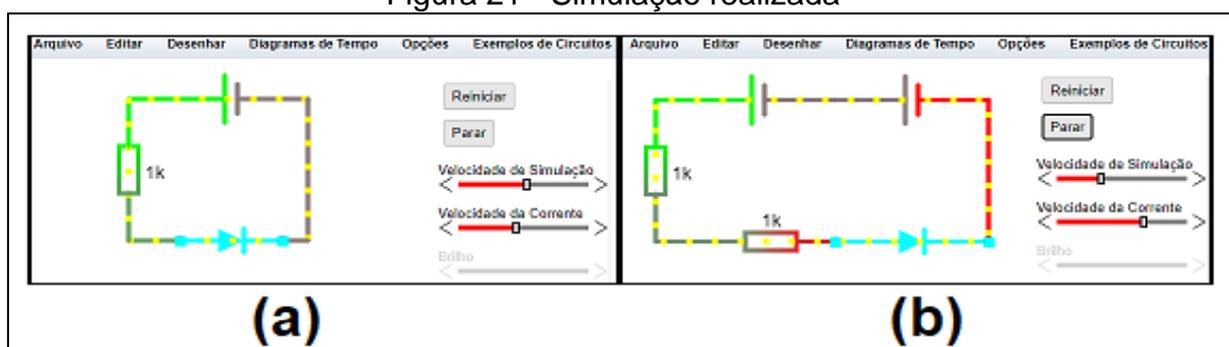
O pré-teste é importante, pois é possível realizar um diagnóstico das concepções espontâneas dos estudantes sobre o tema abordado. A respeito disso De Araújo *et al.* (2016) comenta que, o “pré-teste pode se tornar, para o professor pesquisador, uma interessante fonte de informações a respeito das concepções prévias dos alunos” (ARAÚJO *et al.*, 2016, p.4). Durante esse momento sobre corrente elétrica (Figura 20), observou-se tanto pelo chat, como pela fala dos estudantes, que o senso comum deles relaciona a corrente elétrica à energia existente somente dentro de fios, e que se trata de energia elétrica, relacionada sempre à descarga elétrica (o choque elétrico). Percebeu-se então, que não foi citado nada sobre a possibilidade da

passagem de cargas elétricas em outros meios, como os fluidos. Sendo então, uma indicação para que o professor, nas aulas seguintes ao comentar sobre a corrente elétrica, exponha uma ilustração que demonstrasse o fluxo desses portadores de cargas elétricas.

Na aula seguinte, denominada de Atividade N° 2 da SD, trabalhou-se os conceitos inerentes à condutividade elétrica, corrente elétrica com recursos de apresentação de slides. Essa aula foi elaborada no contexto das concepções errôneas dos estudantes apresentadas durante a atividade N° 1. Desta forma, o enfoque foi em demonstrações dos diversos meios que podem ou não conduzir a eletricidade, e exposição dos conceitos de corrente elétrica, resistores e associação de resistores, o LED e suas principais características, e conceitos de circuitos simples. É importante destacar que essa turma já havia estudado no primeiro semestre do ano de 2020 os principais assuntos de eletrodinâmica, e essa aula se tratava de uma revisão, incluindo questões e exercícios propostos. Novamente, as interações ocorreram pelo chat da plataforma e dialogada (usando o microfone), porém alguns alunos da turma não interagiram diretamente. Como preparação da aula seguinte, solicitou-se através de um grupo de mensagens da turma (aplicativo *whatsapp*) que eles buscassem conhecer o *Paul Falstad's Circuit Simulador Applet*, para se habituarem com o simulador a ser usado na aula.

A atividade N° 3, ocorreu através de um simulador online (disponível em: <https://www.falstad.com/circuit/>), onde o professor realizou algumas montagens. Construiu-se então um circuito simples (Figura 21.a), composto por 1 (um) resistor, 1 (um) fonte de alimentação e 1 (um) LED (diodo emissor de luz). Em seguida, Figura 21.b, demonstrou-se um novo circuito com 2 (duas) Fontes de alimentação, 2 (dois) resistores e 1 (um) LED.

Figura 21 - Simulação realizada



Fonte: elaborada pelo autor, via *Paul Falstad's Circuit Simulador Applet*.

Nessa aula, foram explorados os temas relacionados à corrente elétrica, tensão e resistência, em seguida apresentada a Lei de Ohm. Desta forma, os alunos puderam analisar o comportamento da intensidade da corrente elétrica em relação as associações de resistores e das fontes elétricas dos circuitos, conectados ao LED. Neste momento, alguns estudantes começaram a explicar as conexões entre as grandezas envolvidas. Essa tomada de consciência demonstra a apropriação dos conteúdos conceituais promovidas pela simulação computacional. Ao final da aula, através de um exercício de fixação, analisou-se graficamente as grandezas envolvidas. Diversas palavras foram utilizadas pelos estudantes, como voltagem, resistência, fluxo de elétrons, dentre outros, sendo então uma clara demonstração de se tentar realizar uma comunicação mais elaborada, mais científica.

Assim, as atividades N°1, N° 2 e N° 3 correram no formato virtual, onde trabalhou-se muito os conteúdos conceituais dos estudantes. Nas atividades viu-se integração da prática computacional (simulador) baseada na teoria. Os alunos puderam usar seus conhecimentos prévios, e com a ajuda do professor fazendo uma explanação apoiada nos subsunçores, aproveitando o conhecimento do mundo deles e lucidando suas dúvidas para alcançar uma aprendizagem significativa. Na próxima seção serão expostos os resultados das atividades seguintes da SD, as atividades laboratoriais presenciais.

6.2 Atividades Experimentais

Com a restrição das aulas presenciais, realizamos a parte experimental com 7 alunos, tendo todos os cuidados necessários. Ainda mantivemos durante todas as aulas experimentais sempre os mesmos participantes, para evitar um fluxo maior de circulação de pessoas. O critério de escolha dos estudantes para participarem dessa etapa, seguiu os seguintes requisitos: a frequência em todas as atividades da SD; a disponibilidade de ir ao laboratório da escola no contraturno; e foram selecionados alunos que não moravam com pessoas idosas ou com algum risco de saúde. Após essa triagem, iniciou-se os encontros semanais no mês de novembro, todos ocorreram no contraturno escolar.

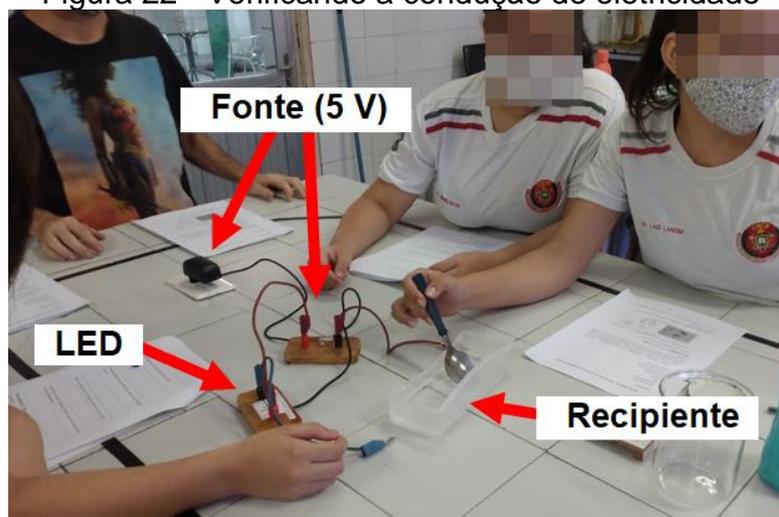
No caso, os participantes tinham idades entre 16 e 17 anos. No primeiro encontro, o professor fez um levantamento de quantas das alunas já teriam participado de aulas experimentais no laboratório de Física, e todas nunca haviam

participado de atividades experimentais. Assim, em cada atividade experimental, o professor sempre iniciava a aula realizando explicações sobre cada componente a ser usado e sobre como manipular os instrumentos de medida, como por exemplo o multímetro. Para a realização experimental, dividiu-se a turma em 2 (dois) grupos, sendo o primeiro com 4 (quatro) alunas e o segundo grupo com 3 (três) alunas. Essa configuração das equipes se manteve em todas as práticas experimentais realizadas.

A atividade N° 4, teve dois momentos experimentais, no primeiro a investigação da condução elétrica em água destilada, água adicionada de sal e água com açúcar. No segundo momento, realizou-se a construção de pilhas utilizando limões. Inicialmente, o professor distribuiu o roteiro, e deixou sob a bancada todos os materiais necessários.

Para a verificação da condução de eletricidade, os componentes utilizados foram uma fonte de alimentação de 5V (adaptação de um carregador de celular), cabos para as conexões, um LED de cor vermelha e um recipiente para colocar os líquidos que foram investigados. A montagem do circuito é bastante simples (Figura 22), porém os grupos não observaram a polaridade do LED, ou seja, a conexão correta com o polo da fonte de alimentação. Então, o professor fez uma breve explicação sobre a polaridade do diodo (LED), destacando a importância de se examinar esse detalhe.

Figura 22 - Verificando a condução de eletricidade



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Durante a montagem experimental, foi possível perceber a colaboração entre os participantes, a divisão de tarefas e o respeito pela opinião dos colegas, o que aponta o desenvolvimento de conteúdos atitudinais. O passo seguinte, era colocar

água destilada, porém os grupos utilizaram a água da torneira para realizar essa primeira observação. Todas as equipes conseguiram ascender o LED. A Figura 23, expõe as respostas das observações de cada grupo.

Figura 23 - Relatos da observação ao colocar água no recipiente

Coloque água destilada no recipiente e aplique uma tensão de até 5V.
Anote o que observa.

a luz acende bem fraco com a água da torneira.

a luz acende, porém com pouca intensidade.

Fonte: arquivo pessoal do autor.

Percebe-se na primeira escrita que a equipe reportou que foi usada a água da torneira, o que demonstra uma coleta de dados realístico. Na segunda escrita, nota-se que o grupo fez uso da linguagem científica, enfatizada pelo termo “intensidade”.

Ao adicionarem água com sal, todos os alunos ficaram surpresos com a mudança de intensidade luminosa ocorrida no LED. Nesse procedimento, o professor solicitou que as alunas acrescentassem aos poucos o sal de cozinha. A Figura 24 mostra a observação do fenômeno de uma das equipes.

Figura 24 - Registro da intensidade luminosa do recipiente com água com sal de cozinha

Acrescente sal de cozinha (NaCl). Anote o que observa.

ao adicionar pouco sal, a luz ficou mais forte, mas, ao acrescentar mais, a luz continuou praticamente a mesma, se tiver havido mudanças, foi mínima.

Fonte: arquivo pessoal do autor.

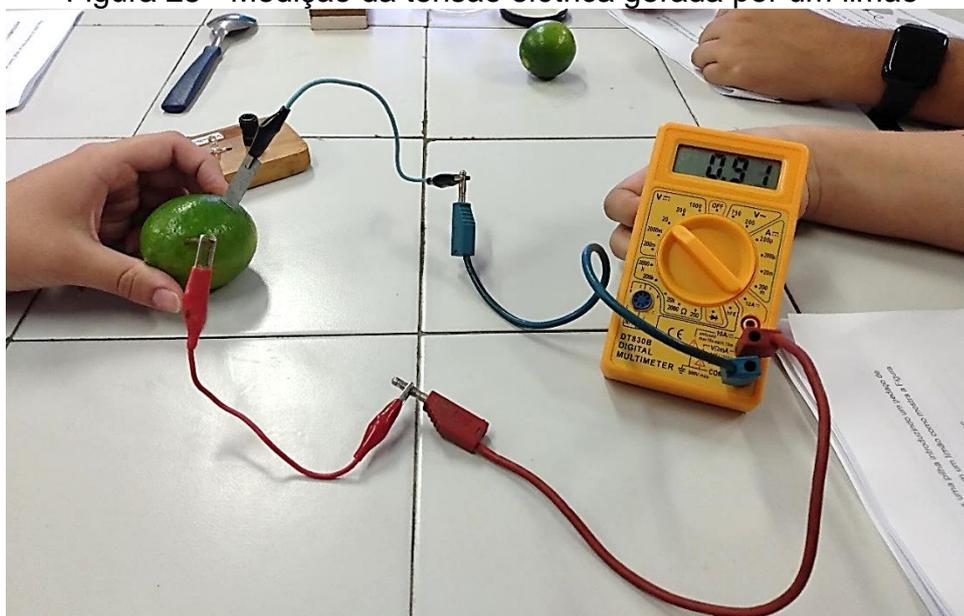
No passo seguinte, água com açúcar, as equipes registram que houve pouco brilho do LED, semelhante ao caso da água da torneira. A medida em que as alunas manipulavam os objetos percebeu-se a construção do conhecimento através

da aprendizagem significativa, seja pela formulação de hipóteses ou o debate das ideias, mostrando um maior interesse pelo conteúdo, e não pela memorização.

O procedimento seguinte era analisar a possibilidade de acender um LED utilizando limões como Fonte de Alimentação do circuito. A princípio as alunas ficaram desconfiadas se seria possível realmente acender um LED com limões.

Nenhuma das participantes sabia manipular o multímetro, então o professor fez uma breve explanação de como utilizá-lo. Dadas as instruções, as equipes seguiram com os procedimentos experimentais, fixando nas extremidades do limão pedaços de cobre e de zinco. O Figura 25 registra o momento em que se realizou a medição da DDP de um limão.

Figura 25 - Medição da tensão elétrica gerada por um limão



Fonte: arquivo pessoal do autor.

As alunas realizaram a medição de todos os limões disponibilizados, os valores obtidos foram entre 0,91 V e 0,94 V. Para a continuação experimental utilizou-se todos os limões de DDP igual a 0,94 V. Porém, durante a montagem, ocorreu muita dificuldade em associação da pilha de limão em série e em paralelo (Figura 26). Foi necessário o auxílio do professor para explicar as configurações das ligações dessas pilhas.

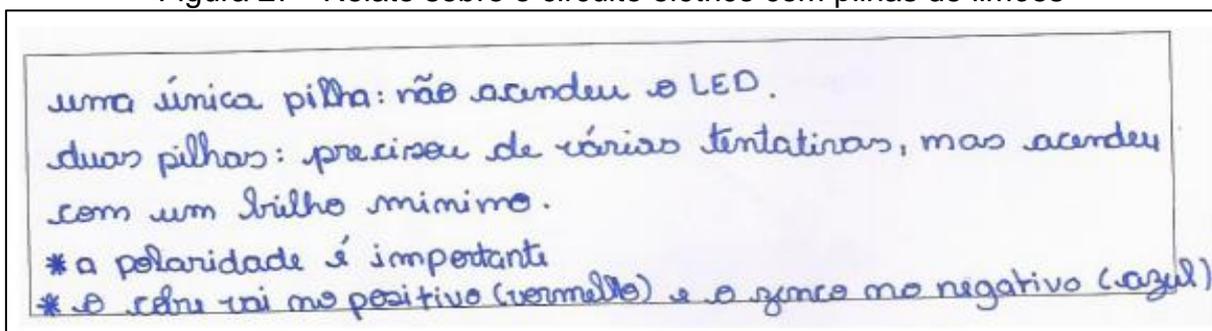
Figura 26 - Tentativa de associação das pilhas de limão



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Outro fator relevante, é que diversas hipóteses foram testadas para ligar o LED, e que houve a percepção conceitual de que a associação em série e a em paralelo fornecem, ao circuito, diferentes tensões e correntes elétricas. As estudantes também perceberam que os terminais do limão possuem polaridade, pois dependendo do polo conectado ao LED, ele acendia. Assim, diversas conclusões experimentais foram descritas (ver Figura 27), evidenciando os conteúdos procedimentais através da comunicação escrita.

Figura 27 - Relato sobre o circuito elétrico com pilhas de limões

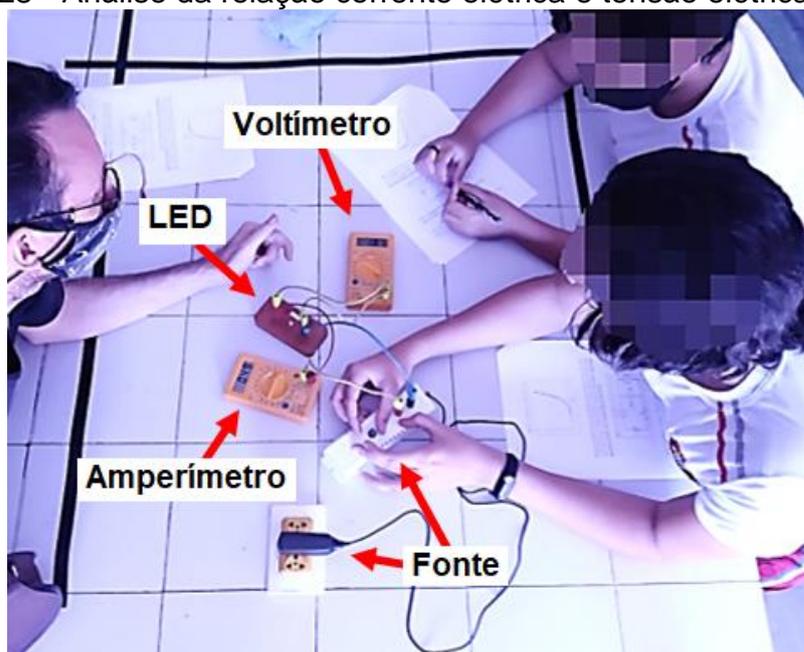


Fonte: arquivo pessoal do autor.

A atividade N° 5 ocorreu na semana seguinte, a proposta desta atividade é que se investigue a relação da intensidade da corrente elétrica com a tensão elétrica de um LED. As estudantes receberam o guia experimental e solicitou-se que identificasse o material disponibilizado (2 multímetros, 1 LED vermelho, Fonte de

alimentação ajustável). O professor lembrou o uso do Voltímetro, e explicou como funciona o Amperímetro. Realizou-se também uma discussão sobre o funcionamento da fonte de alimentação ajustável, na qual há um potenciômetro (resistência variável) onde as estudantes podem regular a tensão elétrica de saída para o LED, conforme ilustra a Figura 28.

Figura 28 - Análise da relação corrente elétrica e tensão elétrica do LED

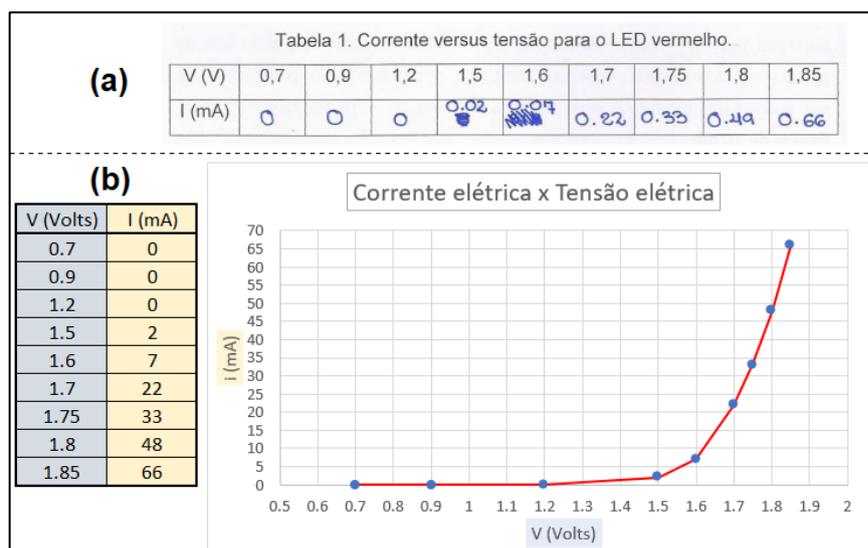


Fonte: arquivo pessoal do autor.

Nesta atividade, observou-se que as alunas estavam mais engajadas e proativas. Além, disso a cooperação, o debate de ideias, a reflexão das informações se fez presente a cada instante da prática experimental. Há indícios de desenvolvimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais das participantes.

Ao registrarem a coleta de dados, ver Figura 29a, as alunas fizeram anotação direta da leitura do *display* (visor) do multímetro. Verifica-se que não houve uma atenção com a escala seletora do aparelho. Acredita-se que esse fato decorreu pela falta de habilidade técnica com o instrumento. Em seguida, utilizou-se uma planilha eletrônica para plotar o gráfico intensidade da corrente elétrica por tensão elétrica do LED vermelho, Figura 29b, com a devida correção da leitura de escala.

Figura 29 - Dados registrados pelas alunas(a). Gráfico plotado com dados corrigidos(b)



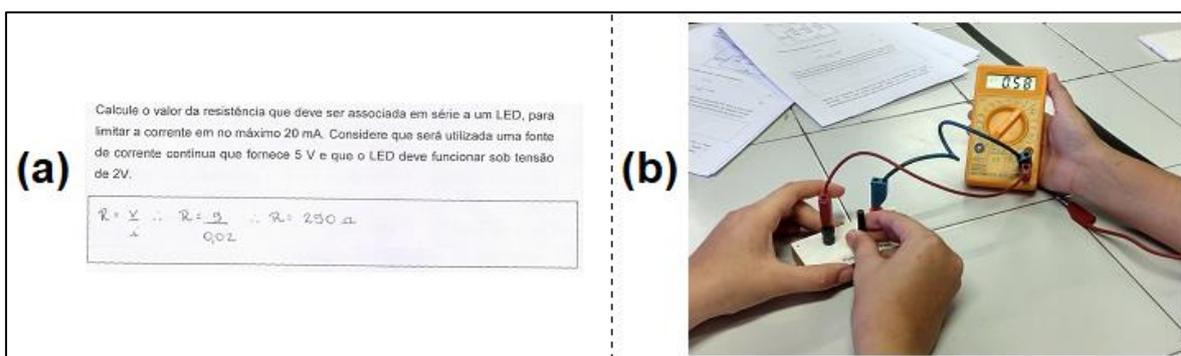
Fonte: arquivo pessoal do autor.

Neste momento, o professor aproveitou o gráfico construído para aprofundar os conceitos de corrente elétrica e tensão elétrica em um LED, assim como explicitar que há uma curva característica para cada cor de LED, semelhante ao gráfico plotado.

No encontro da atividade N° 6, as equipes tiveram que usar a Lei de Ohm para ajustar um potenciômetro e em seguida aplicar essa resistência no circuito elétrico com o uso da fonte de 5 V. No guia experimental as estudantes verificaram a tabela com as especificações de tensão e corrente elétrica para cada LED.

Na ocasião, explicou-se que a resistência é um componente que limitará a passagem da corrente para proteger o LED. Desta forma, foi disponibilizada uma fonte de alimentação de 5 V, e dado que a intensidade da corrente elétrica que passa no LED deve ser de 0,20 mA. As alunas calcularam o valor do resistor aquedado, Figura 30.a. Em seguida, com o multímetro na função ohmímetro, as equipes ajustaram o potenciômetro para o valor da resistência calculada, Figura 30b.

Figura 30 - Calculando a resistência adequada (a), e ajuste da resistência no potenciômetro (b)



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Neste experimento uma das estudantes comentou que “agora faz sentido” a Lei de Ohm. Assim, esse comentário mostra que a aprendizagem se tornou significativa, em termos de se unir a teoria com a prática.

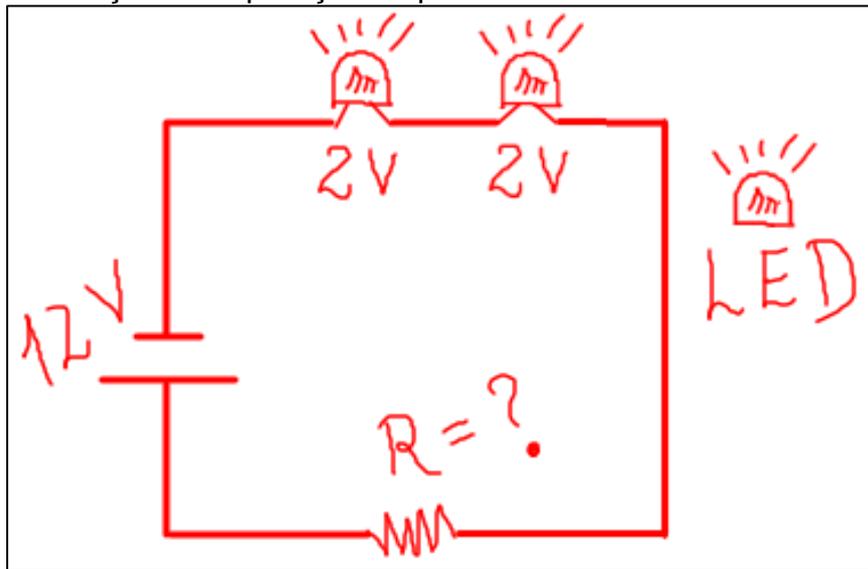
E por fim, debateu-se sobre o limiar de emissão de luz, que é a depender da cor do LED, ou seja, tensão elétricas diferentes para cada cor, conforme os dados informativos da tabela contida no guia experimental.

A prática seguinte, atividade N° 7, teve como situação-problema montar circuitos com associação em série e em paralelo. Para essa atividade, foram fornecidos vários LED's vermelhos, uma fonte de alimentação de 12 V e um potenciômetro. Observa-se que os conceitos de circuitos em série e paralelo, agora foram aplicados na atividade experimental, dando maior autonomia as alunas a medida em que elas puderam realizar a melhor forma de solucionar o problema proposto, mostrando-se indícios de aprendizagem significativa. O experimento, além de promover a montagem da associação em série e em paralelo dos LED's, desafiou as alunas em calcular o resistor necessário para ser instalado juntamente com a fonte fornecida (12 V).

Primeiramente, o guia experimental começa com uma associação em série de 2 (dois) LED's. Então, as equipes fizeram os cálculos matemáticos para encontrar o valor do resistor necessário para ser instalado no circuito. Neste caso, cada LED deve funcionar com tensão elétrica de 2 V. O que sobraria 8 V do valor da fonte de alimentação do circuito (a fonte de 12V) para ser aplicada no resistor (potenciômetro). Assim, sendo a intensidade de corrente elétrica limite de 20 mA, as equipes deveriam calcular a resistência a ser empregada.

Porém, houve uma certa dificuldade na turma em compreender os valores de tensão e corrente elétrica para calcular a resistência elétrica adequada. Diante dessa dificuldade, o professor fez um esquema na lousa, semelhante a Figura 31, e explicou os detalhes do circuito elétrico em questão.

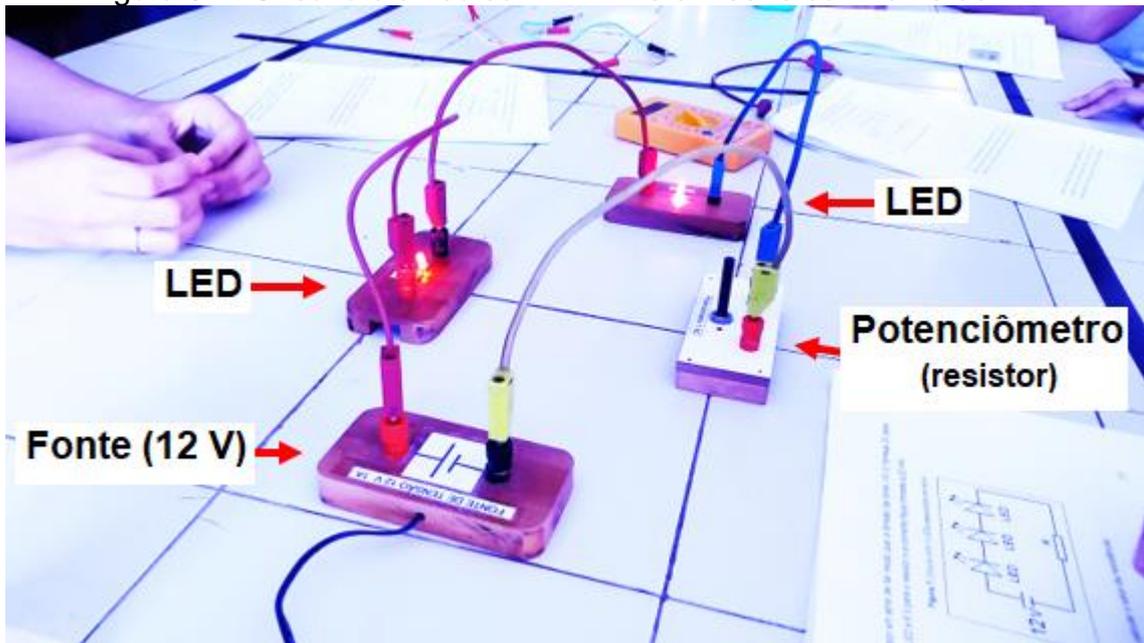
Figura 31 - Ilustração da explicação do professor sobre o circuito com 2 LED's



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Assim, com a ilustração feita na lousa, esclareceu-se para as equipes, que no circuito em série ocorre uma divisão da tensão para cada componente. Elucidou-se que a intensidade de corrente que circula é a mesma para todos os dispositivos desse circuito, ou seja, se a intensidade de corrente é de 20 mA para o resistor (potenciômetro) será a mesma que passará por cada LED. Após a explicação, as equipes calcularam a resistência e montaram o circuito, Figura 32.

Figura 32 - Circuito elétrico com 2 LED's em série com fonte de 12 V

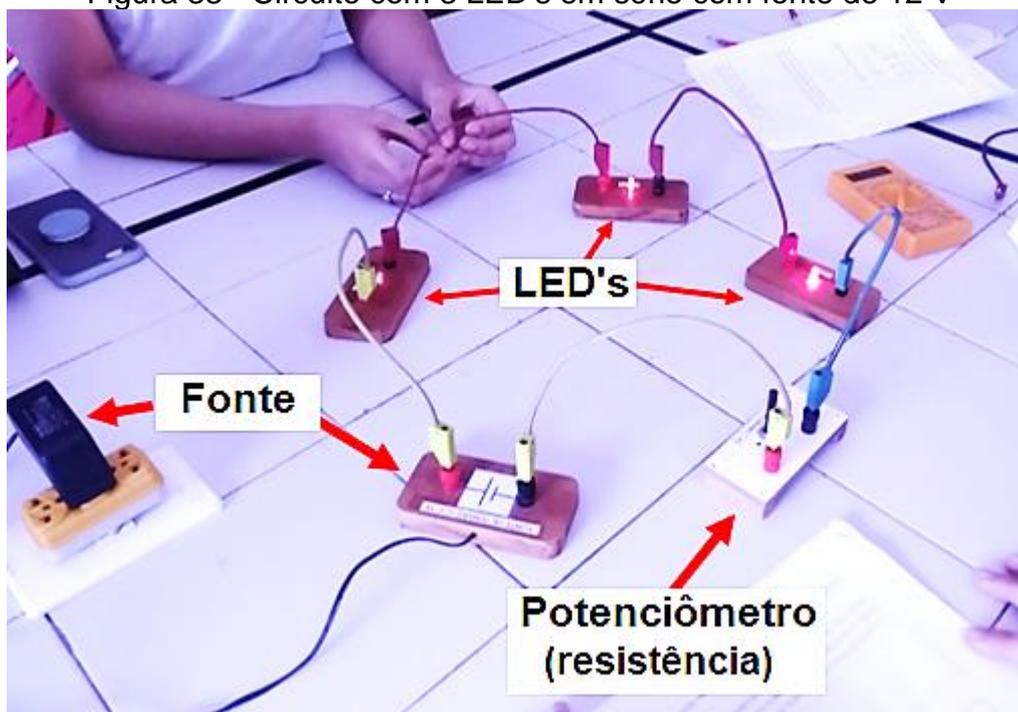


Fonte: arquivo pessoal do autor.

Na sequência, as alunas calcularam o resistor necessário para ser instalado em um circuito com 3 (três) LED's em série. Com as mesmas características do circuito anterior, ou seja, intensidade de corrente elétrica que circula o circuito deve ter valor de 0,20 mA e a fonte de alimentação de 12 V. Desta vez, as equipes desenvolveram com mais facilidade o cálculo do valor teórico da resistência a ser usada. Sendo um indicativo de que as práticas experimentais reforçam os conceitos teóricos vistos na sala de aula (no caso na aula virtual).

Em seguida dos cálculos, cada grupo ajustou o potenciômetro (para a resistência calculada) e realizou a montagem do circuito com os 3 (três) LED's em série, conforme Figura 33.

Figura 33 - Circuito com 3 LED's em série com fonte de 12 V

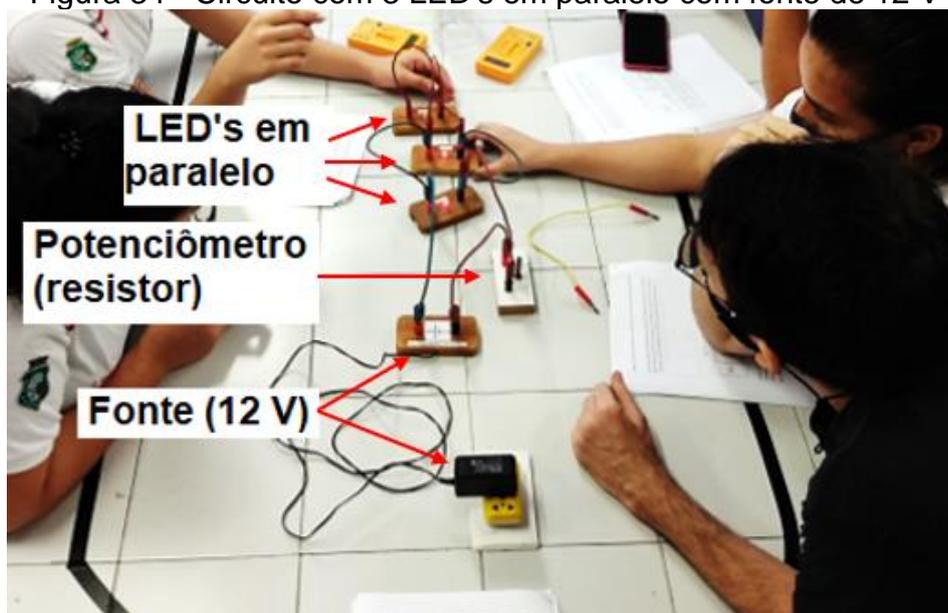


Fonte: arquivo pessoal do autor.

Neste momento, o professor aproveitou para explorar os conceitos de corrente e tensão elétrica em um circuito com associação em série. E reforçar o que foi visto no circuito anterior (2 LED's), onde a intensidade da corrente elétrica é a mesma em todo o circuito, e que ocorre uma divisão de tensão para cada dispositivo deste circuito, de tal forma que a DDP total (12 V) é a soma das DDP's de cada elemento (3 LED's e resistor).

O circuito subsequente é a associação em paralelo. E mais uma vez percebeu-se a dificuldade em calcular o valor da resistência necessária para o circuito. Foi necessária a intervenção do professor para realizar novamente um esquema na lousa ilustrando a situação. Sanadas as dúvidas, as equipes encontraram o valor teórico da resistência e montaram o circuito proposto (Figura 34).

Figura 34 - Circuito com 3 LED's em paralelo com fonte de 12 V



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Neste circuito, observou-se uma certa indefinição no momento de realizar as conexões para que cada LED ficasse em paralelo. Provavelmente, essa certa indefinição, decorre pelo fato de que, em um mesmo plugue do LED (borne do LED) é conectado mais de um cabo.

Ao final desta aula, aplicou-se um questionário (Apêndice B) para obter um levantamento diagnóstico dos participantes e da avaliação deles sobre as atividades experimentais realizadas. Foram 12 perguntas, sendo 11 objetivas e apenas uma subjetiva. A Tabela 3 é uma síntese das 11 questões objetivas e a resposta mais escolhida em cada questionamento. Assim, na coluna da esquerda tem-se as perguntas, ao centro as respostas de maior frequência, e na direita a quantidade de alunas que selecionaram aquela resposta.

Tabela 3 - Questionário de opinião com as respostas de maior ocorrência

Pergunta (Questão)	A resposta mais selecionada	Quantidade de alunos (as) que marcaram essa resposta (Dos 7 participantes)
1- Você já teve aula de Física experimental, em que você manipulou os instrumentos?	Não	7
2- Você acredita que aulas experimentais ajudam o estudante a compreender melhor a Física?	Sim	7

Continua

Tabela 3 - Questionário de opinião com as respostas de maior ocorrência

Pergunta (Questão)	A resposta mais selecionada	Quantidade de alunos (as) que marcaram essa resposta (Dos 7 participantes)
3- Na sua opinião, ao estudar circuitos, é melhor uma aula tradicional ou em uma aula com experimentos.	Parte de forma tradicional e parte usando experimentos.	7
4- Em relação a participação dos colegas, as atividades experimentais	Melhorou a participação dos alunos.	7
5- Você acha que as atividades propostas causaram um debate dentro do grupo?	Sim	7
6- A interação do professor com o aluno, e vice-versa, foi aumentada?	Sim	7
7- Durante a realização das atividades houve divergência (diferença) de pensamentos?	Sim, teve algumas ideias diferentes	7
8- Na sua opinião, as atividades experimentais ajudam a compreender melhor as questões de circuitos elétricos que estão nos livros ou nas provas.	Sim (* Bastante	5 (* 2
9- Usamos nas atividades experimentais materiais simples e de baixo custo. Indique qual dos materiais que mais te surpreendeu durante os experimentos.	LED	5
10- Durante a fase manipulativa o que se tornou mais difícil para você?	Montar o circuito elétrico	4
11- Na sua opinião as aulas experimentais devem ser usadas no ensino de outras disciplinas?	Sim	7

(*) Duas alunas marcaram a opção bastante, o que reforça o "sim".

Fonte: dados da pesquisa.

Conclusão

Analisando os dados obtidos do questionário (Apêndice B), é possível notar que apesar de todas as alunas nunca terem realizado uma aula experimental manipulando os instrumentos (Questão 1), foram categóricas em afirmar que as aulas experimentais ajudam a compreender a Física (Questão 2). Houve também unanimidade em relatar que os experimentos melhoram a participação dos alunos (Questão 4), promovendo o debate entre os alunos (Questão 5) e a interação entre professor e alunos (Questão 6) e que aulas experimentais devem ser aplicadas em outras disciplinas (Questão 11). E as participantes tiveram total convergência em

afirmar que os experimentos colaboram na compreensão dos exercícios do livro e das questões de provas (ver Pergunta 8).

Nesse questionário, deixou-se a última pergunta (Questão N°12) do tipo subjetiva. Para que as estudantes opinassem sobre quais temas foram possíveis aprender com a prática experimental e relatassem o que mais gostaram de realizar na atividade. A Figura 35 é o relato de uma das alunas.

Figura 35 - Resposta da Questão 12 de uma das participantes

12- Descreva quais temas abordados você mais gostou e/ou conseguiu aprender. (pode ser uma opção ou várias opções que você mais gostou)

Fazer o levantamento de curva I versus V de um LED e montar os circuitos.

Fonte: arquivo pessoal do autor.

Com esse relato (Figura 35), observa-se que a construção do gráfico “I versus V” foi um estudo importante. E que provavelmente a coleta de dados e a interpretação trouxe uma relevância para esta aluna. O que sugere uma aplicação matemática com os valores obtidos, ou seja, a instrumentação dos dados obtidos. Nota-se ainda, que montar os circuitos foi outro fator relevante citado. Nesse mesmo sentido, existiram várias outras descrições (Figura 36).

Figura 36 - A montagem do experimento como fator relevante da atividade

12- Descreva quais temas abordados você mais gostou e/ou conseguiu aprender. (pode ser uma opção ou várias opções que você mais gostou)

eletricidade e corrente elétrica, resistor e como montar o circuito elétrico

Como fazer/ligar o circuito elétrico e sobre resistores.

Como ligar o circuito elétrico.

Fonte: arquivo pessoal do autor.

Esses registros demonstram que a montagem dos circuitos é um fator relevante para os alunos em poderem realizar o próprio experimento, de terem uma participação ativa no processo de ensino-aprendizagem. Reforçando a importância dos conteúdos procedimentais e atitudinais. Além de que esses relatos, vêm evidenciar o protagonismo das alunas durante as alunas experimentais, seja realizando a montagem, seja aferindo uma medição, seja debatendo soluções para cada situação.

7 CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi possível utilizar uma sequência didática com o uso principalmente de LED's para explorar os conceitos que envolvem circuitos elétricos, tais como condução elétrica, geradores, resistores, associação em série e paralelo de geradores e resistores, assim como a utilização de instrumentos de medida, como o multímetro. Para isso, foram confeccionados conjuntos experimentais (kit's) e roteiros para cada aula prática em laboratório. Os kit's didáticos são de baixo custo, e de fácil construção, assim como funcionam com uma baixa DDP, o que evita maiores riscos, tanto para o aluno como para o professor.

Conforme foi apresentado no capítulo anterior, a prática experimental que foi aplicada, motivou os alunos(as) a aprenderem de forma significativa. Partindo do conhecimento prévio dos estudantes, a sequência didática proporcionou indícios de desenvolvimento dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais dos participantes. Nas aulas remotas, trabalhando-se com os conhecimentos prévios dos alunos houve uma melhora significativa nos conceitos de análise de circuitos. Nas práticas experimentais, constatou-se um maior engajamento das discentes (alunas participantes), que a cada experimento novo, faziam autonomamente as manipulações, o debate, as hipóteses e soluções para os problemas, fortalecendo a aprendizagem significativa.

Para o docente, o fator motivação dos estudantes (alunas) com o uso de experimentos, foi bastante positivo. Porém, com o contexto da pandemia (Covid 19) limitou o número de participantes no laboratório. Houve dificuldade no início por partes das alunas (as participantes das aulas experimentais) em manipular os instrumentos de medição, assim como a montagem de alguns circuitos propostos, principalmente das associações em série e paralelo. Acredita-se que tal dificuldade, decorre de que as participantes nunca terem manipulado equipamentos ou experimentos relacionados com eletricidade. Algumas relataram que nunca haviam entrado no laboratório de Física da instituição (Colégio Militar do Corpo de Bombeiros do Estado do Ceará - CMCBCE). Um outro fator recorrente nas práticas, foi a polarização do Diodo (LED), por diversas vezes as alunas esqueciam essa característica. O cálculo da resistência para a instalação do resistor adequado para o circuito em análise foi outro fator de dificuldade apresentado na aplicação, e a manipulação e medição dessa

resistência no potenciômetro, o que evidência a falta de habilidade com a prática experimental.

Como trabalhos futuros, seria interessante realizar novos experimentos com associações mistas de geradores e resistores. O que poderia aproximar um pouco mais dos exercícios propostos dos livros didáticos de Física. E a sequência didática mostrou, que os experimentos consolidaram a teoria com a prática experimental, trazendo mais participação, interesse, conseqüentemente um maior aprendizado, principalmente de conceitos de resistência, considerados abstratos pelos alunos. Por fim, a SD com os conjuntos experimentais confeccionados foi capaz de promover uma aprendizagem mais significativa dentro do contexto da eletrodinâmica básica de circuitos elétricos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. G.; SILVA, A. F. Usando LED como fonte de energia. **Revista Física na Escola**, São Paulo, v. 9, n. 1, p.26-28, 2008.
- ARAÚJO, A. V. R. *et al.* Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n.2, e2401, 2016.
- AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa**. São Paulo: Moraes, 1982.
- CARVALHO, R. S. S.; SCHIRLO, A. C. Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de física ante a nova realidade social. **Imagens da Educação**, Maringá, v. 4, n. 1, p.36-42, 2014.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma aula sobre o Efeito Fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. **Revista Física na Escola**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 24-29, 2002.
- DARROZ, L. M. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. **Revista Espaço Pedagógico**, Rio Grande do Sul, v. 25, n. 2, p. 576-580, 2018.
- FALSTAD. **Paul falstad's circuit simulator applet**. [s. d]. Disponível em: <http://www.falstad.com/circuit/>. Acesso em: 16 out. 2020.
- GONÇALVES, A. C. **Sequência didática para aulas experimentais voltadas ao ensino de circuitos elétricos**. 2018. 152f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) - Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2018
- LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 2013.
- NEVES, S. *et al.* Aprendizagem significativa por descoberta: uma reflexão da problematização sob a abordagem de Ausubel. **CIAIQ**, Espanha, v. 1, p.719-724, 2017.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning How to Learn**. Britânica: Cambridge University Press, 1998.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica 3: eletromagnetismo**. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 1997.
- OLIVEIRA, I. N. *et al.* Estudo das propriedades do Diodo Emissor de Luz (LED) para a determinação da constante de Planck numa maquete automatizada com o auxílio da plataforma Arduíno. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, e20190105, 2020.

SILVA, J. **Aprendizagem significativa em uma abordagem no ensino de circuitos elétricos no ensino médio**. 2020. 100f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

VIACELLI, K. A. G. **Uma proposta de sequência didática para o ensino de eletricidade com o uso de atividades experimentais e simuladores educacionais**. 2020. 80f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

YOUNG, H.; FREEDMAN, R. **Física III-Eletromagnetismo**. 12. ed. EUA: Pearson Higher Education, 2010.

ZABALA, A. **Prática Educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ARTMED, 1988.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO

Série: ____ Turma: ____ Turno: _____ Data: __/__/2020

1- Você já teve aula de Física experimental, em que você manipulou os instrumentos?
() Sim () Não () Parcialmente.

2- Você acredita que aulas experimentais ajudam o estudante a compreender melhor a Física?
() Sim () Não () muito pouco.

3- Na sua opinião, ao estudar circuitos, é melhor uma aula tradicional ou em uma aula com experimentos.
() Somente de forma tradicional () Somente com experimentos
() Parte de forma tradicional e parte usando experimentos.

4- Em relação a participação dos colegas, as atividades experimentais
() Melhorou a participação dos alunos.
() Piorou a participação dos estudantes.
() Nem melhorou e nem piorou a participação.

5- Você acha que as atividades propostas causaram um debate dentro do grupo?
() Sim () Não () parcialmente

6- A interação do professor com o aluno, e vice-versa, foi aumentada?
() Sim () Não () Muito pouco.

7- Durante a realização das atividades houve divergência (diferença) de pensamentos?
() Sim, teve algumas ideias diferentes.
() Não, as ideias foram praticamente iguais.

8- Na sua opinião, as atividades experimentais ajudam a compreender melhor as questões de circuitos elétricos que estão nos livros ou nas provas.
() Sim. () Não. () Muito pouco. () Bastante.

9- Usamos nas atividades experimentais materiais simples e de baixo custo. Indique qual dos materiais que mais te surpreendeu durante os experimentos.
() Limões com zinco e cobre.
() Carregadores de celulares (Fontes).
() Potenciômetro.
() Multímetro.
() LED's.

10- Durante a fase manipulativa o que se tornou mais difícil para você?
() Medir usando o multímetro.
() Montar o circuito elétrico.

- () Identificar a função dos componentes elétricos.
- () Diferenciar ligação em série e paralelo.
- () Outro: _____.

11- Na sua opinião as aulas experimentais devem ser usadas no ensino de outras disciplinas?

- () Sim.
- () Não.
- () Apenas na Física.
- () Já são usadas em outras disciplinas.

12- Descreva quais temas abordados você mais gostou e/ou conseguiu aprender. (pode ser uma opção ou várias opções que você mais gostou)

Obrigado pela sua participação!!!

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL**MNPEF**Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

FRANCISCO HUMBERTO SEVERIANO DA SILVA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ELETRODINÂMICA UTILIZANDO LEDs EM
CIRCUITOS ELÉTRICOS SIMPLES**

Produto Educacional da Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

FORTALEZA

2021

1 APRESENTAÇÃO

Neste produto educacional, o professor encontrará conjuntos experimentais para abordar diversos temas relacionados com circuitos elétricos. Os conjuntos foram construídos utilizando-se de materiais simples e acessíveis ao professor. Assim como foram preparados também práticas experimentais com roteiros para cada tema. A maior parte das atividades, envolve o uso de LED's (diodo emissor de luz), onde os estudantes têm a possibilidade de estudar os fenômenos da condução de eletricidade, de corrente elétrica, tensão, resistência e dentre várias outras propostas voltadas para a eletrodinâmica básica. Esse trabalho é fruto de uma dissertação de mestrado cujo título é **Sequência didática de eletrodinâmica utilizando leds em circuitos elétricos simples**.

De início apresentamos a dinâmica de aplicação da Sequência Didática, juntamente com os materiais utilizados para os experimentos, e para cada atividade é demonstrado o assunto, assim como cada roteiro experimental a ser aplicado pelo professor. É importante destacar que as atividades propostas podem ser utilizadas tanto em laboratório de ciências, quanto na própria sala de aula. Logo, cada professor deve avaliar as melhores condições de aplicação, assim como ficar à vontade para realizar adaptações condizentes com a realidade da sua turma. O importante é que esse produto educacional consiga promover a motivação e o aprendizado para os estudantes e professores.

Os autores

2 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A implementação deste produto educacional está prevista para 8 encontros (oito aulas) de 50 minutos aproximadamente. No primeiro momento são expostas as atividades que ocorrerão ao longo da Sequência Didática (SD) e a realização do teste de sondagem (pré-teste), para que o professor consiga analisar os conhecimentos prévios dos estudantes. O teste sondagem envolve questões básicas sobre os conteúdos a serem desenvolvidos na SD. Após a explicação da proposta e a aplicação do teste de sondagem, o próximo passo são aulas teóricas (quatro aulas) sobre os conceitos de Condutividade elétrica, Corrente elétrica, Diferença de potencial e as associações de geradores e de resistores, em série e em paralelo. Em seguida descrevemos as atividades experimentais em grupos com aplicação de roteiros estruturados, onde diversas perguntas abertas compõe os exercícios. O registro escrito irá facilitar ao professor o acompanhamento do progresso mental dos estudantes sobre o tema abordado em cada prática experimental. Por fim, realiza-se uma aula para a sistematização dos conteúdos explorados e aplicação de um pós-teste para avaliar os indícios de aprendizagem. O Quadro 1 é um resumo do conjunto de atividades desta SD.

Quadro 1 - Atividades da Sequência Didática

Atividades	Descrições	Tempo estimado
1°	Apresentação da SD, explanação da dinâmica das aulas e a aplicação do pré-teste.	50min
2°	Aula introdutória sobre eletrodinâmica (Condutividade elétrica, corrente elétrica, geradores, LED e circuitos elétricos).	1h40min
3°	Aula sobre Resistores (1° e 2° Lei de Ohm), associações de geradores e de resistores, em série e paralelo. Uso de simulador de circuitos.	1h40min
4°	Atividade experimental: Verificação da condutividade elétrica da água, a associação de geradores e acendendo um LED usando limões	1 h 40 min
5°	Atividade experimental: Montando a curva característica do LED ($i \times V$)	1 h 40 min
6°	Atividade experimental: Calculando o resistor apropriado para proteger um LED	50 min
7°	Atividade experimental: Associação de LEDs em série e paralelo	50 min
8°	Sistematização dos conteúdos e aplicação do pós-teste	1 h 40 min

Fonte: elaborado pelo autor.

É importante frisar que esse quadro baliza as atividades propostas pelo produto educacional, e que o professor é livre para fazer as adaptações que julgar necessárias, tendo em vista que cada sala de aula tem as suas especificidades. Por isso a importância de iniciar o primeiro momento com um teste de sondagem, é com essa avaliação diagnóstica que o professor analisará como estão seus alunos, e se haverá a necessidade de outras intervenções pedagógicas para a aplicação efetiva desta SD.

3 MATERIAL DESENVOLVIDO PARA AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Para a realização das atividades experimentais desta SD, foram desenvolvidos uma série de aparatos simples, com o intuito de facilitar pedagogicamente a aplicação e reconhecimento dos principais elementos de um circuito elétrico durante a manipulação pelos estudantes. Cada componente eletrônico foi fixado em uma base de madeira, e devidamente identificado (com a simbologia correspondente ou nominalmente). Cabe destacar que, as bases de madeiras são materiais reaproveitados, ou seja, uma ação educativa fundamentada no princípio dos 3 R's (três erres): o reduzir, o reaproveitar e o reciclar, visando a preservação do meio ambiente. Para reuso as madeiras (tacos de madeiras), receberam tratamentos simples de marcenaria, como polimento e cortes. Com isso, realizou-se pequenas adaptações, tais como instalação de bornes, furos e solda. E assim, fixou-se então, os componentes eletrônicos nos suportes de madeiras. Em seguida, cada item foi rotulado conforme a sua descrição, simbologia e/ou nomenclatura característica, ver Figura 1.

Figura 1 - Rotulagem dos itens para o circuito elétrico



Fonte: arquivo pessoal do autor.

As fontes de alimentação (corrente contínua) são antigos carregadores de celular (5 V), ou de outros aparelhos eletrônicos (9 V ou 12 V), e durante a sua instalação foram observadas a sua polaridade convencional, ou seja, o positivo conectado (soldado) ao borne vermelho e o negativo do carregador conectado ao borne preto, e a rotulagem com a indicação da D.D.P e corrente elétrica máxima específica da fonte. Os LED's e potenciômetros (de $1k\Omega$) utilizados são adquiridos facilmente em lojas de eletrônicos, e o custo geral de todos os materiais fica em torno de uns vinte reais (em 2019). Os cabos de ligação usados nos circuitos são os do tipo banana-banana, e alguns do tipo jacaré, e todos esses fios (cabos) são muito comuns, bastante usados em laboratórios de ciências.

4 DESENVOLVENDO AS ATIVIDADES

Nesta seção serão detalhas cada atividade proposta pela SD, os objetivos, os recursos didáticos e os conteúdos abordados.

Quadro 2 - Atividade N° 1

Objetivos	- Compreender o conjunto de atividades envolvendo eletrodinâmica. - Verificar os conhecimentos prévios dos participantes.
Materiais e Recursos	- Quadro Branco, pincel e pré-teste.
Tempo estimado	- 50 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

O professor realiza a apresentação da sequência didática, aos alunos. Um breve resumo do cronograma de atividades, semelhante ao quadro 1, explicando que haverá as aulas teóricas e aulas práticas. Assim como, a importância da avaliação diagnóstica, o pré-teste.

O pré-teste é composto por 10 questões referentes aos temas previstos na SD.

Quadro 3 - Atividade N° 2

Objetivos	- Diferenciar condutor de isolante. - Calcular a intensidade da corrente elétrica que percorre um condutor. - Relacionar matematicamente voltagem, resistência e corrente elétrica. - Compreender o funcionamento de LED`s. - Reconhecer características básicas de um circuito elétrico.
Materiais e Recursos	- Quadro Branco, pincel e livro.
Tempo estimado	- 1h40 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

Nesta etapa, realiza-se uma aula expositiva sobre Corrente elétrica, Tensão, LED`s e medidas elétricas. O professor define os principais pontos teóricos para iniciar estruturas básicas de um circuito simples, e ao final realizar junto com os alunos atividades do livro (ou material de apoio) que envolva situações-problemas.

Na Atividade N° 3, propõe-se introduzir os conceitos de associação de geradores e de resistores em série e em paralelo.

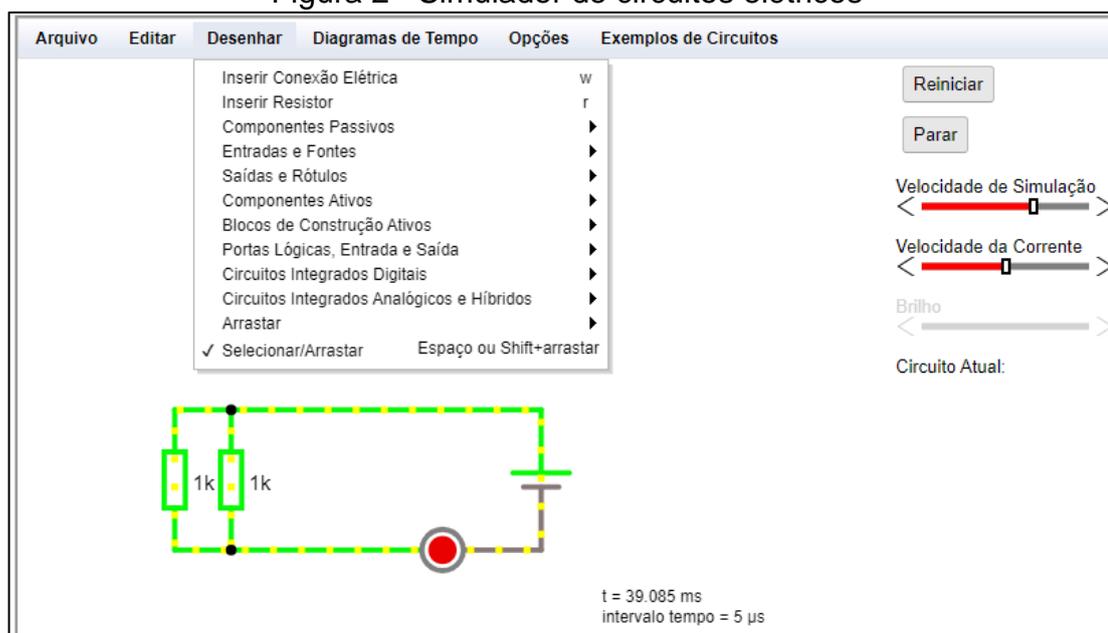
Quadro 4 - Atividade N° 3

Objetivos	- Diferenciar condutor de isolante. - Calcular a intensidade da corrente elétrica que percorre um condutor. - Relacionar matematicamente voltagem, resistência e corrente elétrica. - Compreender o funcionamento de LED`s. - Reconhecer características básicas de um circuito elétrico.
Materiais e Recursos	- Quadro Branco, pincel, livro, computador, internet e Datashow.
Tempo estimado	- 1h40 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

Propõem-se também mostrar matematicamente como calcular o equivalente nas associações, com exercícios básicos no quadro. Em seguida, apresentar um circuito elétrico em funcionamento, para isso, tem-se o simulador de circuitos elétricos (*Paul Falstad's Circuit Simulador Applet*) *online*, para tal é interessante que se realize essa atividade na sala de informática, ou em uma apresentação com *Datashow*. O simulador *online* servirá como ferramenta de sistematização do conteúdo, nele os alunos perceberão a movimentação da corrente elétrica no circuito (sentido convencional), a função do resistor dentro do circuito, o uso da Fonte de alimentação, o LED, as associações (série e paralelo) e as simbologias, como mostra a Figura 10.

Figura 2 - Simulador de circuitos elétricos



Fonte: elaborada pelo autor, via *Paul Falstad's Circuit Simulador Applet*.

Os comandos e desenhos do simulador são bastante intuitivos, e com ele, é possível determinar os valores para cada componente eletrônico (tensão elétrica, resistência, dentre outros...). Como sugestão para atividade extra classe é interessante propor aos alunos que realizem em casa a montagem no simulador de circuitos elétricos (simulador *online*) semelhantes aos que serão trabalhados nas aulas experimentais. Por exemplo, o professor pode solicitar aos estudantes que criem através do simulador um circuito com uma Fonte de alimentação de 3 V, conectado a um LED vermelho, e então, pedir que eles verifiquem o valor da corrente elétrica que

circula no circuito. Em seguida, o que ocorre se inverter a polaridade do LED, e observar o que acontece com a corrente elétrica se ligarmos um resistor de 1 k Ω em série com o LED. Essa atividade pode ser inclusive, compartilhada em grupos de mensagens ou plataforma da turma (*Whatsapp, Classroom* etc.), favorecendo a discussão dos conhecimentos adquiridos e compartilhamentos sobre a manipulação do simulador.

Quadro 5 - Atividade N° 4

Objetivos	- Verificar a aplicação da condutibilidade elétrica na água em diversas soluções. - Relacionar resistividade e condutibilidade elétrica de soluções com água. - Medir e investigar a ddp na associação de limões.
Materiais e Recursos	- Água destilada, Açúcar, Limões, Multímetro, Sal, pedaços de fio e um roteiro da prática experimental.
Tempo estimado	- 1 h 40 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

Essa aula é uma atividade experimental, onde o professor formará equipes de no máximo de cinco alunos, em que os materiais estão expostos na bancada, juntamente com o roteiro da prática experimental. Os materiais são de fácil aquisição e a realização pode ser no laboratório didático da escola ou na própria sala de aula. O professor deve atuar como mediador, acompanhando o desenvolvimento das equipes, e nunca passar as respostas prontas, apenas retirar as dúvidas procedimentais. A seguir o roteiro experimental:

4.2.1 Experimento 1: Verificação da condutividade elétrica da água

Material

- Água destilada
- Água da torneira
- Sal
- Açúcar
- LED vermelho
- Recipiente de plástico
- Fonte de tensão de 5V
- Cabos condutores

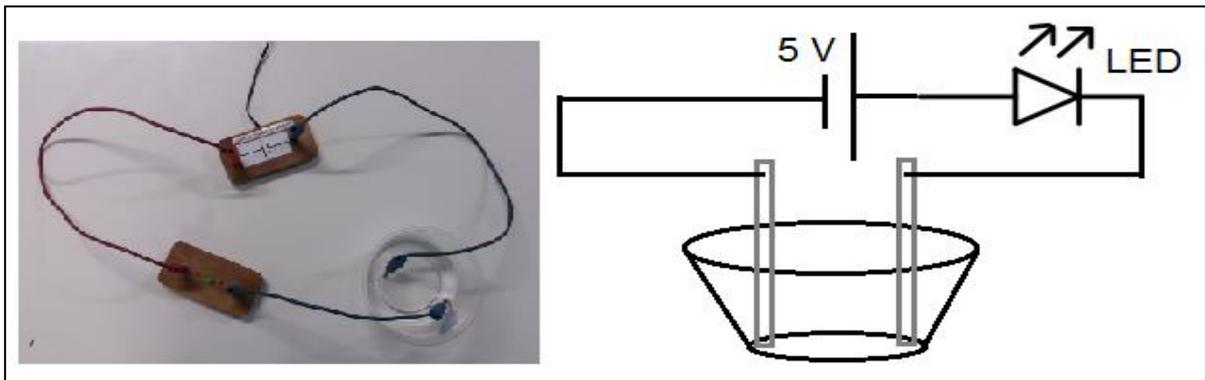
Neste experimento verificaremos se a água destilada, a água da torneira, a água destilada adicionada de sal e a água destilada adicionada de açúcar são bons

ou maus condutores de eletricidade; para isso será montado um circuito que utiliza um LED para indicar ou não a passagem de corrente elétrica.

Procedimento 1: A condutividade

Monte o circuito como mostra a Figura 11.

Figura 3 - Circuito para a verificação da condutividade elétrica e sua representação esquemática



Fonte: arquivo pessoal do autor.

Coloque água destilada no recipiente e aplique uma tensão de até 5V.

Anote o que observa.

Acrescente sal de cozinha (NaCl). Anote o que observa.

Coloque água destilada e acrescente açúcar no lugar do sal. Anote o que observa.

Repita o procedimento 1.2 com água da torneira. Anote o que observa.

Por que são perigosos ambientes molhados onde há contato com fios elétricos desencapados?

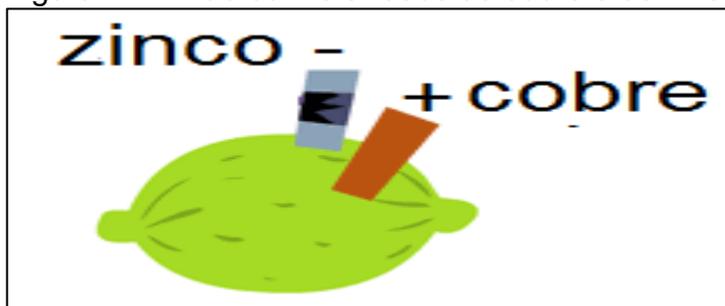
Procedimento 2: Pilha de limão

Material

- Um limão ou dois
- Pedacos de fio de cobre e pedacos de zinco (ferro zincado)
- Fios
- Garras tipo jacaré (quatro)
- Um multímetro
- Um LED

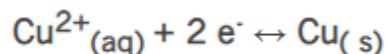
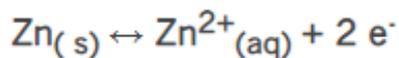
Neste experimento construiremos uma pilha introduzindo um pedaço de cobre e um pedaço de zinco (ferro zincado) em um limão como mostra a Figura 12.

Figura 4 - Limão com eletrodos de cobre e de zinco



Fonte: <http://www.museulight.com.br/DetailheFacaVoce?id=4>.
Acesso em: 12 mar. 2019.

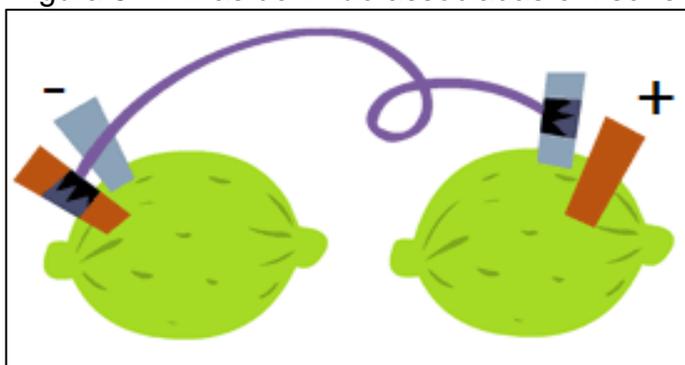
O suco de limão é uma solução eletrolítica, isto é, possui espécies químicas com cargas positivas e negativas. A placa de zinco se oxida (perde elétrons) porque o zinco possui maior potencial de oxidação que o cobre, e na placa de cobre ocorre a redução do H^+ presente no eletrólito:



As placas metálicas são os eletrodos dessa “pilha”, sendo a placa de zinco o ânodo (polo negativo que perde elétrons) e a placa de cobre o cátodo (polo positivo que recebe os elétrons).

Uma pilha assim formada fornece uma pequena tensão e a corrente gerada também é pequena. A tensão pode ser aumentada colocando várias “pilhas” em série, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Pilhas de limão associadas em série



Fonte: <http://www.museulight.com.br/DetailheFacaVoce?id=4>. Acesso em: 12 mar. 2019.

Para obter uma corrente maior as “pilhas” devem ser associadas em paralelo.

Procedimento 3: acendendo um LED com limão

Inicialmente, limpe bem o cobre e o zinco com uma palha de aço.

Crave o cobre e o zinco no limão. Está pronta a “pilha”.

Meça com um multímetro a tensão da “pilha”. Anote:

Associe em série duas “pilhas” e meça a tensão da associação. Anote:

Utilize a “pilha” para acender um LED. Lembre-se que o LED deve ser ligado a uma fonte com a polaridade correta. Tente vários arranjos: uma única “pilha”, duas “pilhas” associadas em série, duas “pilhas” associadas em paralelo. Anote o que observa. Em qual arranjo o LED apresenta maior luminosidade?

Quadro 6 - Atividade N° 5

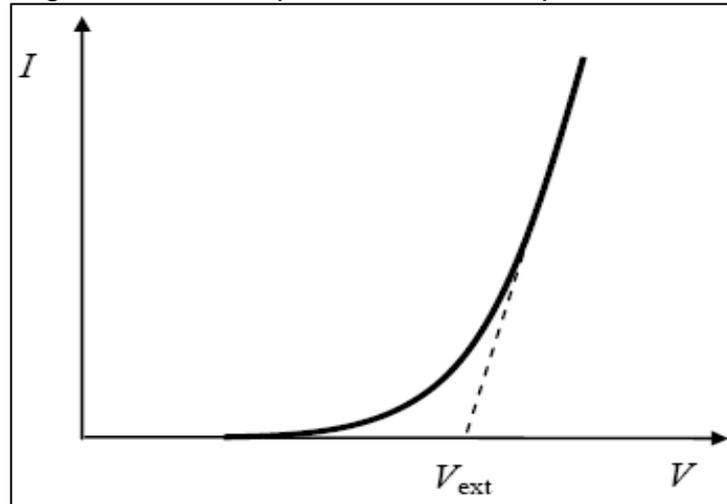
Objetivos	- Construção gráfica da intensidade da corrente elétrica <i>versus</i> voltagem em um LED. - Medir e ddp e intensidade de corrente elétrica em um circuito. - Verificar e analisar o comportamento de tensão e corrente elétrica dentro de um circuito com LED.
Materiais e Recursos	- Fonte de alimentação (CC), dois Multímetros (Vôlômetro e amperômetro), resistor, LED vermelho e fios para as ligações.
Tempo estimado	- 1 h 40 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

Para essa atividade experimental, deve-se disponibilizar uma fonte de alimentação (CC), dois multômetros, um na função de vôlômetro e o outra na função de amperômetro e alguns fios para as conexões do circuito esquematizado no roteiro experimental. O professor novamente formará equipes de no máximo 4 ou 5 alunos, e distribuir os materiais aos grupos. Como essa prática envolve o uso de amperômetro, é importante que antes de ligar o circuito, o professor faça uma revisão da montagem experimental de cada equipe, pois geralmente os alunos menos experientes tendem a ligar o amperômetro em paralelo ou trocar as funções vôlômetro e amperômetro, o que pode danificar o multômetro. A seguir o roteiro experimental:

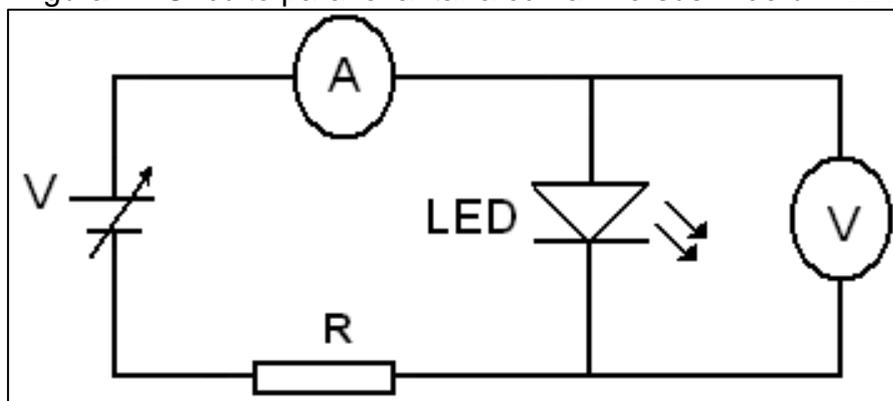
4.2.2 Experimento 2: Levantamento da Curva I versus V de um LED

Neste experimento traçaremos uma curva I versus V para o LED vermelho. Esta curva tem a forma geral mostrada na Figura 14. Como podemos ver, a corrente elétrica no LED cresce muito rapidamente a partir de um certo potencial V_{ext} (ext = extrapolado); por isso mesmo é muito importante que se aplique inicialmente um pequeno potencial e, aos poucos, esse potencial pode ser aumentado gradativamente sempre de olho na corrente que não deve passar de 20 mA.

Figura 6 - Curva típica de I versus V para um LED

Fonte: elaborada pelo autor.

Monte o circuito da Figura 7 para levantar a curva I versus V de um LED. Utilize o LED vermelho e o resistor da placa de circuito impresso fornecida. Utilize uma fonte de tensão contínua e tenha o cuidado de não aplicar uma tensão que possa produzir uma corrente maior do que 20 mA.

Figura 7 - Circuito para levantar a curva I versus V de um LED

Fonte: elaborada pelo autor.

Anote os resultados na Tabela 1. Procure anotar em intervalos menores os valores de tensão e corrente em torno do limiar de condução.

Tabela 1 - Corrente versus tensão para o LED vermelho.

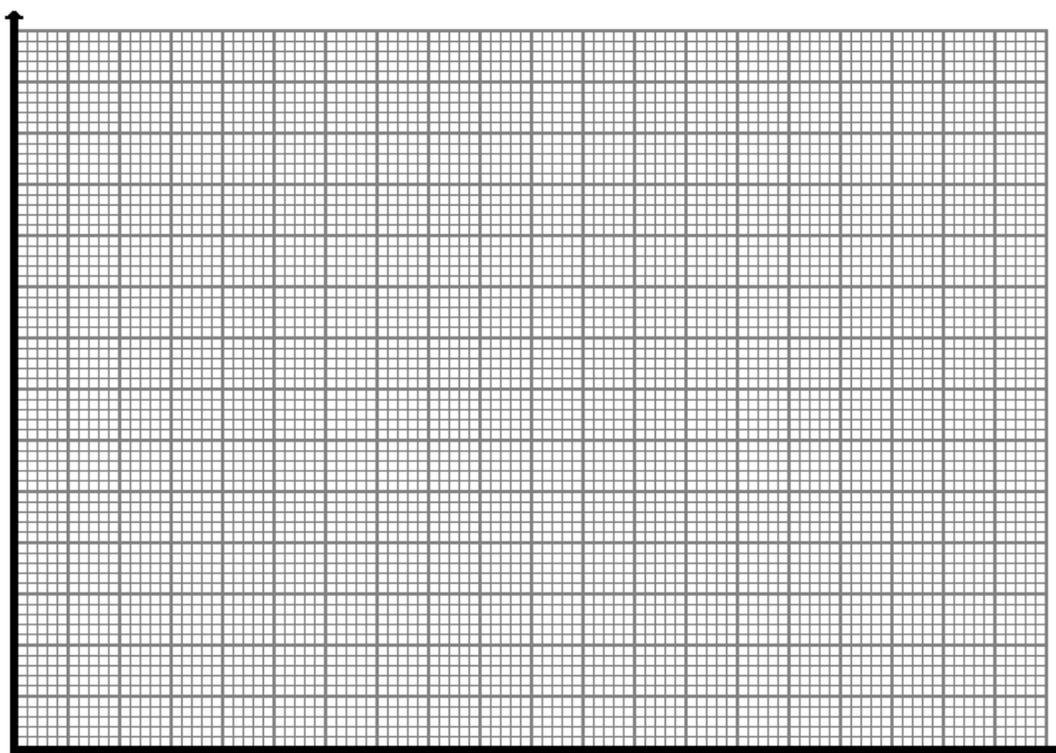
V (V)	0,7	0,9	1,2	1,5	1,6	1,7	1,75	1,8	1,85
I (mA)									

Obs.: Não deixe que a corrente ultrapasse 20 mA.

Fonte: elaborado pelo autor.

Trace o gráfico de I versus V com os dados da Tabela 1.

Gráfico 1 – Proposição de traço I versus V



Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 7 - Atividade N° 6

Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Calcular o resistor apropriado para o LED fornecido. - Compreender as ligações em serie e em paralelo usando LED`s. - Investigar o comportamento de tensão elétrica e corrente elétrica em um circuito com vários LED`s.
Materiais e Recursos	- Fonte de alimentação (CC), dois Multímetros (Voltímetro e amperímetro), resistores, e vários LED`s e fios para as ligações.
Tempo estimado	- 1 h 40 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme foi trabalhado nas atividades experimentais anteriores, o professor organiza outra vez a turma em equipes de no máximo 4 ou 5 alunos, e distribui os materiais para essas equipes. E em seguida, compartilha o seguinte roteiro.

4.2.3 Experimento 3: Cálculo do resistor apropriado para proteger um LED

Internamente em um LED há uma barreira de potencial designada de E_g . Se a diferença de potencial aplicada ao LED for menor do que o mínimo necessário para que os elétrons vençam essa barreira, não haverá condução. Somente quando a energia fornecida pela fonte de tensão aos elétrons for pelo menos igual à energia da barreira, teremos condução. Ao vencerem a barreira de potencial os elétrons podem decair, num processo chamado de recombinação, liberando a diferença de energia envolvida que é convertida em energia do fóton. Nessa condição ocorre a emissão de luz. Abaixo, na Tabela 2, temos os valores característicos de funcionamento de alguns LEDs.

Tabela 2 - Características de funcionamento de alguns LEDs

Cor	Tensão	Corrente
Vermelho	1,8 V	0,02 A
Verde	2,1 V	0,02 A
Amarelo	2,0 V	0,015 A
Laranja	2,0 V	0,02 A
Azul	3,1 V	0,02 A
Branco	3,1 V a 4,0V (depende do fabricante)	0,02 A
Infravermelho	1,1 V	0,02 A

Fonte: Adaptado de Mattede, [s. d.].

Como podemos ver na Tabela 2, cada LED deve ser utilizado respeitando-se seus limites de tensão e corrente, sob pena do mesmo não suportar e queimar. Assim, se dispomos de uma fonte de alimentação que forneça um valor de tensão maior do que o LED pode suportar, devemos associar um resistor em série com o mesmo de modo a protegê-lo.

Exemplo: Considere que queremos utilizar um LED vermelho (tensão aproximada de 2V e corrente 20 mA) e dispomos de uma fonte de tensão contínua de 9V. Nesse caso devemos associar ao LED um resistor em série de tal modo que a tensão da fonte (9 V) fique dividida em 2V sobre o LED e 7 V sobre o resistor e a corrente fique limitada a 20 mA. Podemos então calcular o valor da resistência:

$$V = R.i \quad (1)$$

$$R = \frac{V}{i} = \frac{7}{0,02} = 350\Omega \quad (2)$$

Observação: Para uma maior proteção do LED, em geral usa-se uma resistência com um valor ligeiramente superior (recomenda-se de 10% a 15% superior).

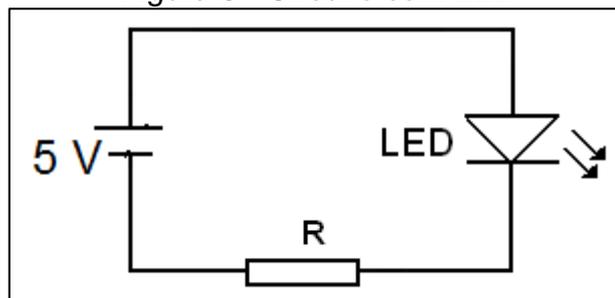
Calcule o valor da resistência que deve ser associada em série a um LED, para limitar a corrente em no máximo 20 mA. Considere que será utilizada uma fonte de corrente contínua que fornece 5 V e que o LED deve funcionar sob tensão de 2V.

Solicite ao professor um resistor com o valor calculado ou, alternativamente, ajuste um potenciômetro para o valor desejado. Para uma maior proteção utilize um resistor ou ajuste um potenciômetro para um valor (pelo menos) 10% maior que o valor calculado.

Monte o circuito da Figura 16 e verifique se o LED funciona adequadamente.

Atenção: O LED deve ser ligado observando a polaridade.

Figura 8 - Circuito com LED



Fonte: elaborada pelo autor.

Quadro 8 - Atividade N° 7

Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Calcular o resistor apropriado para o LED fornecido. - Compreender as ligações em serie e em paralelo usando LED`s. - Investigar o comportamento de tensão elétrica e corrente elétrica em um circuito com vários LED`s.
Materiais e Recursos	- Potenciômetro, Fonte de alimentação (CC), resistores, e vários LED`s e fios para as ligações.
Tempo estimado	- 1 h 40 minutos

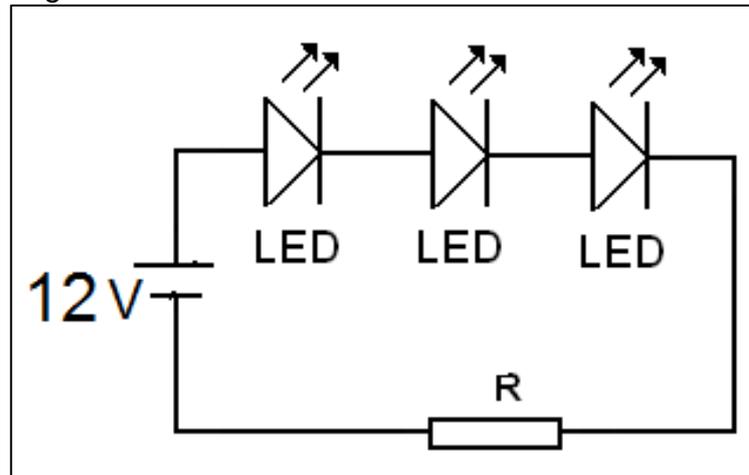
Fonte: elaborado pelo autor.

Mais uma vez, o professor antes de iniciar a atividade experimental, solicita para que os alunos formem grupos de no máximo 4 ou 5 alunos, e entrega os materiais necessários para a prática, juntamente com o seguinte roteiro:

4.2.4 Experimento 4: Associação de LEDs em série e em paralelo

Exemplo: Considere que queremos utilizar três LEDs vermelhos associados em série (tensão 2V e corrente 20mA em cada LED), Figura 17 e dispomos de uma fonte de tensão contínua de 12V. Nesse caso devemos associar aos LEDs um resistor em série de tal modo que a tensão da fonte (12 V) forneça 2V para cada LED e 6 V para o resistor e a corrente fique limitada a 20 mA.

Figura 9 - Circuito com 3 LEDs associados em série



Fonte: elaborada pelo autor.

Podemos então calcular o valor da resistência:

$$V = R \cdot i \quad (1)$$

$$R = \frac{V}{i} = \frac{6}{0,02} = 300\Omega \quad (2)$$

Calcule o valor da resistência que deve ser associada em série a dois LEDs vermelhos associados em série, para limitar a corrente em no máximo 20 mA. Considere que será utilizada uma fonte de corrente contínua que fornece 12 V.

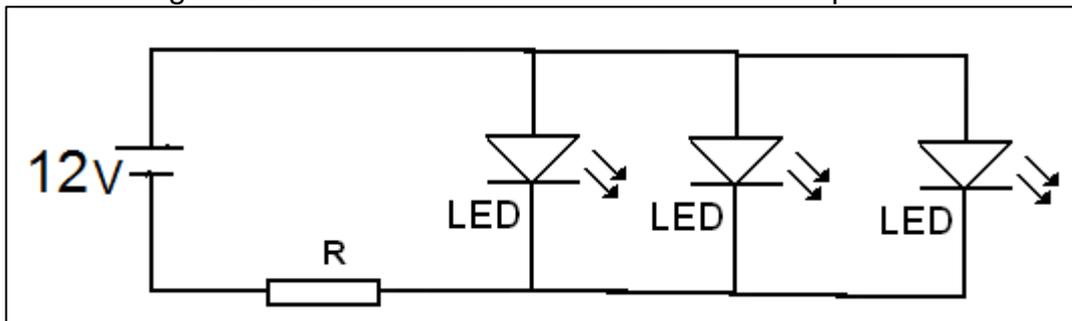
Solicite ao professor um resistor ou ajuste um potenciômetro com o valor calculado. Para uma maior proteção utilize um resistor ou ajuste o potenciômetro para um valor (pelo menos) 10% maior que o valor calculado.

Monte o circuito necessário e verifique se os LEDs funcionam adequadamente.

Calcule o valor da resistência que deve ser utilizada com três LEDs vermelhos associados em paralelo, para limitar a corrente em no máximo 20 mA, Figura 10. Considere que será utilizada uma fonte de corrente contínua que fornece 12 V.



Figura 37 - Circuito com 3 LEDs associados em paralelo



Fonte: elaborado pelo autor.

Solicite ao professor um resistor ou ajuste um potenciômetro com o valor calculado. Para uma maior proteção utilize um resistor ou ajuste o potenciômetro para um valor (pelo menos) 10% maior que o valor calculado.

Monte o circuito necessário e verifique se os LEDs funcionam adequadamente.

Quadro 9 - Atividade N° 8

Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer e caracterizar o funcionamento principais elementos estudados em circuitos elétricos. - Distinguir os tipos de associações elétricas. - Reconhecer a curva característica do LED's. - Aplicar as leis de Ohm na resolução de situações-problemas.
Materiais e Recursos	- Quadro Branco, pincel e pós-teste.
Tempo estimado	- 50 minutos

Fonte: elaborada pelo autor.

O professor expressa uma tempestade de ideias no quadro branco. Pergunta as estudantes os principais nomes que vem na mente deles quando se fala em Circuitos elétricos. Nesse momento, espera-se que eles falem em Corrente Elétrica, Voltagem, LED's, associações e outros termos técnicos. O professor aproveita para descrever junto com eles o conteúdo envolvido e visto em toda a SD, ou seja, uma sistematização do conteúdo no quadro. E por fim, aplica-se a avaliação diagnóstica (pós-teste), aquela mesma avaliação realiza no início da SD.

REFERÊNCIAS

FALSTAD. **Paul falstad's circuit simulator applet**. [s. d]. Disponível em: <http://www.falstad.com/circuit/>. Acesso em: 16 out. 2020.

MATTEDE, H. Aprenda como calcular resistor para LED. **Mundo da elétrica**, [s. d.]. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/aprenda-como-calcular-resistor-para-led/>. Acesso em: 17 jun. 2021.

OLIVEIRA, I. N. *et al.* Estudo das propriedades do Diodo Emissor de Luz (LED) para a determinação da constante de Planck numa maquete automatizada com o auxílio da plataforma Arduíno. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 42, e20190105, 2020.