

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JOSIANE CRISTINA PERES PEREIRA

**PROPOSTA DIDÁTICA DE ATIVIDADES PRÁTICAS DE ELETRODINÂMICA
UTILIZANDO O SIMULADOR PHET COLORADO**

CAMPO MOURÃO

2022

JOSIANE CRISTINA PERES PEREIRA

**PROPOSTA DIDÁTICA DE ATIVIDADES PRÁTICAS DE ELETRODINÂMICA
UTILIZANDO O SIMULADOR PHET COLORADO**

**Teaching proposal of practical electrodynamics activities using the phet
colorado simulator**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Gilson Junior Schiavon

Coorientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

CAMPO MOURÃO

2022



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná **Campus Campo Mourão**



JOSIANE CRISTINA PERES PEREIRA

**PROPOSTA DIDÁTICA DE ATIVIDADES PRÁTICAS DE ELETRODINÂMICA UTILIZANDO O
SIMULADOR PHET COLORADO**

Trabalho de pesquisa de mestrado
apresentado como requisito para obtenção
do título de Mestre Em Ensino De Física da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR). Área de concentração:
Astronomia/Física.

Data de aprovação: 03 de Junho de 2022

Dr. Gilson Junior Schiavon, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Luciano Ferreira, Doutorado - Universidade Estadual do Paraná (Unespar)

Dr. Oscar Rodrigues Dos Santos, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 03/06/2022.

Dedico este trabalho à minha família, por todo apoio, compreensão e carinho. Em especial aos meus pais que sempre estiveram presentes em todos os desafios e conquistas ao longo de toda minha vida.

Aos meus filhos e marido, por aceitarem as mudanças em nossa rotina, por adiar passeios e festas sem nenhuma objeção.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e a Nossa Senhora Aparecida, pela proteção.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Gilson Junior Schiavon, pelas correções minuciosas, sugestões pertinentes, apoio, incentivo e motivação desde a construção do produto educacional até a escrita da dissertação. Meu sincero agradecimento por ter me aceitado como orientanda.

Ao Prof. Dr. Michel Corci Batista, meu coorientador, por todo apoio, carinho e dedicação. Sempre prestativo, proporcionou-me momentos valiosos de aprendizagem. Seu amor pela educação é contagiante. Meu sincero agradecimento por ter me aceitado como orientanda.

Às amigadas com as quais o programa me presenteou. Mesmo a distância criamos laços de amizades sinceras. Em especial à Denise Lughy Medeiros Braga, que já era minha amiga de anos, Viviane Dziubate Pittner, Eliane Kovalek Scheifer e Maria dos Anjos, que compartilharam comigo momentos de angústia e também de alegria.

Agradeço ao meu pai Joaquim, que sempre foi meu suporte e apoio, cuidando dos meus filhos, não importando o dia ou a hora. A minha mãe Ana que é exemplo de garra e de perseverança, espelho para que eu nunca desistisse. Aos meus dois filhos Kauan e Caio, sempre queridos e compressivos: minha razão de viver. Ao meu Marido Aldieres por estar sempre ao meu lado, apoiando-me. Amo todos vocês.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), por oportunizar aulas que contribuíram para meu aperfeiçoamento e crescimento profissional.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Campo Mourão, por ofertar o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) – Código do Financiamento 001.

A principal meta da educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas, não simplesmente repetir o que outras gerações já fizeram. Homens que sejam criadores, inventores, descobridores. A segunda meta da educação é formar mentes que estejam em condições de criticar, verificar e não aceitar tudo que a elas se propõe (PIAGET, 1982, P. 246)

RESUMO

A partir da constatação de que o ensino da Física nas Escolas ainda se pauta em metodologias de ensino tradicionais e mecânicas, sem a presença de atividades experimentais ou o uso de tecnologias, situações provocadas por diversos fatores, mas sobretudo pela falta de formação docente, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um produto educacional no formato de caderno com uma proposta didática de atividades com foco no simulador PhET Colorado Circuito-DC para os conteúdos de Eletrodinâmica para o terceiro ano do Ensino Médio. A partir da teoria da Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 2011), associada a necessidade de linguagem tecnológica e uso de práticas de experimentação (BRASIL, 2017), este trabalho se valeu de metodologia quanti/qualitativa (GIL, 2008), retomando o que é a Aprendizagem Significativa e alguns de seus conceitos-chaves: os subsunçores, os organizadores prévios e o uso dos mapas mentais na construção do conhecimento. A revisão literária também olhou para a relação entre a Física e seus conteúdos, a metodologia da experimentação e o uso do simulador virtual como ferramenta de ensino. A partir dessa fundamentação, desenvolveram-se 9 módulos de aula para uma proposta didática sobre diferentes conteúdos da Eletrodinâmica: corrente elétrica, tipos de resistores e suas aplicações, associações de resistores em série, paralelo e mista, as Leis de Ohm, as Leis de Kirchhoff, configuração Estrela-Triângulo e Ponte de Wheatstone. O produto foi aplicado em uma Escola Integral estadual no município de Jesuítas, PR., no ano de 2021, com 13 educandos e permitiu a percepção de que é possível ensinar Física de uma forma diferente. Houve destaque para o uso de questionários diagnósticos, situações-problemas e a construção de mapas mentais. Durante o desenvolvimento da proposta a presença das ideias próprias dos alunos nas representações dos mapas mentais dobrou (de 20% para 40%). A capacidade de demonstrar a abrangência dos assuntos passou de 20% para 70%. A hierarquia de ideias inexistentes no começo do trabalho pedagógico atingiu a proximidade de 30%. A capacidade de relacionar conceitos ultrapassou os 80%. Dessa forma, os alunos selecionados evoluíram do senso comum para o domínio conceitual e prático dos conteúdos eleitos, bem como demonstraram protagonismo no desenvolvimento de atividades no simulador virtual. Os achados demonstram a importância dos mecanismos didáticos de criação de pontes-organizadores prévios entre os conhecimentos iniciais dos alunos-subsunçores, e os novos conhecimentos a serem adquiridos, sendo essa a base da teoria da Aprendizagem Significativa.

Palavras-chave: física; tecnologia; aprendizagem significativa; conhecimentos prévios.

ABSTRACT

From the observation that the teaching of Physics in Schools is still guided by traditional and mechanical teaching methodologies, without the presence of experimental activities or the use of technologies, situations caused by several factors, but above all by the lack of teacher training, the present work aimed to develop an educational product in the form of a notebook with a didactic proposal of activities focusing on the PhET Colorado Circuito-DC simulator for the Electrodynamics contents for the third year of High School. Based on the theory of Meaningful Learning (MOREIRA, 2011), associated with the need for technological language and the use of experimentation practices (BRASIL, 2017), this work made use of a quantitative/qualitative methodology (GIL, 2008), resuming what is Meaningful Learning and some of its key concepts: subsumers, previous organizers and the use of mind maps in the construction of knowledge. The literary review also looked at the relationship between Physics and its contents, the methodology of experimentation and the use of the virtual simulator as a teaching tool. From this foundation, 9 class modules were developed for a didactic proposal on different contents of Electrodynamics: electric current, types of resistors and their applications, associations of resistors in series, parallel and mixed, Ohm's Laws, the Laws of Kirchhoff, Star-Delta configuration and Wheatstone Bridge. The product was applied in a State Integral School in the city of Jesúitas, PR., in the year 2021, with 13 students and allowed the perception that it is possible to teach Physics in a different way. There was emphasis on the use of diagnostic questionnaires, problem situations and the construction of mental maps. During the development of the proposal, the presence of students' own ideas in the representations of the mental maps doubled (from 20% to 40%). The ability to demonstrate the scope of subjects increased from 20% to 70%. The hierarchy of ideas that did not exist at the beginning of the pedagogical work reached close to 30%. The ability to relate concepts exceeded 80%. In this way, the selected students evolved from common sense to the conceptual and practical domain of the chosen contents, as well as demonstrating a leading role in the development of activities in the virtual simulator. The findings demonstrate the importance of didactic mechanisms for creating previous bridges-organizers between the initial knowledge of the subsumers-students, and the new knowledge to be acquired, which is the basis of the theory of Meaningful Learning.

Keywords: physics; technology; meaningful learning; prior knowledge.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	Mapa mental de Eletrostática.....	22
Figura 2-	Representação das linhas de corrente com espaçamento inversamente proporcional à densidade da corrente.....	33
Figura 3-	Representação de valores de acordo com o código de cores..	36
Figura 4-	Tabela de código de cores dos resistores.....	37
Figura 5-	Representa o resistor de fio.....	38
Figura 6-	Representação de resistor de carvão.....	39
Figura 7-	Representação do resistor de carbono.....	39
Figura 8-	Representação do resistor de carbono.....	40
Figura 9-	Representação gráfica de um resistor ôhmico.....	41
Figura 10-	Representação gráfica de um resistor não ôhmico.....	43
Figura 11-	Representa as correntes elétricas que saem e entram em um nó.....	47
Figura 12-	Representa as malhas em um circuito elétrico.....	47
Figura 13-	Representação configuração Estrela.....	48
Figura 14-	Representação configuração Triângulo.....	48
Figura 15-	Conversão Estrela- Triângulo.....	49
Figura 16-	Conversão Triângulo –Estrela.....	49
Figura 17-	Representação da Ponte de Wheatstone.....	50
Figura 18-	Representação da divisão da Ponte de Wheatstone.....	50
Quadro 1-	Cronograma para implementação do produto (2021).....	57
Quadro 2-	Proposta didática com simulador PhET- Colorado Circuito-DC..	61
Figura 19-	Gráfico demonstrativo da incidência dos critérios analisados nos mapas mentais do questionário inicial.....	65
Figura 20-	Mapa mental construído a partir do questionário inicial (Aluno A).....	67
Figura 21-	Mapa mental construído a partir do questionário inicial (Aluno B).....	67
Figura 22-	Mapa mental construído a partir do questionário inicial (Aluno E).....	68

Figura 23-	Tabela de variação da diferença de potencial elétrico (V) (Aluno F).....	71
Figura 24-	Cálculo demonstrando a aplicação da 1ª Lei de Ohm (Aluno F).	71
Figura 25-	Construção do gráfico de tensão versus corrente elétrica (Aluno F).....	72
Figura 26-	Construção da simulação abordando a 1ª Lei de Ohm.....	73
Figura 27-	Resposta da questão sobre resultados simulados, referentes a resistividade do fio (Aluno M).....	74
Figura 28-	Experimento de associações de resistores em série.....	76
Figura 29-	Experimento de associações de resistores em série.....	76
Quadro 3-	Comparativo das respostas iniciais e finais da situação-problema.....	77
Figura 30-	Gráfico comparativo entre mapas mentais iniciais e finais da incidência dos critérios.....	79
Figura 31-	Mapa mental final (Aluno E).....	80
Figura 32-	Mapa mental final (Aluno C).....	80
Figura 33-	Nuvem de palavras a partir dos termos apresentados pelos alunos nos mapas mentais finais.....	81
Figura 34-	Instalação Incorreta.....	83
Figura 35-	Projeto residencial (Aluno M).....	84
Figura 36-	Projeto residencial (Aluno C).....	84
Figura 37-	Lei dos nós de Kirchhoff em um circuito elétrico.....	87
Figura 38-	Simulação de um circuito com duas malhas.....	88
Figura 39-	Representação de associação de resistores no simulador.....	89
Figura 40-	Representação de associação de resistores no simulador.....	89
Figura 41-	Representa a resolução de exercícios utilizando a conversão Triângulo-Estrela do aluno N.....	90
Figura 42-	Representa a resolução de exercício utilizando a conversão Triângulo-Estrela do aluno E.....	90
Figura 43-	Redesenho da associação de resistores no simulador aluno I....	91
Figura 44-	Nuvem de palavras destacando os termos apresentados pelos alunos durante a discussão.....	93

Quadro 4- Comparativo das respostas iniciais e finais da situação-problema.....	94
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PARA O ENSINO DE FÍSICA.....	16
2.1	Uma Introdução Teoria da Aprendizagem Significativa.....	16
2.2	Mapas Mentais.....	20
3	O PERCURSO HISTÓRICO DO ENSINO DE FÍSICA.....	25
3.1	A experimentação como um recurso didático em Física.....	29
3.2	A Eletrodinâmica nos conteúdos escolares e em nossas vidas.....	31
3.2.1	Introdução a Eletrodinâmica.....	32
3.2.2	Resistor.....	38
3.2.3	1ª Lei de Ohm.....	43
3.2.4	2ª Lei de Ohm.....	46
3.2.5	Associação de resistores.....	47
3.2.6	Associação de resistores em Série.....	47
3.2.7	Associação de resistores em paralelo.....	48
3.2.8	Associação mista de resistores.....	49
3.2.9	Leis de Kirchhoff.....	49
3.2.10	Configurações Estrela – Triângulo.....	51
3.2.11	Ponte de Wheatstone.....	52
4	SIMULADORES VIRTUAIS NO ENSINO DE FÍSICA.....	55
5	ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....	59
5.1	Caracterização do trabalho.....	59
5.2	Instrumentos de constituição de dados.....	61
5.3	Análise dos dados.....	62
5.4	Proposta de Produto Educacional.....	63
6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	67
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
	REFERÊNCIAS.....	101
	APÊNDICE A- PRODUTO EDUCACIONAL.....	108

1 INTRODUÇÃO

Mesmo em pleno século XXI, momento histórico no qual vivemos em uma realidade permeada por tecnologia, informação e constatação da presença da Ciência em todos os diferentes ambientes sociais, o ensino da Física nas Escolas ainda apresenta um formato teórico, sem apresentação de atividades experimentais em suas metodologias (PINHEIRO; SILVEIRA, BAZZO. 2007). E tal constatação se deve a diversos fatores, sendo possível destacar a escassez de recursos financeiros sentida na inexistência ou na falta de manutenção de equipamentos em laboratórios, a falta de materiais básicos fundamentais para a realização de experimentos e a carga horária reduzida da disciplina de Física, bem como as falhas na formação continuada dos professores dessa área (ANDRADE; COSTA, 2016).

Nesse sentido, todos os fatores apresentados contribuem para um formato de aula constantemente teórico e matematizado. Olhando para essa realidade educativa no ensino de Física no Ensino Médio, elegeu-se na presente pesquisa o uso de simuladores ou laboratórios virtuais como ferramentas metodológicas para o ensino de Física, uma vez que esses espaços virtuais proporcionam a visualização de modelos físicos, mas permitindo alterar facilmente os parâmetros físicos de várias situações envolvidas, garantindo assim aos alunos uma maior interação com tais conceitos. Sem essa metodologia, essas flexibilidades não poderiam ser observadas em um formato dinâmico, passando a ser apresentadas ao aluno apenas como gráficos estáticos em livros ou quadros-negros.

Ao eleger-se o trabalho com simuladores/laboratórios virtuais, também se destaca a importância, para além da visualização e da interatividade do aluno, da experimentação durante o processo de ensino e aprendizagem, prática pedagógica que proporciona resultados significativos ao aprendizado do aluno (BRASIL, 2017; PARANÁ, 2008). As atividades práticas de laboratórios consistem-se em uma das metodologias que proporcionam explorar, identificar e relacionar a prática com a teoria, possibilitando ao aluno construir um pensamento sistematizado e contextualizado do conteúdo abordado.

A partir desta contextualização, também partimos do fato de que as formações docentes existentes até o momento para esse componente curricular não dão conta de auxiliar o professor a realizar boas práticas pedagógicas. Falta tempo ao educador

para ler, pesquisar e organizar aulas pautadas em novas metodologias. Dessa forma, construir um arcabouço de boas práticas pedagógicas a disposição do professor é o primeiro passo para incentivá-lo a ministrar aulas diferenciadas.

Assumir essa nova realidade pedagógica, a qual dialoga com as necessidades da sociedade moderna na formação de seus cidadãos, seja para a formação plena do sujeito educando ou para o mundo do trabalho, pede por novas metodologias de ensino pautadas na experimentação e nas situações-problemas, bem como no uso das tecnologias como linguagem e instrumento didático de aprendizagem (BRASIL, 2017).

Para tanto, desenvolvemos uma proposta de produto educacional junto ao Mestrado Profissional de Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) (objetivo geral deste estudo), a qual visa a contribuir para o Ensino de Física especificamente nos conteúdos de Eletrodinâmica com a organização de um caderno com uma proposta didática de atividades com foco no simulador PhET Colorado Circuito-DC, um material que represente uma contribuição pedagógica a ser disponibilizada aos demais professores da área.

Como objetivos específicos, buscamos:

- Criar um material que aborde os conteúdos de eletricidade básica: corrente elétrica, tipos de resistores e suas aplicações, associações de resistores em série, paralelo e mista, as Leis de Ohm, as Leis de Kirchhoff e configuração Estrela-Triângulo e Ponte de Wheatstone a partir de uma metodologia didática comprobatória, interativa, investigativa e reprodutiva;
- Trabalhar um planejamento pedagógico que contemple os pressupostos da “Aprendizagem Significativa”, criando situações que mobilizem os conhecimentos prévios dos estudantes;
- Planejar situações didáticas em Física que contemplem as metodologias de situações-problemas, construção de mapas mentais e atividades em laboratórios virtuais;
- Criar uma metodologia pedagógica de prática virtual para os conteúdos de Eletromecânica que propicie ao aluno realizar, por meio do trabalho com o simulador Phet Colorado, os mesmos experimentos de um laboratório físico.

Com isso, a abordagem de ensino/aprendizagem defendida neste estudo respeita e atende as competências e habilidades do documento da Base Nacional

Comum Curricular para o Novo Ensino Médio (BRASIL, 2017). Tais competências, em seus objetivos, dão conta da importância e da abrangência da aprendizagem nas Ciências e aqui, em especial, na Física: os fenômenos naturais mediados por diferentes tecnologias, tendo como necessidade a análise do cidadão das situações-problemas as quais ele é exposto e o uso dos conhecimentos para superá-las, valendo-se de raciocínio lógico, comunicação assertiva e digital, argumentando e construindo soluções que sejam benéficas a toda a comunidade (BRASIL, 2017).

A teoria de aprendizagem assumida para o desenvolvimento deste produto educacional é a da “Aprendizagem Significativa” de David Paul Ausubel e de Joseph Novak (1980). Moreira (2011), pesquisador que estudou essa teoria, afirma que existem duas condições básicas para que a aprendizagem significativa ocorra. A primeira é que o material utilizado deve ser potencialmente significativo e a segunda é que o aluno deve apresentar uma predisposição para aprender. Olhando para essas premissas, o material aqui proposto procura atender a primeira condição ao propor uma metodologia que permita ao aluno construir, ao longo do processo, um conhecimento sistematizado e contextualizado. Também se espera que a organização da proposta, na medida em que busca trabalhar com a experimentação e o acionamento dos diferentes conhecimentos dos educandos, consiga motivá-lo à aprendizagem.

Sendo assim, visando a trazer para a aprendizagem a caracterização de significativa e criar uma organização didática que favoreça ao educando a experimentação, construiu-se uma proposta de atividades com o simulador PhET Colorado Circuito-DC, a qual parte dos conhecimentos prévios dos alunos (subsunçores), como ponto de partida para implementação da proposta. Para tanto, usa a técnica dos mapas mentais para organizar o que os alunos já sabem sobre o conteúdo (BUZAN, 1996, 2009). Contém uma situação-problema de associação de resistores em um formato de organizadores comparativos, atividades práticas de Eletrodinâmica no laboratório virtual do simulador PhET Colorado Circuito-DC, e atividades de sistematização dos conhecimentos aprimorados (MOREIRA, 2010, 2012). Através de atividades com essas características, é possível vencer o ensino tradicional e mecânico (MOREIRA, 2011), pois são contemplados conhecimentos conceituais (o conhecimento em si), conhecimentos procedimentais (como fazer, a experimentação) e, por fim, conhecimentos atitudinais (o que fazer com o que eu

aprendi e sei fazer, o que esses novos saberes mudam na postura cidadã do aluno frente a situação-problema levantada) (ZABALA, 1998).

Nosso trabalho se encontra organizado da seguinte maneira: este capítulo inicial, a Introdução, apresenta a contextualização de nosso objetivo, que é o de construir um produto educacional com uma proposta didática voltada para o simulador PhET Colorado Circuito-DC, elegendo as justificativas voltadas para a formação de professores de Física, bem como as teorias de aprendizagem que sustentam nosso intuito, situando assim o leitor sobre nosso ponto de partida.

O segundo capítulo aborda o que é a Aprendizagem Significativa e qual os papéis dos mapas mentais na construção do conhecimento, nessa teoria. Já no terceiro capítulo apresentamos o percurso histórico do ensino de Física e o que a mesma ganha ao usar a metodologia da experimentação. Também são resgatados alguns conceitos próprios da Física, essenciais aos conteúdos eleitos para este produto educacional: Eletrodinâmica, resistores, Leis de Ohm, associação de resistores em série e em paralelo, as Leis de Kirchhoff, a configuração Estrela-Triângulo e a Ponte Wheatstone.

No capítulo 4 apresentamos uma breve reflexão com base nos autores que tratam do simulador virtual como ferramenta de ensino. Em seguida, o quinto capítulo demonstra como a proposta didática foi construída e aplicada, aprofundando todos os aspectos metodológicos do estudo quanti/qualitativo (GIL, 2008).

O sexto capítulo discute e analisa os resultados de aprendizagem obtidos. A importância dos planejamentos em Física com base na experimentação e no uso de mapas mentais enquanto metodologias voltadas para a aprendizagem significativa.

Por fim, apresentam-se as considerações finais e as referências utilizadas. O uso dos pressupostos da aprendizagem significativa, com ênfase nos organizadores prévios comparativos e mapas mentais conseguiu desenvolver nos educandos selecionados a evolução no domínio dos conteúdos eleitos. É importante que trabalhos como este sejam desenvolvidos e compartilhados com outros docentes, demonstrando exemplos didáticos de como é possível trabalhar a Física com recursos tecnológicos, metodologias investigativas e protagonismo discente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PARA O ENSINO DE FÍSICA

Para o desenvolvimento do presente estudo, se fez fundamental o domínio de alguns conceitos. Primeiro, o entendimento do que é a “Aprendizagem Significativa”, seus autores e bases conceituais. Em segundo lugar, alguns dos principais mecanismos utilizados por esta teoria para se conseguir realizar a aprendizagem efetiva nos educandos: o uso dos subsunçores enquanto conhecimentos prévios que criam pontes para os novos conhecimentos por meio da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora. Também se destacam algumas possibilidades educativas a partir dessa contextualização: o uso das situações-problemas enquanto organizadores prévios comparativos e os mapas mentais como formas singulares de organização de conhecimentos.

2.1 Uma Introdução Teórica da Aprendizagem Significativa

O que pode ser significativo para o educando? Como dar significado ao conteúdo a ser apresentado? Como despertar no aluno o gosto/vontade de aprender? Como criar elos, ligações entre os conteúdos ou estratégias que permitam ao conhecimento ser aprofundado? Quando essas questões passam a embasar o planejamento docente, rompe-se com os modelos tradicionais de aulas (ZABALA, 1998; MOREIRA, 2011), buscando diferentes metodologias didáticas que coloquem o educando como protagonista do ensino.

É nessa linha de raciocínio que a presente proposta busca superar a aprendizagem mecânica ofertada por séculos nas escolas e, para tanto, usa a perspectiva de ensino pautada na “Aprendizagem Significativa” de David Paul Ausubel (1963), teoria ampliada nos estudos sobre a interação social de Joseph Novak (1980) e também aprofundada por Moreira (2010, 2011, 2012) autor que usou a aprendizagem significativa no ensino de Física. Em conjunto esses autores consideram como aprendizagem significativa a interação de conhecimentos prévios especificamente relevantes com o novo conhecimento, porém considerando também a importância do contexto social e dos sentimentos dos alunos nesse processo, ou seja, um olhar para a relação tríade: aluno, professor e materiais educativos do currículo (COELHO; MARQUES; SOUZA, 2019).

A aprendizagem mecânica que sempre imperou nas escolas é citada por Moreira (2011, p. 31-32) como “aquela praticamente sem significado, puramente memorística, que serve para as provas e é esquecida, apagada logo após”. Esse tipo de ensino resulta nos resultados hoje averiguados nos ensinamentos das Ciências, nos quais o Brasil ficou, em 2018, no exame PISA com 55% dos estudantes de 15 anos sem atingir o nível básico na área (INEP, 2019).

Nessa teoria defende-se que a aprendizagem ocorre de duas maneiras. A primeira diz respeito a aprendizagem mecânica, por meio da qual um novo conhecimento é acoplado arbitrariamente a estrutura cognitiva do educando, priorizando a memorização dos conhecimentos (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Esse tipo de processo foi historicamente usado nas Ciências, com enfoque aqui para a Física. Por isso os educandos não lembram do que aprenderam e não conseguem determinar importância, sentido ou relação entre os conteúdos das disciplinas, as fórmulas e o uso real desses.

No segundo modelo, ocorre a aprendizagem significativa, foco de interesse também deste presente estudo, a qual acontece quando se parte dos conhecimentos prévios dos alunos. Os conhecimentos especificamente relevantes são denominados subsunçores e podem ser um símbolo, um conceito, uma imagem ou um modelo mental que o aluno tenha adquirido anteriormente e que será utilizado como âncora para a ampliação do conhecimento e a construção de novos significados. Assim, “subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto” (MOREIRA, 2011, p.14).

O pensamento ou estrutura cognitiva é uma organização de diferentes “subsunçores inter-relacionados e hierarquicamente organizados” (MOREIRA, 2011, p. 20). De forma dinâmica, os subsunçores realizam dois processos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. No primeiro, quando utilizamos várias vezes um subsunçor, ele vai ganhando novos significados a cada utilização, por contraste, integração de significados e superordenações, de modo que o significado vai se tornando cada vez mais elaborado. De acordo com Ronca e Escobar, (1980), a diferenciação progressiva corresponde à ordem ou sequência natural de aquisição de conhecimento pelos seres humanos quando apresentados ao novo ou com uma parte ignorada do corpo de um conhecimento já adquirido. Tal ordenação diz respeito a

forma como o conhecimento é representado, organizado e guardado no sistema cognitivo humano. Nessa organização as ideias mais inclusivas e amplamente explicativas ocupam uma posição superior e englobam progressivamente as ideias menos inclusivas.

Já no segundo processo, o sentido é revisitado e reiterado (MOREIRA, 2011, p. 22). Assim, constrói-se um novo conceito ou se reorganiza hierarquicamente um conceito já existente na cadeia do raciocínio. “Elementos existentes na estrutura cognitiva com determinado grau de clareza, estabilidade e diferenciação são percebidos como relacionados, adquirem novos significados e levam a uma reorganização da estrutura cognitiva” (MOREIRA, 2011, p. 131). Dessa forma, à medida que refinamos determinado conhecimento começamos a perceber certas nuances, diferenças entre aquele conjunto de subsunçores anteriormente usados (COELHO; MARQUES; SOUZA, 2019).

No caso de os alunos não possuírem subsunçores adequados que possibilitem a esses educandos atribuírem significados aos novos conhecimentos, cognitivamente é lançado mão dos organizadores prévios, elementos que funcionam como recursos metodológicos integradores e contextualizados. Segundo Moreira (2011), temos dois tipos de organizadores prévios: o expositivo utilizado quando o material apresentado não é familiar ao aluno e os organizadores comparativos que auxiliam o aluno a integrar novos conhecimentos à estrutura cognitiva já existente. “Em outras palavras organizadores prévios podem ser usados para suprir a deficiência de subsunçores ou para mostrar a relacionalidade e a discriminabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos já existentes, ou seja, subsunçores” (MOREIRA, 2011, p.30-31).

As situações-problemas, além de representarem uma etapa da metodologia de resolução de problemas (AUSUBEL; NOVAK; HENESIAN, 1980), e das práticas da experimentação e investigação (BRASIL, 2017, FAGUNDES, 2007), podem funcionar como organizadores prévios do conhecimento de caráter comparativo, visando a facilitar a organização do conhecimento já existente. Tomando uma situação-problema como o disparador de um percurso metodológico para o qual o educando necessita efetuar uma aprendizagem específica no cumprimento da tarefa e cuja aprendizagem é, verdadeiramente, o objetivo inicial da situação-problema (MEIRIEU, 1998), quando o educando se vê diante da situação-problema em questão,

o mesmo buscará conceitos já aprendidos para resolver a situação ou criará individualmente estratégias para a resolução (POZO; ECHEVERRÍA, 1998, p. 17). E uma forma de concluir esse percurso é realizar comparações.

Os conceitos consistem nas abstrações dos atributos essenciais que são comuns a uma determinada categoria de objetos, eventos ou fenômenos, independentemente da diversidade de dimensões outras que não aquelas que caracterizam os atributos essenciais compartilhados por todos os membros da categoria (AUSUBEL; NOVAK; HENESIAN, 1980, p. 72).

Dessa forma, os organizadores prévios, sejam esses comparativos ou expositivos, ganham importância no trajeto pedagógico:

(a) quando comparam informações, mais do que quando as expõem; (b) quando usados com alunos com pouca aptidão; (c) quando usados no ensino de Ciências e Matemática; (d) quando lhes são associados recursos visuais; (e) quando o material a ser aprendido é difícil, técnico e desconhecido e (f) sua eficácia não é alterada, sejam eles usados no começo ou no fim da instrução (RODRIGUES JÚNIOR, 2002, p. 110).

Com isso, o trabalho a partir dos subsunçores e o uso dos corretos organizadores prévios nas propostas didáticas podem garantir uma real aprendizagem e não apenas o decorar de alguns conceitos. Moreira (2011) dá o exemplo do conteúdo “Leis de conservação”. Para o autor, se o aluno adquiri de forma significativa esse conhecimento, mesmo com o passar do tempo e do distanciamento dos conteúdos de Física, a ideia-chave permanece. Dessa forma, resgatando os conteúdos do assunto, o subsunçor será ativado, reafirmando as associações necessárias, pois o aluno tem os pré-requisitos.

Sendo assim, para os autores, quanto mais se sabe, mais se aprende, pois é preciso uma base para a continuação do percurso (FERNANDES, 2011). Todavia, segundo Moreira (2011), existem duas condições primordiais para que a aprendizagem significativa realmente ocorra. Primeiramente, o material apresentado ao aluno deve ser potencialmente significativo. Vale ressaltar que não existe material significativo, visto que é o aluno que atribui significado aos materiais de aprendizagem. A segunda condição seria que o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. Portanto, o aluno precisa querer relacionar novos conhecimentos, de forma

não-arbitrária e não literal. Essas condições apresentadas são essenciais para que a aprendizagem significativa realmente ocorra, de forma que na segunda condição, o papel dos sentimentos se evidencia, o que nos leva a buscar fazer da aula um processo antes de tudo afetivo.

A predisposição para aprender, colocada por Ausubel como uma das condições para a aprendizagem significativa, está, para Novak, intimamente relacionada com a experiência afetiva que o aprendiz tem no evento educativo. Sua hipótese é que a experiência afetiva é positiva e intelectualmente construtiva quando o aprendiz tem ganhos em compreensão; reciprocidade, a sensação afetiva é negativa e gera sentimentos de inadequação quando o aprendiz não sente que está aprendendo o novo conhecimento. Predisposição para aprender e aprendizagem significativa guardam entre si uma relação praticamente circular: a aprendizagem significativa requer predisposição para aprender e, ao mesmo tempo, gera este tipo de experiência afetiva. Atitudes e sentimentos positivos em relação à experiência educativa têm suas raízes na aprendizagem significativa e, por sua vez, a facilitam (MOREIRA, 1997, p. 13).

Esse trabalho entre estimular ou partir do que o aluno já sabe, modificando sempre os conhecimentos existentes, mas fazendo da ação educativa uma experiência afetiva fez com que aos poucos a Teoria da Aprendizagem Significativa ficasse conhecida com a teoria de Ausubel e Novak (1980). Mais recentemente, Moreira, em diferentes estudos (1997, 2010, 2011, 2012), retoma a importância dessa teoria, dando vários exemplos desse tipo de metodologia aplicada ao ensino de Física (MOREIRA, 2011).

2.2 Mapas Mentais

Uma forma de organizar a aprendizagem que corrobora com a teoria da aprendizagem significativa é o uso dos mapas mentais. Os mapas mentais possibilitam organizar o que o aluno sabe sobre o conhecimento a ser trabalhado. Segundo o autor da teoria da Aprendizagem Significativa:

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fato isolado mais importante que informação na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie isso nos seus ensinamentos (AUZUBEL, 1968, p. 31).

Partindo da premissa desse autor, como usar os mapas mentais para averiguar o que o educando sabe?

O subsunçor mapa vai ficando cada vez mais rico, com mais significados, mais estável e mais capaz de interagir com novos conhecimentos. Dependendo dos campos de conhecimentos que o sujeito busque dominar em suas aprendizagens futuras, terá que dar significado a conceitos tais como mapas cognitivos, mapas mentais, mapas conceituais, mapas de eventos e, sabe-se lá, que outros tipos de mapas. Então, ao longo de sucessivas aprendizagens significativas, o subsunçor vai adquirindo muitos significados, tornando-se cada vez mais capaz de servir de ideia âncora para novos conhecimentos (MOREIRA, 2011, p. 16).

Segundo Buzan (2009), nosso cérebro apresenta uma gama de possibilidades para a criatividade, mas ele precisa ser estimulado e organizado mediante ferramentas corretas, a fim de que haja um melhor aproveitamento do que está sendo aprendido. Uma dessas ferramentas são os mapas mentais. Ainda segundo o autor, os mapas representam uma forma de organizar os pensamentos potencializando a análise e síntese dos conteúdos (BUZAN; BUZAN, 1994). Representam a construção de esquemas gráficos de organização de pensamentos e de conteúdos, criando sequência, relacionamento, comparação e inter-relação com o que está sendo estudado (BUZAN, 2009).

Aparentemente, usar mapas mentais pode parecer aos leigos apenas como uma mudança na forma de expor as ideias-chaves. Porém, trata-se de mais que isso, trata-se de entender como o cérebro recebe e organiza suas experiências. Por isso, os mapas mentais são radiais e não apenas lineares, como muitas vezes acontece no processo de aprendizagem quando usamos o quadro-negro ou a própria escrita (BUZAN, 2009). Eles podem relacionar os conteúdos enquanto ideias de uma forma prática, circular, espiral, com uma palavra se relacionando a muitos outros itens ou subitens, criando assim categorizações e subcategorizações que auxiliam, inclusive, na própria memorização daquele conteúdo/ideia.

Cada informação que entra em seu cérebro (...) pode ser representada como uma esfera central da qual dezenas, centenas, milhares, milhões de ganchos são irradiados. Cada gancho representa uma associação e cada associação tem seu próprio arranjo infinito de ligações e conexões. Nestes termos, o mapa mental pode ser entendido como a representação externa do pensamento radial. Um mapa mental sempre irradia de uma imagem central. Cada imagem ou palavra se torna por si só um subcentro de associação. A

estrutura radial dos mapas mentais estimula a memória, a recuperação de informações e a criatividade do indivíduo, manifestada na habilidade de estabelecer e perceber conexões por meio das palavras, imagens, cores, códigos e dimensões empregadas no mapa (BUZAN; BUZAN, 1994, p. 53).

Assim, o mapa mental contém um assunto, uma ideia central ou palavra-chave que fica no centro da folha, de preferência de forma horizontal, visando a usar todos os espaços e respeitar o modo de leitura ocidental (KEIDANN, 2013). Esse tópico e seus derivados, em pensamento neuronal, podem ser feitos com imagens, assumindo a importância delas na aprendizagem visual, valendo-se então de diferentes cores e traçados. Por meio desses traços as ideias centrais vão se unir a temas organizadores, como em um sumário, criando assim uma representação do conhecimento (BUZAN, 1996).

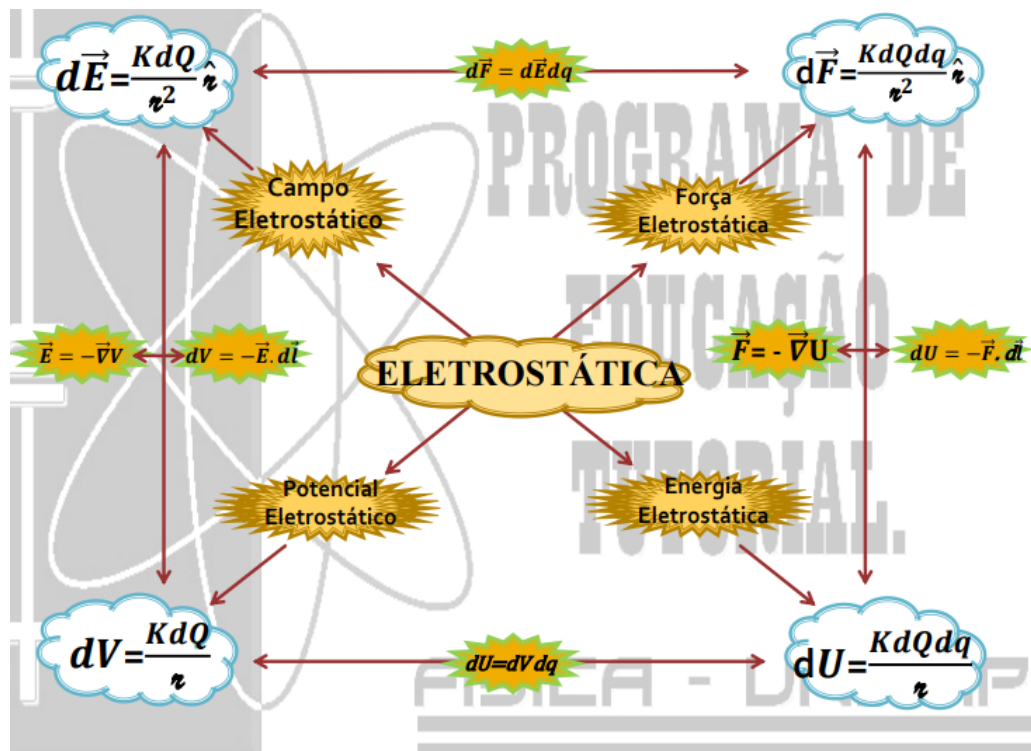
Outras vantagens defendidas por Buzan no uso dos mapas mentais dizem respeito ao protagonismo dos estudantes (visto que cada um vai construir uma reprodução de como seu cérebro capta e reproduz o aprendido, gerando assim diferentes modelos), bem como a possibilidade de sempre dar destaque as ideias principais, ao centro do mapa, organizando ideias, conteúdos e conceitos nas partes secundárias e mais afastadas (bordas), o que permite assim a avaliação das informações (BUZAN, 2009).

Buscando essas possibilidades e encarando os mapas mentais como formas de metodologias ativas, ou seja, processos de ensino nos quais os estudantes são os agentes da própria aprendizagem, comprometendo-se, inclusive, com o processo (OLIVEIRA; PONTES, 2013), os mapas a serem construídos pelos educandos devem visar a uma cartografia mental, que segundo Buzan (1996,2009), precisa:

- Enfatizar o tema central;
- Usar associações;
- Demonstrar ideias próprias;
- Ter clareza e objetividade;
- Ter um estilo pessoal.

O exemplo demonstrado na Figura 1, um mapa mental disponibilizado no site da Universidade Federal do Amapá- UNIFAP, é parte de um projeto de desenvolvimento de mapas mentais para a disciplina de Física. Na Figura em questão, o mapa mental é do conteúdo Eletrostática.

Figura 1- Mapa mental de Eletrostática



Fonte: Unifap (2021).

Com esses princípios, é possível fazer que o desenho ou esquema criado mostre uma organização hierárquica (BUZAN; BUZAN, 1994, p. 104). Por isso, essa técnica pode ser usada para ver o que os educandos compreendem sobre uma situação, um diagnóstico inicial ou uma primeira apreciação, organização mental do que está sendo trabalhado. Assim:

Os mapas mentais são de fundamental importância como ferramenta na construção de diagnósticos relacionados a situações que envolvem a educação e para operacionalizar algumas abordagens da Geografia das Representações, pois se constituem verdadeiros instrumentos catalisadores da manifestação do desenvolvimento cognitivo, social e cultural dos alunos (KOZEL; GALVÃO, 2008, p.46).

Além dessas características, Novak e Gowin (1984) enfatizam a importância de observarmos a análise da hierarquia e a relação adequada entre os conceitos apresentados no mapa.

Dessa forma, o mapa mental criado por Tony Buzan tem como princípio uma ideia central que se articula com ideias conectadas em uma estrutura de árvore ou neurônio. Sua organização busca imitar o funcionamento de nosso cérebro (por

associação), de forma que cada item-palavra ou frase do mapa desencadeia um novo pensamento (ALCANTARA, 2020). Então, o mapa mental trabalha com a organização de ideias, sendo possível usá-lo para ver o conhecimento prévio dos alunos e como seus conhecimentos se organizam mentalmente.

Os desenhos de mapas mentais permitem a percepção dos vários elementos que compõem o todo, com seus desdobramentos e suas relações. Tudo em uma única estrutura, portanto, de forma integrada, essa proposta abre possibilidades para que o professor observe e reconheça que os estudantes integram a realidade e os elementos do cotidiano, com conhecimentos científicos, [...].Essa ferramenta, permite observar se o estudante tem a percepção efetiva da ocorrência do fenômeno observado ou conteúdo estudado e condições de transpor essa informação para o papel (SANTOS; CONCEIÇÃO; MOTA, p. 7).

3 O PERCURSO HISTÓRICO DO ENSINO DE FÍSICA

O que é a Física? Uma das Ciências? Uma disciplina escolar?

A palavra Física origina-se do vocábulo grego 'physiké', que significa natureza. De modo elementar, pode-se afirmar que a Física estuda os fenômenos naturais, ou seja, as mudanças observáveis que ocorrem na natureza, tais como: o congelamento da água, o voo do pássaro, um ímã atraindo um pedaço de ferro, o som de um instrumento musical, um raio de luz atravessando um vidro. Estes fenômenos podem ser observados sem que haja mudança nas características das substâncias e nem formação de novas substâncias (GRASSELLI; GARDELLI, 2014, p. 4).

A Física é uma das Ciências da Natureza e faz parte da grade de ensino nas Escolas de Ensino Médio. Para Sanches e Neves (2011, p. 9), ela “é uma das ciências que investiga, por excelência, a natureza dos fenômenos da natureza e, além do seu próprio campo de pesquisa, ela age como ciência transversalizadora para outras áreas do conhecimento”.

Historicamente, a sua didatização passou por diferentes etapas, modelos e desafios. No caso do Brasil, inicialmente a disciplina era ministrada na época dos Jesuítas, período colonial apenas no Ensino Secundário e Superior, pertencente a área das Ciências e da Matemática, com uma carga horária que representava 20% das aulas. Somente no período republicano essa carga horária das áreas exatas aumentou para 33%, como resultado do reconhecimento das Ciências para os estudos secundários (PILETTI, 1989).

Quando entramos no século XIX, o ensino de Física propriamente dito se registra nos currículos buscando atender aos abastados da corte imperial. Estava presente nos cursos de engenheiros e médicos de uma intelectualidade que aqui se consolidava em grupos privilegiados, ou seja, “não era para todos” (PARANÁ, 2008, p. 45). Tanto que os livros didáticos adotados no Brasil para a Física eram europeus e, ao invés de descrever os conceitos de Física, traziam uma proposta demonstrativa-experimental, da forma que se chegava as equações a partir de experimentos (NICIOLI JUNIOR; MATTOS, 2007).

Um exemplo e marco da Física no Brasil é a fundação do Colégio Dom Pedro II, em 1937, visando a servir de modelo para as demais Escolas Secundárias que

ainda seriam criadas no país. Assim, a Física ensinada nesse período seguia o modelo dos manuais franceses: uma Física quantitativa e matematizada (GOMES, 2017).

No século XX, década de 60, a corrida espacial mundial proporcionou desenvolvimento científico e tecnológico que valorizou a Física, inclusive profissionalmente (MOREIRA, 2000). Na Educação, no Brasil, começa uma valorização e uma mudança nas perspectivas para o ensino das Ciências, com a produção de materiais didáticos, projetos e atividades “como feiras, museus e clubes de ciência, pesquisa e treinamento de professores” (NARDI, 2005, p. 67). Em Física, a Lei 4044/61 garantiu a liberdade das escolas quanto as escolhas dos conteúdos, fato que incentivou o investimento em Kits para materiais experimentais, por meio de diferentes convênios com instituições estrangeiras (ROSA; ROSA, 2005).

A década de 90 é marcada pela necessidade da retomada da competitividade e do investimento em tecnologia. A Educação é marca, então, pela Lei 9394/96 e pela promulgação dos Parâmetros Curriculares Nacionais-PCNs, entre os anos de 1997 e 1998, documentos guias para todas as disciplinas, inclusive para o Ensino de Física no Ensino Médio (BRASIL, 2002). Com esse novo direcionamento, foco dessa disciplina passou a ser a formação do cidadão, por meio de competências, trazendo ainda para as práticas escolares a interdisciplinaridade e a contextualização (BRASIL, 2002).

Nos textos desses documentos verificam-se referências à necessidade de formação de cidadãos polivalentes, criativos e capazes de adaptação permanente às novas formas de produção, e reorientação quanto à formação e a qualificação profissional para que se alcance a qualidade e a competitividade (PARANÁ, 2008, p. 49).

Nesse documento, a Física no Ensino Médio fazia parte da área das Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Para essa grande área do conhecimento, foram determinadas como competências gerais a investigação e compreensão da natureza, a capacidade de representação e comunicação e a contextualização sociocultural e histórica (BRASIL, 2002, p. 23).

No Paraná, as Diretrizes Curriculares de 2008 usaram como teoria pedagógica de suporte a Pedagogia Social dos Conteúdos (SAVIANI, 2008). Em Física, “a produção científica, as manifestações artísticas e o legado filosófico da humanidade, como dimensões para as diversas disciplinas do currículo, possibilitam

um trabalho pedagógico que aponte na direção da totalidade do conhecimento e sua relação com o cotidiano” (PARANÁ, 2008, p. 23). Com isso,

Nessa concepção de currículo, as disciplinas da Educação Básica terão, em seus conteúdos estruturantes, os campos de estudo que as identificam como conhecimento histórico. Dos conteúdos estruturantes organizam-se os conteúdos básicos a serem trabalhados por série, compostos tanto pelos assuntos mais estáveis e permanentes da disciplina quanto pelos que se apresentam em função do movimento histórico e das atuais relações sociais. Esses conteúdos, articulados entre si e fundamentados nas respectivas orientações teórico-metodológicas, farão parte da proposta pedagógica curricular das escolas (PARANÁ, 2008, p. 26).

Metodologicamente, o foco passou a ser “o Universo”, “sua evolução, suas transformações e as interações que nele ocorrem” (PARANÁ, 2008, p. 50). Esse foco gerou 3 campos de estudo, já referendados no século XIX e retomado hoje como fundamentais para a formação do educando, gerando então os principais conteúdos estruturantes da Física para a etapa do Ensino Médio: Movimento, Termodinâmica e Eletromagnetismo (PARANÁ, 2008, p. 57).

Nesse subsídio teórico, diferentes metodologias didáticas foram apontadas: construção de modelos, uso de situação-problema e realização de experimentos, todas visando a levar o aluno a ampliar seus significados, ou seja:

Tem-se por objetivo que professor e estudantes compartilhem significados na busca da aprendizagem que ocorre quando novas informações interagem com o conhecimento prévio do sujeito e, simultaneamente, adicionam, diferenciam, integram, modificam e enriquecem o saber já existente, inclusive com a possibilidade de substituí-lo (PARANÁ, 2008, p.63).

Tal postura retoma a importância da aprendizagem significativa e do uso de subsunçores como mecanismos de ancoragem para a amplificação e criação de novos significados, aqui explanada no capítulo inicial (MOREIRA, 2011).

Mais recentemente, o Brasil lançou a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), documento que busca dar suporte para o ensino nacional, garantindo direitos específicos de aprendizagem. Nele, a Física, junto a Biologia e a Química, as quais agora são denominadas de componentes curriculares, fazem parte da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, elegendo as temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo (BRASIL, 2017, p. 548). Dessa forma, essa grande

área tem como objetivo usar a Ciência e a Tecnologia para agir na sociedade, resolvendo os problemas cotidianos. Assim,

A Ciência e a Tecnologia tendem a ser encaradas não somente como ferramentas capazes de solucionar problemas, tanto os dos indivíduos como os da sociedade, mas também como uma abertura para novas visões de mundo. Todavia, poucas pessoas aplicam os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas cotidianos (como estimar o consumo de energia de aparelhos elétricos a partir de suas especificações técnicas, ler e interpretar rótulos de alimentos etc.) (BRASIL, 2017, p. 547).

Nessa atual roupagem, são grandes objetivos realizar junto ao educando: (1) a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia, fazendo com que o aluno perceba a presença e o papel da ciência e da tecnologia nas mais diversas esferas sociais; (2) o uso de processos e práticas de investigação, ou seja, as diferentes formas pelas quais a Ciência age, acontece, fazendo com que o aluno seja o protagonista de sua aprendizagem, questionando, testando, criando hipóteses e gerando análises e; (3) a apropriação das linguagens específicas da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Essa necessidade reafirma a importância do trabalho com os conceitos e de não simplificar os conhecimentos científicos e tecnológicos. Pelo contrário, capacitar os educandos a lerem, realizarem e divulgarem Ciência com letramentos específicos.

Com isso, percebe-se que historicamente o ensino de Física sempre se aliou com a Ciência, como área maior, e que a mesma deixou o espaço social de “matéria difícil”, para se concretizar nos laboratórios, porém evitando o esvaziamento de conteúdos e conceitos. Entretanto, desafios pontuais para o ensino/aprendizagem permanecem, visto que:

Para a maior parte dos alunos, a física não passa de um conjunto de códigos e fórmulas matemáticas a serem memorizadas e de estudos de situação que, na maioria das vezes, estão totalmente alheias às suas experiências cotidianas. Em geral, estes alunos não fazem uma conexão entre a física aprendida e o mundo ao seu redor (HECKLER; SARAIVA; OLIVEIRA FILHO; 2007, p. 263).

Aceitando essa constatação e desafio pedagógico para os jovens do Ensino Médio, o percurso didático da Física atualmente busca dar aos educandos

protagonismo e possibilidade de observar a Ciência no cotidiano, valendo-se sempre de conhecimentos tecnológicos, visto que a própria Ciência em si traz em si a técnica e a tecnologia como ferramentas, suportes e métodos de ensino e pesquisa (BRASIL, 2017; PARANÁ, 2008).

3.1 A experimentação como um recurso didático em Física

Para Rosa (2003), os seres humanos sempre foram atraídos pela natureza e seus fenômenos, de forma a irem fundamentando diferentes conhecimentos. Ao longo dessa evolução, o uso da experimentação sempre se fez presente, sobretudo na evolução da Física.

Acompanhando o desenvolvimento histórico e cultural da Física como parte da Ciência, as experiências foram deixando os grandes laboratórios e caminhando aos poucos para as salas de aula. Dar aulas por meio de experimentos compreende usar um conjunto de atividades práticas que vão contar com o protagonismo dos estudantes na feitura das atividades, na coleta dos dados e interpretação dos resultados para a construção de conceitos (GIANI, 2010).

Segundo Reis e Silva (2013) usar experimentos no ambiente escolar promove interações sociais, diálogos e troca de informações que vão para além da interação professor-aluno, gerando ações e recursos que conseguem contribuir para a compreensão dos fenômenos naturais e os processos tecnológicos envolvidos em determinados conteúdos da disciplina.

Dessa forma, a realização de atividades práticas ou experimentos nas diferentes disciplinas ligadas as Ciências visam a resgatar a intrínseca ligação entre a teoria exposta nas aulas e a realidade concreta da qual se fala. Para Freire (1997), olhando para a Educação enquanto processo social, para compreender a teoria é preciso experienciá-la. Assumindo essa premissa e indo além, Fagundes (2007) aponta que, para além da prática das experiências, a experimentação é um meio, um recurso e não o fim, ou seja, ela não é o objetivo principal da aula. Essa postura epistemológica busca usar a experimentação para criar conhecimento conceitual, científico, usando as experiências para se chegar a conclusões mais elaboradas sobre o assunto, conteúdo em questão.

Para favorecer a superação de algumas das visões simplistas predominantes no ensino de ciências é necessário que as aulas de laboratório contemplem discussões teóricas que se estendam além de definições, fatos, conceitos ou generalizações, pois o ensino de ciências, a nosso ver, é uma área muito rica para se explorar diversas estratégias metodológicas, no qual a natureza e as transformações nela ocorridas estão à disposição como recursos didáticos, possibilitando a construção de conhecimentos científicos de modo significativo (RAMOS; ANTUNES; SILVA, 2010, p. 8).

Trazendo essa necessidade para as aulas de Física, fica claro que por meio das atividades com experiências os alunos precisam compreender que o trabalho com um fenômeno demanda o domínio de uma teoria, o que faz com que a prática da experimentação respeite ou seja guiada por 3 polos: “o referencial empírico; os conceitos, leis e teorias; e as diferentes linguagens e simbolismos utilizados em física” (SÉRÉ; COEOLHO; NUNES, 2003, p. 38-39). Quando realizamos atividades experimentais, as relações entre essas 3 instâncias se concretizam.

Silva e Martins (2003) também confirmam essa tese ao defenderem que só devemos realizar uma experiência na sequência a uma exposição, análise teórica. Caso contrário, usa-se o laboratório a partir de uma “mente vazia” e acreditando que os experimentos vão falar por si.

Segundo a BNCC, a experimentação aparece no segundo grande objetivo da área de Ciências e Tecnologia da qual a Física faz parte:

A dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área (BRASIL, 2017, p. 550).

Com isso, as práticas se aliam a postura educativa de dar protagonismo ao estudante. Entretanto, as práticas experimentais têm como palco os laboratórios, ambientes que não são ainda uma realidade concreta na educação brasileira. Mesmo mediante aos desafios de infraestrutura, compra de equipamentos e formação docente (SANTANA, 2011), realizar uma aula prática é fundamental para a apreensão e a assimilação correta dos conceitos, pois:

No que diz respeito a disciplina de Física, uma das estratégias metodológicas é a utilização do laboratório didático de física, que deve vir como instrumento mediador do professor para melhorar o entendimento do aluno, fazendo com que o aluno passe a ver através da utilização de experimentos, a Física como algo presente em seu cotidiano, como algo que instigue sua curiosidade, promovendo o interesse de investigar e tirar conclusões, deixando assim de ser uma disciplina cheia de leis, conceitos e exercícios repetitivos onde a maioria ver como algo vazio de significado, minimizando assim as dificuldades de se ensinar Física de modo significativo e consistente (CARNEIRO, 2007, p.12).

O uso dos laboratórios contempla a experimentação e também a relação entre Tecnologia e Ciência, apontada nos diferentes documentos que regem o ensino (BRASIL, 2017, PARANÁ, 2008). Outro aspecto a se considerar é que a experimentação precisa, contemplando o caráter de metodologia ativa, percurso teórico e metodológico que faz com que o estudante participe de sua aprendizagem (BARBOSA; MORUA, 2013), fazer parte de um planejamento no qual o estudante colete, interprete e analise dados com autonomia e não apenas compare teorias e hipóteses pré-definidas (KRASILCHIK, 2000). É preciso que o educando seja levado a testar suas concepções prévias, trabalhar com suas hipóteses de forma que a atividade experimental leve em consideração tal conhecimento prévio dos alunos e que suas diferentes tarefas possam construir e reconstruir esse conhecimento, atingindo assim a aprendizagem significativa (GIANI, 2010; MOREIRA, 2011).

3.2 A Eletrodinâmica nos conteúdos escolares e em nossas vidas

Eletrodinâmica é a parte de estudo da Física destinado ao estudo das cargas elétricas em movimento e os fenômenos decorrentes desse movimento. A ordenação das cargas origina o que conhecemos como corrente elétrica, responsável pelo funcionamento de diversos equipamentos que fazem parte do nosso cotidiano, sendo que dentre eles destacamos para o desenvolvimento deste produto educacional os resistores e suas associações.

O desenvolvimento dos fenômenos elétricos e magnéticos, por exemplo, pode ser dirigido para a compreensão dos equipamentos elétricos que povoam nosso cotidiano, desde aqueles de uso doméstico aos geradores e motores de uso industrial, provendo competências para utilizá-los, dimensioná-los ou analisar condições de sua utilização. Dessa forma, o sentido para o estudo da eletricidade e do eletromagnetismo pode ser

organizado em torno de equipamentos elétricos e telecomunicações (BRASIL, 2002, p. 70).

Para tratar deste campo da Física e apresentar sua aplicabilidade, “[...]uma das áreas da Física que possuem mais estudos referentes a dificuldades de aprendizagem” (DORNELES; ARAÚJO; VEIT, 2006, p.488), é preciso então desenvolver alguns conteúdos específicos da eletricidade básica, com suas nomenclaturas, fórmulas e conceitos, dos quais trataremos aqui: tipos de resistores e suas aplicações, associações de resistores em série, paralelo e mista, as Leis de Ohm, as Leis de Kirchhoff, configuração Estrela-Triângulo e Ponte de Wheatstone.

3.2.1 Introdução a Eletrodinâmica

Corrente Elétrica

Segundo Halliday e Resnick (2016), embora a corrente elétrica seja o movimento de partículas carregadas, nem todas as partículas em movimento geram corrente elétrica. Para obter uma corrente elétrica em uma superfície é necessário que haja um fluxo líquido de cargas através da superfície, como por exemplo: os elétrons livres que se movem em um fio de cobre, possui direções arbitrárias, com velocidade média de 10^6m/s . Se considerarmos um plano perpendicular ao fio, os elétrons percorrem os dois sentidos do plano perpendicular inúmeras vezes por segundo, porém não há fluxo líquido de cargas e consequentemente não haverá corrente elétrica passando pelo fio. Nessas condições, para obter corrente elétrica ligamos as extremidades do fio a uma fonte de energia. O número de elétrons que atravessam o plano em um determinado sentido será maior que o número de elétrons que atravessam o plano perpendicular no sentido oposto. Portanto, nessas condições haverá um fluxo líquido de cargas consequentemente a formação de corrente elétrica.

Considere uma carga (dq), em um plano e em um determinado tempo (dt), definimos corrente elétrica (i), por:

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

Para determinar por integração em um intervalo de tempo de 0 a t, temos:

$$q = \int dq = \int_0^t i dt \quad (\text{A corrente pode variar com o tempo}) \quad (2)$$

No sistema internacional de unidades (SI), a corrente elétrica tem unidade de Coulomb por segundo ou ampère com o símbolo A.

$$1 \text{ ampère} = 1 \text{ A} = 1 \text{ Coulomb por segundo} = 1 \text{ C/s}$$

Densidade da Corrente

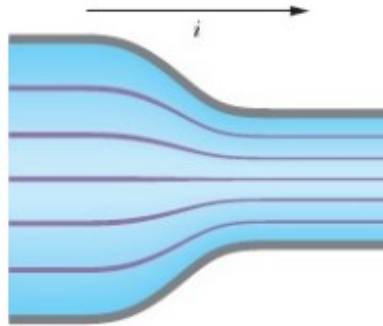
De acordo com Halliday e Resnick (2016), ao estudar o fluxo de cargas através de uma seção de uma reta em uma determinada parte do material, precisamos utilizar da densidade da corrente (\vec{j}), que possui direção e sentido igual a velocidade das cargas que formam a corrente, caso sejam positivas. Quando as cargas forem negativas, possui a mesma direção, porém o sentido é oposto a velocidade das cargas que constituem a corrente. “Para cada elemento da seção reta, o módulo J da densidade de corrente é igual a corrente dividida pela área do elemento” (HALLIDAY; RESNICK, 2016, p. 326)

O elemento pode ser descrito com $\vec{j} d\vec{A}$ em que $d\vec{A}$ é o vetor área do elemento em questão, perpendicular ao elemento, onde teremos a corrente total que percorre a seção reta.

$$i = \int \vec{j} \cdot d\vec{A} \quad (3)$$

As linhas representadas na Figura 2 mostram que a densidade da corrente pode variar, mostrando que a densidade será maior no condutor estreito. Quanto mais próximas as linhas da corrente, maior será a densidade.

Figura 2- Representação das linhas de corrente com espaçamento inversamente proporcional à densidade da corrente



Fonte: Halliday e Resnick (2016, p.326).

Caso a corrente seja uniforme por toda seção reta e paralela onde $d\vec{A}$ e \vec{j} também for uniforme e paralela a $d\vec{A}$ a equação se torna:

$$i = \int J dA = J \int dA = JA \quad (4)$$

$$J = \frac{i}{A} \quad (5)$$

Velocidade de Deriva

Segundo Halliday e Resnick (2016), quando há formação de corrente elétrica em um condutor os elétrons se movem e tendem a derivar, com uma velocidade de deriva Vd no sentido oposto ao do campo elétrico.

Comparando a velocidade de deriva dos elétrons com a velocidade de movimentação aleatória denominada velocidade térmica (Vt), observa-se que a velocidade de deriva é relativamente pequena.

Relacionando a velocidade de deriva Vd , dos elétrons de condução com um fio ao módulo J da densidade da corrente no fio e considerando que os portadores de carga seriam positivos ao sentido de Vd e da densidade da corrente seria o mesmo, porém se os portadores de carga forem negativos o sentido de $\vec{V}d, \vec{E}$ e \vec{j} será oposto.

Considerando que em um fio condutor teremos todos os portadores de cargas se movimentando na mesma velocidade de deriva e que toda seção reta do fio

condutor possua a mesma densidade da corrente e, por fim, que a seção reta do fio seja constante, temos:

O número de portadores em uma parte do fio é NAL e cada portador possui uma carga elementar (e), escrevemos:

$$q = (nAL)e \quad (6)$$

Onde:

q = É a carga total dos portadores;

n = É o número de portadores por unidade de volume;

A = Seção reta do fio;

L = Comprimento do fio;

e = É a carga de cada portador.

Considerando que os portadores estão se movimentando com velocidade de deriva e que as cargas estão percorrendo a seção reta do fio em um intervalo de tempo temos:

$$t = \frac{L}{Vd} \quad (7)$$

E ainda que a intensidade da corrente é dada pela taxa de variação do tempo pelo fluxo de carga escrevemos:

$$\begin{aligned} i &= \frac{q}{t} = \frac{nAL e}{\frac{L}{Vd}} \\ i &= nAL e \frac{Vd}{L} \\ i &= \frac{nAL eVd}{L} \\ i &= nA e Vd \end{aligned} \quad (8)$$

Lembrando que para corrente uniforme em uma seção reta e paralela temos:

$$J = \frac{i}{A} \quad (9)$$

Escrevemos, portanto:

$$vd = \frac{i}{nAL} = \frac{J}{ne} \quad (10)$$

Halliday e Resnick (2016), concluem que o produto ne tem unidade de medida (Cm^2) Coulomb por metro quadrado. Segundo o Sistema Internacional de Unidades (SI) é denominado de densidade de carga dos portadores.

Para portadores positivos ne é positivo e a densidade da corrente e velocidade de deriva tem o mesmo sentido. Para portadores negativos, ne é negativo a densidade da corrente e velocidade da deriva tem sentidos opostos.

Resistência e Resistividade

Ao aplicarmos a mesma diferença de potencial elétrico (ddp) as extremidades de barras de mesmas dimensões feitas de materiais distintos, os valores obtidos para a resistência elétrica são diferentes devido às características do material. A resistência elétrica é determinada pela diferença de potencial elétrico entre dois pontos divididos pela corrente elétrica resultante. Portanto temos:

$$R = \frac{U}{i} \quad (11)$$

A unidade de medida do sistema internacional de unidades (SI) é volts por ampère (V/A) e a unidade utilizada para representar a resistência elétrica é o ohm (Ω). Portanto, temos:

$$1 \text{ ohm} = 1\Omega = 1 \text{ volt por ampère} = 1 \text{ V/A}$$

Para abordar a resistividade de um material, concentramos a atenção ao campo elétrico \vec{E} que existe em um determinado ponto do material resistivo, considerando a densidade de corrente \vec{J} no ponto estudado. Portanto escrevemos a definição de resistividade por meio da equação:

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (12)$$

De acordo com o Sistema internacional de Unidades (SI), combinando as unidades de E e J obtemos a unidade de ρ o ohm-metro ($\Omega.m$).

$$\frac{\text{unidade de } E}{\text{unidade de } J} = \frac{V/m}{A/m^2} = \frac{Vm}{A} = \Omega.m$$

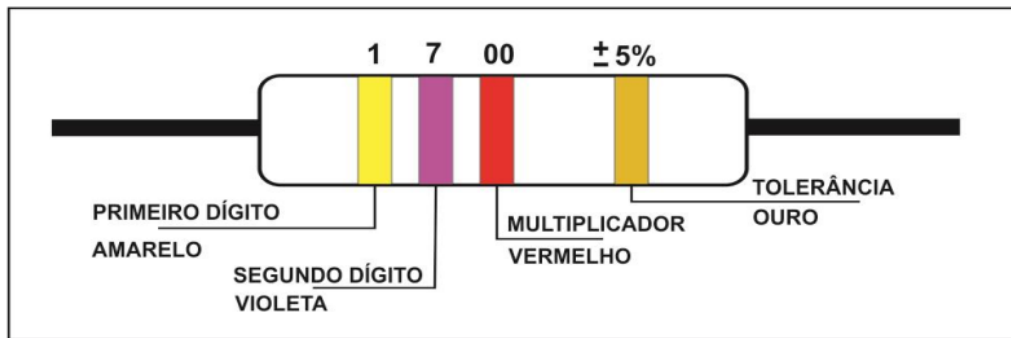
3.2.2 Resistor

Segundo Batista e Batista (2016), o resistor é um dispositivo eletrônico que possui a função de converter energia elétrica em energia térmica, o que conhecemos como efeito Joule. Essa transformação acontece através do dispositivo que tem a característica de resistir a passagem da corrente elétrica atravessada por ele, ocasionando o aquecimento.

Os resistores podem ser classificados em dois tipos: os fixos e os variáveis. O último é aquele no qual podemos variar seu valor para a resistência, e os fixos, como o próprio nome diz, não podem variar ou alterar o valor da resistência.

Para realizar a leitura de resistência em resistores fixos, utilizamos o código de cores, que possui uma ordem de leitura de dígitos, na qual cada faixa de cor possui um valor e a posição dessa faixa no resistor possibilita obter valores numéricos e percentuais de tolerâncias diferentes. A Figura 3 ilustra essa ordem de leitura.

Figura 3- Representação de valores de acordo com o código de cores



Fonte: Freire (UTFPR, 2016 p.10).

De acordo com Agassi, Canovas e Sorte (2016), a leitura dos resistores com código de cores pode ocasionar alguns erros caso essa leitura não siga algumas regras, como por exemplo o lado que devemos iniciar a leitura dos códigos. Para isso, devemos seguir as seguintes indicações:

As faixas normalmente são agrupadas do lado de um dos terminais, portanto a faixa mais próxima desse terminal é a primeira, ou primeiro algarismo significativo;

- A primeira faixa nunca deverá ser de cor preta, prata ou ouro, conforme tabela;
- A segunda faixa nunca deverá ser de cor prata ou ouro, conforme tabela;
- Geralmente quando não se consegue posicionar, faz-se a leitura nos dois sentidos, e a que a tabela não permitir, descarta-se. Entretanto, existem alguns resistores de precisão que se consegue ler, pela tabela, dois valores diferentes. Os resistores obedecem a uma série de valores comerciais, que basta comparar os dois valores obtidos, para verificar qual deles existe. Depois de todas as tentativas anteriores, essa última é infalível (FREIRE, 2016, p. 9).

Assim, é possível criar um passo a passo para a leitura dos códigos utilizando a Tabela da Figura 4.

Figura 4- Tabela de código de cores dos resistores

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Nº de zeros/multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	0	
Marrom	1	1	1	1	± 1%
Vermelho	2	2	2	2	± 2%
Laranja	3	3	3	3	
Amarelo	4	4	4	4	
Verde	5	5	5	5	± 0,5%
Azul	6	6	6	6	± 0,25%
Violeta	7	7	7	7	± 0,1%
Cinza	8	8	8	8	± 0,05%
Branco	9	9	9	9	
Dourado				x0,1	± 5%
Prata				x0,01	± 10%



Fonte: Mundo da elétrica (2020).¹

- **1º Passo:** Observando a primeira faixa de cor corresponde ao primeiro dígito do valor ôhmico do resistor;
- **2º Passo:** Observando a segunda faixa de cor corresponde ao segundo dígito do valor ôhmico do resistor;
- **3º Passo:** Observando a terceira faixa de cor. Essa faixa corresponde ao multiplicador de casas numéricas que o valor da resistência está submetido elevado a potência de base 10;
- **4º Passo:** A quarta faixa, a qual nem todos os resistores possuem, corresponde a faixa de tolerância. Essa faixa informa em porcentual a precisão do valor real da resistência.

Tipos de resistores e suas aplicações

Resistores de Fio

Segundo Batista e Fusinato (2014), esses tipos de resistores são constituídos por um fio de longo comprimento, podendo ser enrolado sobre uma superfície de

¹ MUNDO DA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br>. Acesso em jun. de 2020.

cerâmica ou vidro utilizados geralmente em aparelhos em que o principal objetivo é a dissipação de calor, como por exemplo chuveiros, aquecedores de ambientes e ferro de passar, entre outros aparelhos.

O valor da resistência fornecida pode ser determinado conhecendo o material que constitui o resistor, seu comprimento e área da seção transversal do fio. A imagem fornecida na Figura 5 ilustra esse tipo de resistor.

Figura 5- Representa o resistor de fio

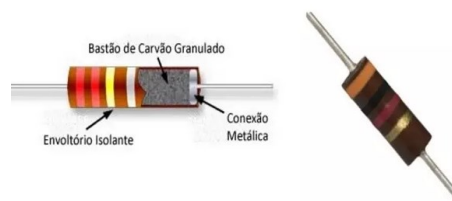


Fonte: Mundo da elétrica (2020).²

Resistores de Carvão

Resistores de carvão são constituídos em seu preenchimento de carvão granulado, formando uma mistura homogênea de onde é obtido o valor da sua resistência. Eles possuem faixas de cores de forma que para identificar os seus valores se faz necessário consultar uma tabela de código de cores. Também possuem tamanho e tolerância maiores quando comparados com outros resistores fixos, tal como mostra a Figura 6.

Figura 6- Representação de



resistor de carvão

Fonte: Mundo da elétrica (2020).³

² MUNDO DA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br>. Acesso em jun. de 2020.

³ MUNDO DA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br>. Acesso em jun. de 2020.

Resistores de filme de carbono

Resistores de filme de carbono dizem respeito a um resistor fixo e sua resistência é obtida na fabricação. Para tanto, é utilizado um cilindro de cerâmica que é coberto por uma película de carbono, possuindo uma largura e espessura conforme a obtenção da resistência desejada.

Um resistor de carbono possui baixo custo e seu valor numérico é disponibilizado por faixa de cores, sendo necessário a consulta a Tabela de código de cores, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7- Representação do resistor de carbono



Fonte: Mundo da elétrica (2020).⁴

Resistores Metálicos

Os resistores metálicos são fixos e semelhantes aos resistores de carbono na sua fabricação, sendo que, o que os difere é a película que faz a cobertura do cilindro, que nos metálicos é de Niquel Ni-cr, (nicromo), o que possibilita uma tolerância de 1%, garantindo maior precisão do valor da resistência e diminuindo de forma significativa o ruído emitido pelo resistor, o qual é apresentado na Figura 8.

Figura 8- Representação do resistor de carbono

⁴ MUNDO DA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br>. Acesso em jun. de 2020.



Fonte: Mundo da elétrica (2020).⁵

Variação da Resistividade com a Temperatura

De acordo com Halliday e Resnick (2016). Os valores para a resistividade variam como a maioria das grandezas físicas quando sofrem variações de temperatura. Como exemplo utilizaremos a variação da resistividade do cobre quando ocorre a variação de temperatura, essa relação entre resistividade e temperatura é quase linear em uma larga faixa de temperaturas, possibilitando escrever uma fórmula empírica que é adequada para a maioria das aplicações práticas:

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0) \quad (13)$$

T_0 é a temperatura de referência que usaremos atribuindo valor de 293K (temperatura ambiente) e $\rho_0 = 1,69 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$, resistividade do cobre. A constante α é o coeficiente de temperatura da resistividade, é escolhida por ter concordância da resistividade obtida com a resistividade medida experimentalmente, para que seja a melhor possível na faixa de temperatura analisada.

3.2.3 1ª Lei de Ohm

De acordo com Batista e Batista (2016), George Simon Ohm, professor de Física e Matemática, escreveu a primeira Lei de Ohm com dados observados em seu

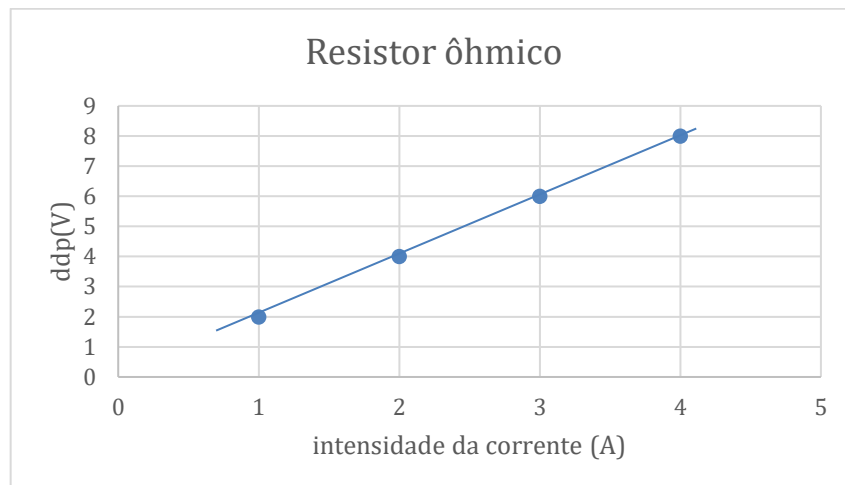
⁵ **MUNDO DA ELÉTRICA**. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br>. Acesso em jun. de 2020.

experimento, com condutores elétricos em temperatura constante. Ele realizou o procedimento em que a diferença de potencial (V) sofria variações ($U_1, U_2, U_3 \dots U_x$) e obteve valores da corrente elétrica correspondentes a ($i_1, i_2, i_3 \dots i_x$).

$$\frac{U_1}{i_1} = \frac{U_2}{i_2} = \frac{U_3}{i_3} = \dots \frac{U_x}{i_x}$$

O professor Ohm percebeu que há resistores nos quais mesmo que a intensidade da corrente e a tensão sofram mudanças, os valores para a resistência permanecem constantes. Concluiu que os resistores que obtiveram essas características poderiam ser denominados resistores ôhmicos, por apresentarem um comportamento linear, conforme representação gráfica da Figura 9.

Figura 9- Representação gráfica de um resistor ôhmico



Fonte: Autoria própria (2021).

Definiu então que:

Para resistores ôhmicos a diferença de potencial elétrica (ddp), deve ser diretamente proporcional à intensidade da corrente elétrica que atravessa o resistor (i), resultando em uma constante de proporcionalidade a resistência elétrica do resistor.

Sabendo que a diferença de potencial elétrica é medida em volts (V) e a intensidade da corrente em ampères (A), a unidade para resistência elétrica é V/A. Para homenagear o professor George Simon Ohm essa unidade de medida recebeu o nome de Ohm, com o símbolo Ω .

Equação conhecida como a 1ª Lei de Ohm:

$$\mathbf{R = \frac{U}{i} \quad \text{ou} \quad U = R \cdot i} \quad (14)$$

R = resistência elétrica (Ω);

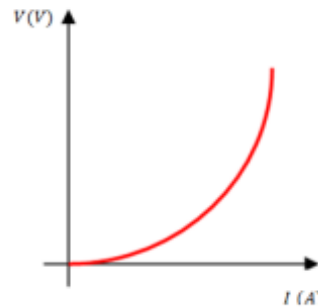
i = intensidade da corrente elétrica (A);

U = diferença de potencial elétrico (V).

A equação descrita é utilizada para todos os dispositivos que a corrente elétrica percorre.

Os resistores que não obedecem a primeira Lei de Ohm são classificados como resistores não ôhmicos, por apresentarem um comportamento não linear. São exemplos os resistores LDR (*Light Dependent Resistor*) e NTC (*Negative Temperature Coefficient*). Nesses casos, a diferença de potencial elétrico não é proporcional a intensidade da corrente que atravessa o condutor, conforme representação gráfica da Figura 10.

Figura 10- Representação gráfica de um resistor não ôhmico



Fonte: Autoria própria (2022).

3.2.4 2ª Lei de Ohm

De acordo com Gaspar (2013), em seus experimentos George Simon Ohm pôde observar que, dependendo do material que constitui o resistor, seu comprimento, a área e a temperatura em que esse resistor se encontra, pode-se determinar seu valor, que é diretamente proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional a sua área da secção transversal do fio. Escreve-se, então, a segunda Lei de Ohm na expressão:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (15)$$

Onde a letra **R** representa o valor da resistência do resistor e sua unidade de medida é Ω .

A letra grega ρ ($r\hat{o}$) é a resistividade elétrica do material que constitui o resistor e sua unidade de medida é $\Omega.m$ (ohm. metro). Essa grandeza pode sofrer variação com a temperatura, como mostrado na equação 14.

A letra **L** representa o comprimento do fio e sua unidade de medida é m (metro). Por fim a letra **S**, representa a área da secção transversal do fio e sua unidade de medida é m^2 (metros quadrados).

3.2.5 Associação de resistores

Segundo Gaspar (2013), resistores, como já definimos anteriormente são componentes utilizados em equipamentos elétricos e eletrônicos para atender às diversas necessidades dos circuitos, seja para dissipação de calor (efeito Joule) ou para limitar o fluxo de corrente no circuito. Em muitos casos, dois ou mais resistores precisam ser conectados em série, paralelo ou mistos, dependendo do uso pretendido do circuito a fim de conseguir um valor equivalente não comercial.

3.2.6 Associação de resistores em série

De acordo com Batista, Batista (2016), os resistores conectados em série suportam correntes da mesma intensidade. Os resistores devem ser colocados um atrás do outro para garantir que a corrente passe por um único caminho, produzindo assim o mesmo valor de intensidade de corrente em cada resistor. Neste modelo de correlação de resistência, a diferença de potencial total (ddp) é a soma da diferença de potencial (ddp) de cada resistor.

Propriedades:

A intensidade da corrente (A) é a mesma em todos os resistores, mesmo no resistor equivalente.

$$i_1 = i_2 = i_3 = i_n \dots$$

A diferença de potencial elétrico total do circuito (V) é a soma das diferenças de potenciais elétricos de cada resistor.

$$U_t = U_1 + U_2 + U_3 \dots$$

Na associação em série, a resistência equivalente é dada pela soma das resistências elétricas dos resistores disponíveis no circuito.

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 \dots \quad (16)$$

Para resistências elétricas de mesmo valor temos:

$$R_e = R.n \quad (17)$$

Um exemplo desse tipo de associação em série em nosso cotidiano algumas das é as luzes decorativas de natal, que na maioria estão associadas uma posterior a outra.

3.2.7 Associação de resistores em paralelo

Segundo Batista, Schiavon e Batista (2018), quando conectamos dois ou mais resistores lado a lado em dois pontos comuns, consideramos como uma associação de resistores em paralelo.

Propriedades:

Todos os resistores estão submetidos a mesma tensão fornecida pela fonte de energia.

$$U_1 = U_2 = U_3 = U_{\text{fonte de energia}}$$

A intensidade da corrente total é a soma da intensidade da corrente de cada resistor, que são proporcionais aos valores de suas resistências.

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_{\text{total}}$$

O inverso da resistência equivalente é determinado considerando que seja igual à soma dos inversos das resistências associadas. Temos:

- ✓ Para três ou mais resistores associados em paralelo:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \quad (18)$$

- ✓ Para dois resistores associados em paralelo:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (19)$$

- ✓ Para n resistores de mesma resistência associados em paralelo, a resistência equivalente é dada:

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \quad (20)$$

Um exemplo desse tipo de associação em paralelo é a associação de lâmpadas em instalações elétricas residenciais, como sala, cozinha, quartos, em escolas, na biblioteca, salas de aulas, laboratórios entre outros ambientes.

3.2.8 Associação mista de resistores

Segundo Batista e Fusinato (2014), associação mista é aquela onde encontramos resistores associados em paralelo e em série no mesmo circuito e em série ao mesmo tempo. A determinação de cada resistência equivalente deve seguir as características da associação envolvida.

3.2.9 Leis de Kirchhoff

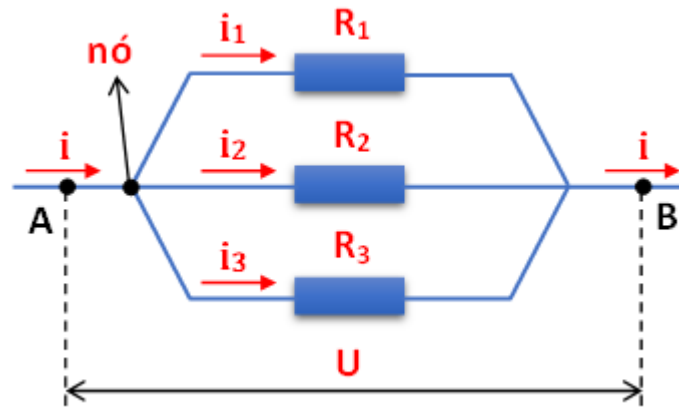
Segundo Batista, Schiavon e Batista (2018), “As leis de Kirchhoff, auxiliam a resolução e análise de circuitos elétricos e são aplicadas em circuitos de corrente contínua e alternada”. Esse conjunto é composto por duas Leis: a Lei dos nós e a Lei das malhas.

1ª Lei: Lei dos nós em um circuito elétrico

Consiste em um nó, o ponto de ligação entre três ou mais componentes de um circuito elétrico, onde a corrente elétrica sofre divisão ou soma do seu valor. A soma da intensidade da corrente elétrica que chega em um nó deve ser a mesma quando sai de um nó. Portanto temos na Figura 11:

$$\sum i \text{ chegam} = \sum i \text{ saem}$$

Figura 11- Representa as correntes elétricas que saem e entram em um nó

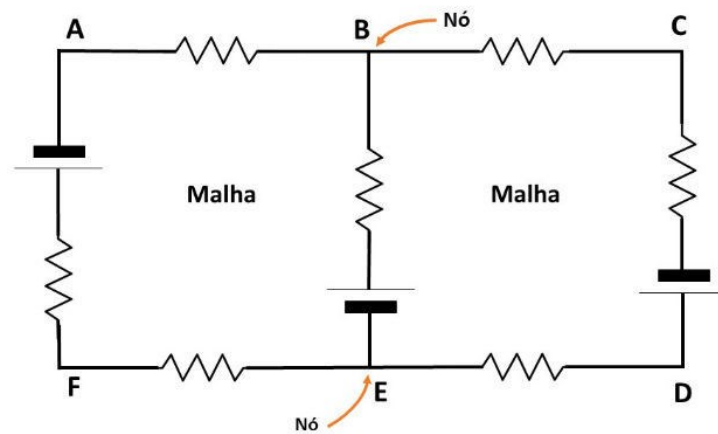


Fonte: Fis matica (2020).⁶

2ª Lei: Lei das malhas em um circuito elétrico

A segunda Lei de Kirchhoff consiste que a soma das diferenças de potenciais elétricos nas malhas, onde o caminho percorrido pela corrente elétrica é fechado, é nula, ou seja, igual a zero, como na Figura 12.

Figura 12- Representa as malhas em um circuito elétrico



Fonte: Gouveia (2020).⁷

⁶ FIS MATICA. Disponível em: <http://fismatica.com.br/>. Acesso em jun. de 2020.

⁷GOUVEIA, R. **Leis de Kirchhoff**. Toda Matéria. Física. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/leis-de-kirchhoff/>. Acesso em jun. de 2020.

Definições básicas:

- **Nó:** é o ponto de conexão entre três ou mais condutores de um circuito elétrico.
- **Ramo:** é todo trecho do circuito localizado entre dois nós consecutivos.
- **Malha:** é qualquer conjunto de ramos que forma um circuito fechado para a passagem da corrente elétrica.

3.2.10 Configurações Estrela - Triângulo

Segundo Markus (2001), em um circuito é comum os resistores estarem ligados conforme configurações estrela ou triângulo, o que se demonstra nas Figuras 13 e 14, respectivamente.

Figura 13- Representação configuração Estrela

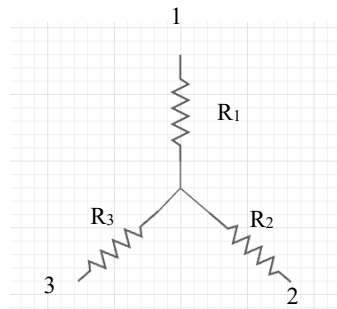
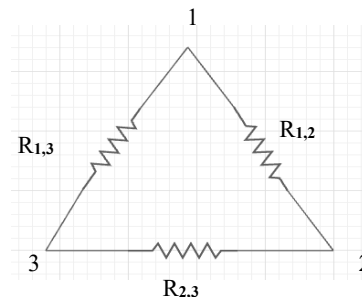


Figura 14- Representação configuração Triângulo



Fonte: Adaptado de Markus (2001.p.48).

Fonte: Adaptado de Markus (2001.p.48).

Estas configurações não se caracterizam nem como série, nem como paralelo, dificultando o cálculo da resistência equivalente do circuito, e portanto, a sua análise.

Para resolver esse problema, é possível converter uma configuração na outra, fazendo com que os resistores mudem de posição sem, no entanto, mudarem as características elétricas do circuito, conforme Figuras 15 e 16, adaptadas de Markus (2001, pg 48).

Figura 15- Conversão Estrela- Triângulo

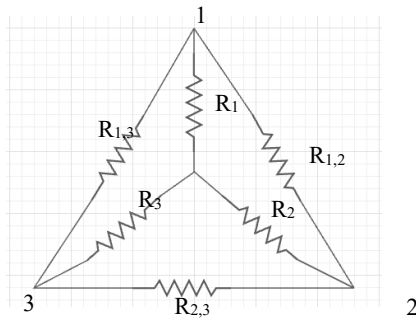
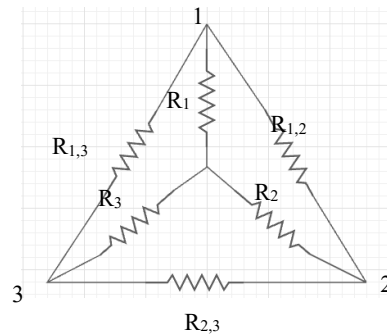


Figura 16- Conversão Triângulo -Estrela



Fonte: Adaptada de Markus (2001.p.48).

Fonte : Adaptada de Markus (2001.p.48).

$$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_3}$$

$$R_{1,3} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_2} \quad (21)$$

$$R_{2,3} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

$$R_1 = \frac{R_{1,2} \cdot R_{1,3}}{R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}}$$

$$R_2 = \frac{R_{1,2} \cdot R_{2,3}}{R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}} \quad (22)$$

$$R_3 = \frac{R_{1,3} \cdot R_{2,3}}{R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}}$$

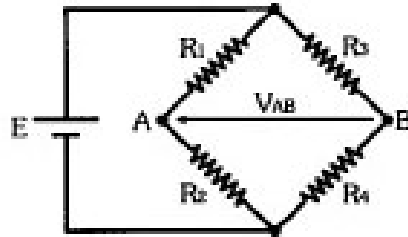
A Figura 15 representa a conversão de Estrela para Triângulo, para determinar os valores de $R_{1,2}$, $R_{1,3}$ e $R_{2,3}$ devemos calcular a partir das equações (21) disposta abaixo da figura. Na conversão de Triângulo para Estrela, para determinar os valores de R_1 , R_2 e R_3 devemos utilizar as equações (22) dispostas abaixo da Figura 16.

3.2.11 Ponte de Wheatstone

Segundo Markus (2001), a ponte de Wheatstone é um circuito de uso comum em instrumentação eletrônica por permitir a possibilidade de medir outras grandezas físicas, como por exemplo temperatura e pressão com o auxílio de sensores ou transdutores que realizam a conversão das grandezas medidas em resistência elétrica.

Um exemplo da Ponte de Wheatstone é ilustrado pela Figura 17.

Figura 17- Representação da Ponte de Wheatstone

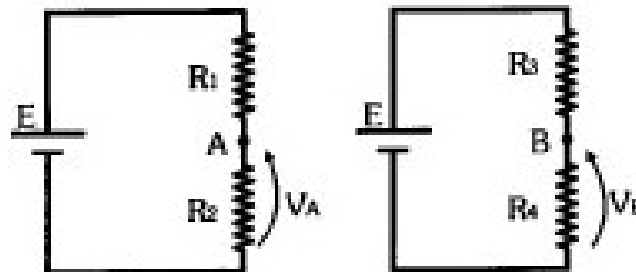


Fonte: Markus (2001, p. 54).

- Na ponte de Wheatstone, temos uma divisão de corrente elétrica em cada ramo formando um divisor de tensão.
- O ponto que devemos ter como ponto de atenção é sobre a tensão entre os pontos **AB**, das extremidades que não estão conectados a fonte de alimentação.

Para melhor análise, dividimos em duas partes formando um divisor de tensão conforme a Figura 18.

Figura 18- Representação da divisão da Ponte de Wheatstone



Fonte: Markus (2001, p. 54).

As tensões em cada parte são dadas:

$$V_A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E$$

$$V_B = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot E$$
(23)

Para que a ponte esteja em equilíbrio $V_{AB} = V_A - V_B = 0$, ou seja

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot E \rightarrow R_2 (R_3 + R_4) = R_4 (R_1 + R_2) \rightarrow R_1 \cdot R_4 + R_2 \cdot R_4 \rightarrow \quad (24)$$

$$R_2 \cdot R_3 = R_1 \cdot R_4$$

Dizemos, portanto, que é possível calcular o valor da resistência de um resistor ou componente desconhecido a partir da condição de equilíbrio da ponte de Wheatstone que é dada pela igualdade entre os produtos das suas resistências opostas.

4 SIMULADORES VIRTUAIS NO ENSINO DE FÍSICA

Quando falamos em simuladores ou laboratórios virtuais estamos tratando da organização de experiências científicas nas quais os alunos podem executar experimentos nas mais diversas áreas do conhecimento, com ênfase nas Ciências, replicando no ambiente virtual práticas antes apenas realizadas em laboratórios físicos tradicionais (SANTOS; FREITAS; LOPES, 2020).

Os laboratórios já fazem parte da metodologia da experimentação (BRASIL, 2017, PARANÁ, 2008, SANTANA, 2011). Mas também podem responder a necessidade de interatividade nas aulas, a aprendizagem baseada em problemas e ao ensino por investigação, todas metodologias voltadas para as Ciências (NUNES, 2014).

Outro importante determinante é que os laboratórios virtuais são uma das formas de expressão da relação entre a Física, a Ciência e a Tecnologia, conseguindo assim unir o método científico, a prática investigativa aos conceitos próprios da disciplina e a efetivação dos conhecimentos por meio de recursos tecnológicos, exigência da área das Ciências da Natureza para a educação dos jovens no século XXI (BRASIL, 2017).

Sendo assim, como parte das metodologias ativas (OLIVEIRA; PONTES, 2013), o uso de diferentes *softwares* educacionais no ensino de Física auxilia na ludicidade e nas atividades em grupo, bem como no debate de ideias e soluções com maior protagonismo estudantil e a compreensão de fenômenos físicos por meio de técnicas de modelagem e simulação (FILGUEIRA; SOARES, 2015).

Uma das críticas a esses recursos é a de que eles podem ser vistos como o incentivo ao ensino a distância. Todavia, segundo Melo e Osso Jr (2008), os laboratórios virtuais não devem substituir os laboratórios físicos e sim agregar mais uma possibilidade educativa, uma vez que apresentam menores custos de implantação e manutenção, gerando flexibilização das atividades em ambos os ambientes.

Esse tipo de experiência social e pedagógica surgiu mediante a necessidade do uso dos laboratórios físicos em tempo real, ampliando o acesso para qualquer hora e para grandes números de cidadãos ou alunos. Assim, com os laboratórios virtuais, unem-se pesquisadores distantes temporal e geograficamente, sem custos para

escolas ou empresas. O acesso ao laboratório virtual acontece por meio da rede da internet ou por CD-ROM ou DVD (BOTTENTUIT JUNIOR; COUTINHO, 2007).

Muitas experiências educativas com êxito estão sendo cunhadas nos últimos anos com o uso dos laboratórios virtuais, seja para o ensino de jovens estudantes ou até para a formação docente na área. Heckler, Saraiva e Oliveira Filho desenvolveram e aplicaram um CD-ROM de óptica para o Ensino Médio para vários conteúdos dessa disciplina. O material apresenta textos didáticos escritos em linguagem *html*, 77 animações e 64 imagens criadas pelos autores, bem como 13 simuladores (Java Applets) disponíveis na internet. O trabalho foi aplicado em 40 alunos de duas turmas de terceiro ano, tendo uma boa aceitação.

Falcão e Machado (2010), desenvolveram um ambiente virtual 3D, o Laboratório para Simulação de Experimentos Físicos: LabSEF. Este espaço apresenta a capacidade de visualização estereoscópica e de simulação dos seguintes experimentos: Movimento Retilíneo Uniforme, Movimento Uniformemente Variado (Queda Livre), e a integração dos dois anteriores (Lançamento Oblíquo). O público-alvo era os estudantes do Ensino Médio, os quais, por meio de questionário avaliativo, afirmaram estar amplamente satisfeitos e que a aula desse conteúdo de Física se torna mais interessante com a utilização do laboratório.

Para o ensino de Astronomia, conteúdo por vezes ausente do plano de aula, Becker e Strieder (2011), apresentam uma proposta educacional por meio do simulador *Stellarium*, voltada para a formação dos professores que atuam no Ensino Fundamental e Médio da região de Cascavel-PR. Na fala dos pesquisadores, ao final da formação continuada com o simulador *Stellarium*, foi observado uma predisposição por parte dos professores participantes em incluir os conteúdos de Astronomia em sua prática educacional, visto que um dos obstáculos encontrados é o formato abstrato pelo qual os materiais abordam esse conteúdo.

Carraro e Pereira (2014), lançaram um estudo com a seguinte pergunta: o uso dos simuladores virtuais do PhET pode, de fato, contribuir para a melhoria da aprendizagem dos conteúdos de eletrodinâmica? Os resultados do trabalho desses profissionais foram positivos para o uso dos simuladores, registrando uma mudança de conhecimentos atitudinais por parte dos alunos no Colégio Estadual Jardim Porto Alegre (EFM e Profissional) de Toledo, PR.

Fries (2018), em seu trabalho de mestrado criou um produto educacional com o PhET trabalhando a Física Ondulatória com ênfase nos conceitos de Amplitude e Frequência da Onda, Reflexão, Difração e Interferência de Ondas. Tal Produto Educacional foi aplicado a um grupo de 20 alunos da 3ª série do período noturno do Ensino Médio de um Colégio Público Estadual, contendo um percurso didático que buscava trazer diferentes atividades e momentos educativos baseados na Teoria da Aprendizagem Significativa. O estudo concluiu que o uso do simulador como ferramenta auxiliar no ensino favorece a aprendizagem dos alunos, incentiva a criatividade, a pesquisa e o protagonismo estudantil.

Também com esse simulador (o mesmo usado neste presente estudo) Carvalho, Teles e Viana (2019), organizaram uma pesquisa na escola pública estadual na cidade de Barreirinhas, MA, sobre resultados obtidos durante o uso de diversos simuladores virtuais disponíveis no portal PhET, avaliando a capacidade que os alunos tiveram em realizar medidas, analisar, interpretar, construir simulações e descrever qualitativamente dados e resultados obtidos por operações matemáticas de leis físicas. Nesse estudo os alunos demonstraram 93% de rendimento.

Leal, Silva e Menezes (2020) trabalharam com óptica geométrica no nono ano do Ensino Fundamental cidade de Água Branca - PI, durante o período da pandemia de Coronavírus, fazendo uso da aplicação de simuladores PhET como um dos recursos didáticos. Para os autores, os laboratórios virtuais potencializaram a aprendizagem dos conteúdos trabalhados.

Santos, Freitas e Lopes (2020) realizaram experimentação e práticas de laboratório no formato *online* por meio de uma proposta didática de aula remota para a disciplina de Física também com o uso do da plataforma PhET, abordando o conteúdo de Cinemática e nele a introdução dos conceitos de Lançamento Vertic com o primeiro ano do Ensino Médio. O trabalho foi aplicado no Ensino Médio integrado ao curso Técnico em Agropecuária do Instituto Federal Farroupilha, Campus Alegrete, no formato de ensino remoto (aulas síncronas e assíncronas) durante a pandemia. Na avaliação dos autores, a utilização do laboratório virtual de aprendizagem possibilitou maior incentivo e motivação dos estudantes, resultados observados na participação nas aulas síncronas e na devolutiva de questionários avaliativos disponibilizados.

Dessa forma, o *Physics Education Technology Project* – PhET, recorrente nos trabalhos observados e também o mesmo simulador utilizado no presente estudo, é

uma Plataforma com várias possibilidades de simulações em Física, Química, Matemática, Ciências da Terra e Biologia. Assim, organizada por disciplinas e conteúdos das mesmas, a plataforma permite de forma rápida e gratuita levar o pesquisador (aluno ou docente), a realizar inúmeras simulações de atividades experimentais (PHET.COLORADO, 2020).

Nesse sentido, o simulador apresentado é um dos muitos que o PhET Colorado disponibiliza. Trata-se do Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual, o qual possui várias opções de montagens de circuitos elétricos em diversos formatos, associações de elementos do circuito, dispositivos de manobra e segurança, variação de valores e coletas de dados, oportunizando assim inúmeras situações de aprendizado.

A partir de possibilidades como essa o uso dos simuladores está se consolidando como uma importante tendência para a Física, pois

... os simuladores virtuais são os recursos tecnológicos mais utilizados no Ensino de Física, pela óbvia vantagem que tem como ponte entre o estudo do fenômeno da maneira tradicional (quadro-e-giz) e os experimentos de laboratório, pois permitem que os resultados sejam vistos com clareza, repetidas vezes, com um grande número de variáveis envolvidas (COELHO, 2002, p. 39).

Mais recentemente, o Instituto de Física (IF) da USP (São Paulo), lançou um Laboratório Virtual de Mecânica, que segundo a reportagem naquele momento era o único do mundo. Nele, “experiências são idealizadas, montadas, filmadas e dadas em quadros para que os alunos possam compreender e visualizar, da melhor maneira possível, a teoria sendo aplicada” (JORNAL DA USP, 2018, s/n). Agora a proposta, que conta também com roteiros de relatórios para a análise dos experimentos e é aberta a todos, está sendo levada para as escolas pelos alunos de graduação da instituição.

5 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

A metodologia de pesquisa, estudo e desenvolvimento de um produto educacional para aulas de Eletrodinâmica no Ensino Médio passou pelo trabalho de contextualizar a escola selecionada para o desenvolvimento desta presente prática educativa, visualizando então um cronograma para a aplicação das aulas, a seleção dos instrumentos para coleta e análise dos dados, a eleição do caráter metodológico qualitativo e, por fim, a organização do produto educacional em módulos de aprendizagem.

5.1 Caracterização do trabalho

O trabalho de implementação da proposta educacional foi desenvolvido em uma escola pública do estado do Paraná, região oeste localizada no município de Jesuítas. A escola trabalha na modalidade de Educação Integral para os níveis de Educação Fundamental II e Ensino Médio, com um total de 406 alunos matriculados no período diurno, sendo que 301 educandos estão matriculados em doze turmas no Ensino Fundamental e 105 alunos no Ensino Médio, sendo nessa modalidade duas turmas de primeiro ano, duas turmas de segundo ano e uma turma de terceiro ano, na qual aplicou-se o presente produto educacional.

Os critérios para a seleção da escola se deram por dois fatores: primeiro, pelo fato dessa escola possuir laboratório de informática com equipamentos adequados, o que é essencial para o desenvolvimento desta proposta educacional; segundo, como a escola trabalha com a modalidade de Educação Integral de ensino, apresenta carga horária ampliada com 45 aulas semanais, característica que facilita a implementação da proposta, a qual necessita de um total de 22 aulas para sua efetivação.

Participaram da nossa proposta educacional o terceiro ano do Ensino Médio 3ºA integral, composto por 13 alunos sendo 4 meninos e 9 meninas na faixa etária de 16 anos.

A implementação da proposta educacional aconteceu no último trimestre do ano de 2021, entre os meses de outubro e novembro, com início no dia 14/10/2021 e término dia 05/11/2021. A proposta foi desenvolvida durante as aulas da disciplina de Física intercaladas com as aulas de estudo orientado e também com as aulas de

atividades experimentais, disciplinas que fazem parte da grade curricular dessa modalidade de ensino.

Como a turma conta com poucos alunos e eles tiveram um desempenho ativo, além do esperado, ocuparam-se menos aulas do que as 22 previstas no produto, totalizando assim 18 aulas: 4 encontros de 3 aulas cada e 3 encontros com 2 aulas cada, conforme cronograma apresentado no Quadro 1:

Quadro 1-Cronograma da implementação do produto (2021)

Cronograma		
Dia	Horário das aulas	Período
14/out	2ª aula (8:25 h) início	Matutino
	3ª aula	Matutino
	4ª aula (11:05 h) término	Matutino
18/out	2ª aula 8:25 h) início	Matutino
	3ª aula	Matutino
	4ª aula (11:05 h) término	Matutino
21/out	7ª aula (13:50 h) início	Vespertino
	8ª aula	Vespertino
	9ª aula (16:30 h) término	Vespertino
28/out	2ª aula (8:25 h) início	Matutino
	3ª aula	Matutino
	4ª aula (11:05 h) término	Matutino
03/nov.	8ª aula (14:50 h) início	Vespertino
	9ª aula (16:35 h) término	Vespertino
04/nov.	6ª aula (13:00 h) início	Vespertino
	7ª aula (14:40 h) término	Vespertino
05/nov	8ª aula (14:50 h) início	Vespertino
	9ª aula (16:35 h) término	Vespertino

Fonte: Autoria própria (2021).

5.2 Instrumentos de constituição de dados

Para constituição e instrumentos de coletas de dados, utilizamos questionários e mapas mentais. Nosso intuito era o de diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos, verificar se os subsunçores avançaram e coletar assim evidências de que a aprendizagem sobre os conteúdos de Eletrodinâmica abordados se efetivou.

A importância da coleta de dados consiste-se em criar estratégias para mensurar e observar sistematicamente o acompanhamento de uma determinada pesquisa. “A coleta de dados sobre fatos que são, muitas vezes, observados cotidianamente por um período prolongado de tempo, exige critérios de organização e classificação que levam o pesquisador a formular sínteses e inferências gerais” (DOURADO; RIBEIRO, 2021, p. 19).

Dentre as técnicas disponíveis como coleta de dados: questionários, observação, grupos focais, entrevistas, gravações, mapas mentais, construção de diários de campo e uso de imagens (MAGALHÃES JÚNIOR; BASTISTA, 2021), neste trabalho, demos destaque para os questionários com perguntas abertas, devido a capacidade dessa técnica em “emitir opinião e responder livremente, em texto corrido. Dificulta a tabulação e mensuração de resultados por parte do pesquisador, mas permite uma ampla análise e coleta de informações mais precisas” (FONTANA; ROSA, 2021, p. 242). Assim, por meio de questionários aplicados em diferentes momentos do produto educacional, foi possível diagnosticar os conhecimentos dos alunos, bem como sua evolução conceitual e processual quanto aos conteúdos propostos.

O uso dos mapas mentais visou a “nos fornece indícios de como o aluno tem organizado seu pensamento e como tem estabelecido as conexões” (GOMES, 2017 apud BATISTA; GOMES, 2021, p. 268). Também de demonstrar “como tem ocorrido a relação conceitual dos conhecimentos físicos propriamente ditos” (GOMES, 2017 apud BATISTA; GOMES, 2021, p. 268). Com isso, em conjunto as duas metodologias permitem ao professor, no trabalho didático com a Física, acompanhar e gerar dados quanto a maneira com que os alunos estão sendo conduzidos no caminho pedagógico, como representam seu entendimento a respeito da Eletrodinâmica, de que maneira estão evoluindo em seus subsunçores e gerando assim a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011).

Documentos diversos como os exercícios de construção de gráficos produzidos pelos sujeitos (educandos, pesquisadores) são também instrumentos de coleta de dados. Dizem respeito a imagem como fonte de pesquisa (SILVA, 2021), na medida em que consideramos os gráficos como o domínio das representações imateriais (SILVA, 2021, p. 278). Essa técnica “tem por objetivo apresentar de forma rápida e concisa os resultados obtidos, permitindo se chegar a conclusões sobre a evolução do fenômeno ou sobre como se relacionam os valores da série” (SOLON, s/d. p. 6 apud SILVA p. 280).

Por fim, utilizaram-se os diários de campo do pesquisador. Segundo Bogdan e Biklin (2006), essa técnica permite o registro da observação participativa do pesquisador acadêmico, condutor da pesquisa, o qual pode registrar tanto os aspectos descritivos de sua pesquisa, estudo, quanto suas percepções, a visão pessoal e a própria compreensão sobre os processos e episódios acompanhados. Dessa forma, dá-se a pesquisa um caráter etnográfico, na medida em que o pesquisador se permite refletir e reestruturar constantemente os próprios achados, se fazendo assim coprodutor do conhecimento construído, na medida em que “essa ferramenta permite uma abordagem longitudinal, que abrange a diversidade de reflexões e pensamentos de cada participante, bem como seu envolvimento no processo da pesquisa” (SANO, 2021, p. 116).

5.3 Análise dos dados

Os dados coletados serão apresentados e analisados a luz da pesquisa qualitativa. Para tanto, nos valem de pesquisa bibliográfica sobre o tema e enfoque da pesquisa-ação, ou seja, o professor pesquisador faz parte de todas as etapas de desenvolvimento do trabalho, criando um material didático para o ensino de Física e acompanhando os estudantes em seu uso, aplicando assim as hipóteses de aprendizagem cunhadas e avaliando constantemente os resultados obtidos, contando para isso com os instrumentos de coleta de dados elencados: questionários, mapas mentais e diários do pesquisador. A pesquisa qualitativa visa a reflexão. Apresenta caráter empírico e busca delinear as características de uma situação (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Assim, o embasamento teórico resgatou a teoria de suporte: a Aprendizagem Significativa e nela, a importância dos subsunçores, dos organizadores prévios e do uso de mapas mentais. Também, a história do ensino da Física no Brasil, a importância da metodologia da experimentação nas disciplinas ligadas as Ciências e como o uso de simuladores virtuais está sendo disseminado como metodologia didática no ensino de Física, por meio de livros, periódicos, sites e material didático sobre o assunto.

Segundo Lakatos e Marconi (2003, p.183):

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas monográficas, teses, material cartográfico etc., [...] Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre o determinado assunto.

Na participação do professor pesquisador, a pesquisa-ação permite ao pesquisador criar e participar paralelamente da experiência pedagógica, podendo assim fazer parte dos resultados e redimensionar constantemente os percursos. É por isso que a pesquisa-ação se constitui de:

[...] um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos do modo operativo ou participativo (THIOLLENT, 2011, p. 14).

5.4 Proposta de Produto Educacional

A proposta de trabalho consiste-se em uma sequência de atividades experimentais com o simulador PhET-Colorado Circuito- DC, que possibilita a montagem de experimentos similares aos de um laboratório físico, contemplando conteúdos de Eletrodinâmica, de forma interativa, investigativa e comprobatória, através da construção de experimentos por meio do laboratório virtual.

A proposta contempla atividades iniciais diagnosticas, com objetivo de reconhecer os conhecimentos prévios dos alunos (subsunçores), situações-problemas em forma de organizador comparativos e construção de mapas mentais.

A implementação do produto educacional tem como proposta base uma organização dividida em 9 módulos, 4 deles com 3 aulas cada e os demais módulos de 2 aulas, totalizando então 22 aulas.

A constituição de cada módulo é descrita a seguir no Quadro 2:

Quadro 2- Proposta didática com simulador PhET- Colorado Circuito-DC

Módulo 1	Atividades propostas
3h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do tema: Estudo da eletricidade básica utilizando o simulador PhET- Colorado Circuito-DC; • Levantamento de conhecimentos prévios através de um questionário, para coleta de dados; • Construção individual de mapa mental com base nas respostas do questionário inicial; • Abordagem de uma situação-problema envolvendo associação de resistores em série, discussão e registro das hipóteses levantadas pelos alunos.

Módulo 2	Atividades propostas
3h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos materiais disponíveis no simulador PhET- Colorado Circuito-DC; • Abordagem dos conteúdos da primeira Lei de Ohm e suas aplicações; • Construção de experimentos no simulador PhET- Colorado- Circuito-DC, da 1ª Lei de Ohm, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprobatórias.

Módulo 3	Atividades propostas
3h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem dos conteúdos da segunda Lei de Ohm e suas aplicações; • Construção de experimentos no simulador PhET- Colorado- Circuito-DC, da 2ª Lei de Ohm, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprobatórias; • Abordagem do conteúdo envolvendo a associação de resistores em série.

Módulo 4	Atividades propostas
3h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de experimentos no simulador PhET-Colorado- Circuito-DC, das associações de resistores em série, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprovatórias; • Abordagem do conteúdo de associação de resistores em paralelo; • Construção de experimentos no simulador PhET-Colorado- Circuito-DC, das associações de resistores em paralelo, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprovatórias. • Abordagem do conteúdo de associação de resistores misto; • Construção de experimentos no simulador PhET-Colorado- Circuito-DC, das associações de resistores em misto, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprovatórias.

Módulo 5	Atividades propostas
2h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Atividade experimental de associação de resistores em série, paralelo e misto, utilizando placa de protoboard, resistores de cores e multímetro; • Discussão de dados coletados no experimento e comparados ao simulado no simulador PhET- Colorado – Circuito – DC; • Registro individual dos alunos destacando os principais pontos da diferença entre os dados coletados no simulador e no experimento físico.

Módulo 6	Atividades propostas
2h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Retomada da situação anterior abordada no módulo 1; • Discussão e registro da resolução do problema proposto pautado nos conteúdos trabalhados até o momento; • Construção de um mapa mental individual.

Módulo 7	Atividades propostas
-----------------	-----------------------------

2h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento de conhecimentos prévios através de um questionário, para coleta de dados; • Construção individual de mapa mental com base nas respostas do questionário inicial; • Trabalhar uma situação-problema envolvendo as Leis de Kirchhoff, discussão e registro das hipóteses levantadas pelos alunos; • Abordagem do conteúdo das Leis de Kirchhoff.
-------------	---

Módulo 8	Atividades propostas
2h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de experimentos no simulador PhET-Colorado- Circuito-DC, abordando as Leis de Kirchhoff, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprovatórias; • Retomada da situação-problema envolvendo as Leis de Kirchhoff abordada no módulo 7; • Discussão e registro da resolução do problema proposto pautado nos conteúdos trabalhados até o momento.

Módulo 9	Atividades propostas
2h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de experimentos no simulador PhET-Colorado- Circuito-DC, abordando configuração Estrela - Triângulo, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprovatórias; • Construção de um mapa mental envolvendo todos os conceitos abordados, referentes aos conteúdos de eletrodinâmica disponíveis na proposta.

Fonte: Autoria própria (2022).

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A implementação da proposta se deu no segundo semestre do ano de 2021, em uma turma de terceiro ano Integral de uma instituição pública da cidade de Jesuítas, Paraná. A turma era composta por 13 educandos em fase escolar final. Os conteúdos abordados versaram sobre Eletrodinâmica, elencados de acordo com o currículo do Ensino Médio e em consonância com as Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (2008), bem como com a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017).

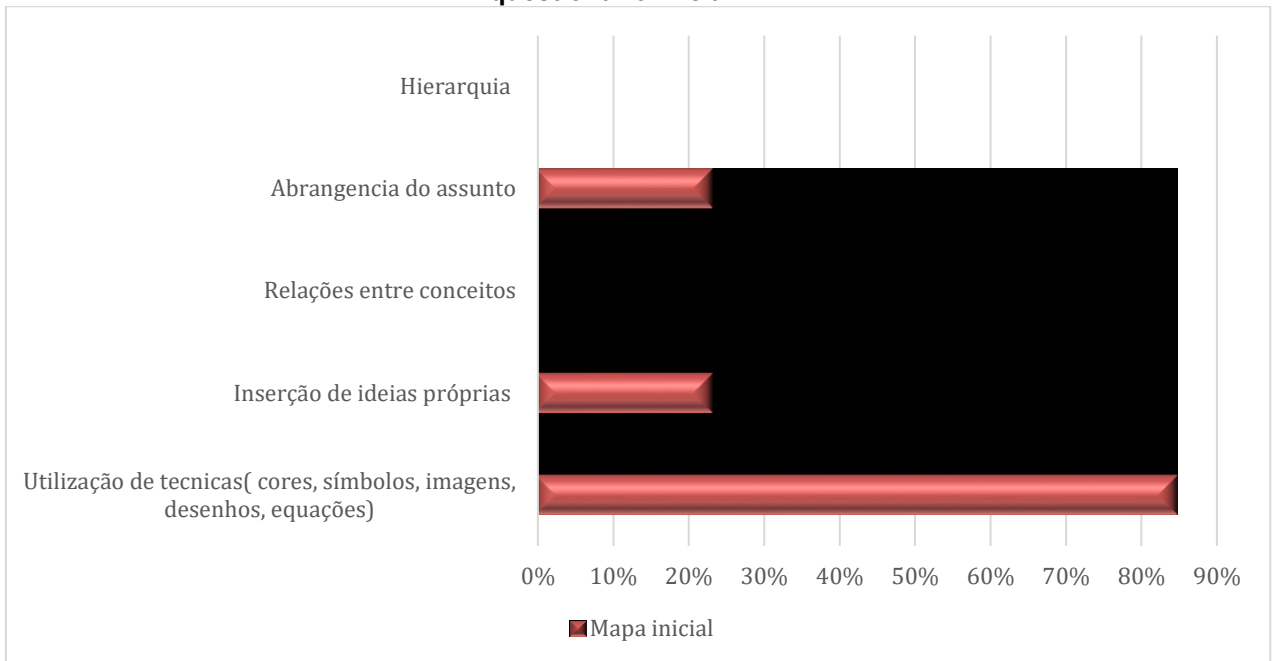
A proposta pedagógica se estruturou em 9 módulos, os quais foram aplicados em 7 módulos, visto as características da turma selecionada, a qual foi participante e protagonista junto a todas as atividades propostas.

Iniciamos a implementação da proposta educacional **com o módulo 1**. Depois de explicar a proposta sobre o estudo da eletricidade básica e apresentar o simulador PhET Colorado e suas possibilidades, aplicamos um questionário a partir de imagens de alguns eletroeletrônicos (chuveiro, torradeira e máquina de café) comuns de uso doméstico (Apêndice 1). Os questionamentos buscavam investigar junto aos alunos o funcionamento de cada aparelho, de cada dispositivo eletrônico responsável pelo aquecimento desses aparelhos, as características que esses artefatos apresentam em comum e a concepção que cada aluno possuía sobre o funcionamento dos eletroeletrônicos abordados nas figuras.

As respostas obtidas dos alunos serviram de base para que os mesmos, de forma individual, construíssem cada qual um mapa mental acerca dos conhecimentos prévios existentes sobre como esses aparelhos eletroeletrônicos funcionam e realizam o aquecimento. Em seguida, esses mapas mentais construídos pelos alunos foram analisados utilizando como orientação a presença de alguns critérios que se ligam diretamente a construção da aprendizagem do educando, expostos por Novak e Gowin (1984): análise da hierarquia e da relação adequada entre os conceitos. De Buzan (1996, 2009), procuramos verificar os critérios: a abrangência dos assuntos tratados, a inserção de ideias próprias e a utilização de técnicas (cores, símbolos, imagens, desenhos, equações).

A Figura 19 expõe a análise da presença desses critérios buscados nos mapas mentais produzidos.

Figura 19- Gráfico demonstrativo da incidência dos critérios analisados nos mapas mentais do questionário inicial



Fonte: Autoria própria (2021).

Analisando os mapas mentais dos alunos, verificamos que aproximadamente 85% dos educandos utilizam técnicas como cores, símbolos e desenhos, já a inserção de ideias próprias apenas 23% dos alunos externalizaram em seus mapas, a abrangência do assunto foi abaixo de 25% e a relação entre conceitos e a hierarquia está ausente em todos os mapas construídos pelos alunos.

Como um conceito é uma imagem mental (NOVAK; GOWIN, 1984), um rótulo ou unidade semântica da qual se parte para a construção de pontes ou ligações entre esse conceito inicial e outros, é o que permite a aprendizagem progredir e se intensificar (MOREIRA; MASINI, 1982).

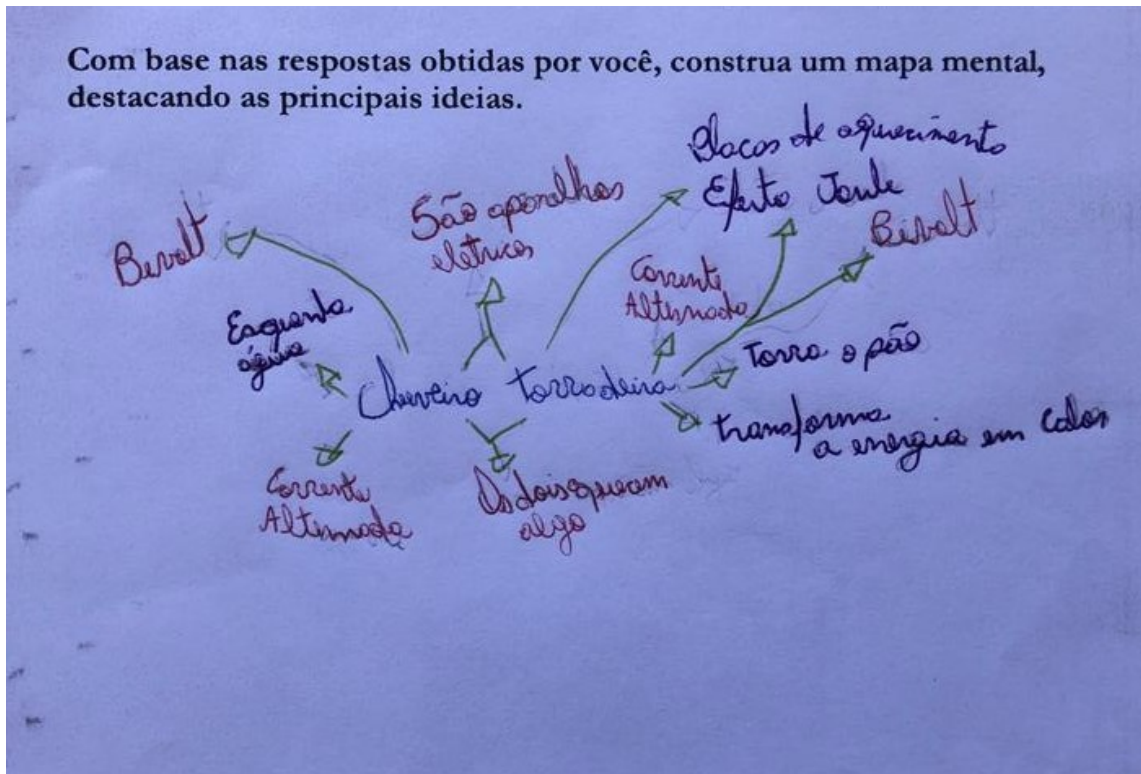
A ausência de conceitos e de uma organização hierárquica elaborada e condizente com um terceiro ano de Ensino Médio demonstra que os educandos selecionados apresentam um conhecimento ainda baseado no senso comum, ou seja, eles apresentam subsunçores, porém ainda não sistematizados, apenas ligados a origens sensoriais (concepções espontâneas baseadas em informações obtidas por meio de interações com o mundo natural) (POZO, 1998), e é a partir desse quadro, dessa situação inicial que o educador organizará suas futuras intervenções pedagógicas.

As fontes para a obtenção de respostas e de conhecimentos sobre o mundo vão desde o ambiente doméstico e a cultura regional, até a mídia e a cultura de massas. Portanto, as crianças chegam à escola tendo um repertório de representações e explicações da realidade. É importante que tais representações encontrem na sala de aula um lugar para manifestação, pois, além de constituírem importante fator no processo de aprendizagem, poderão ser ampliadas, transformadas e sistematizadas com a mediação do professor. É papel da escola e do professor estimular os alunos a perguntarem e a buscarem respostas sobre a vida humana, sobre os ambientes e recursos tecnológicos que fazem parte do cotidiano ou que estejam distantes no tempo e no espaço (BRASIL, 1997, p. 45).

Nesse sentido, o questionário e os mapas mentais iniciais funcionaram como um importante diagnóstico a guiar toda a implementação, pois indiferente a quantidade ou a qualidade do que o aluno tenha aprendido antes, esse conhecimento deve ser usado como alimento a uma nova aprendizagem (NOVAK; GOWIN, 1984). Dessa forma, os mapas mentais demonstraram as ideias âncoras que serão as pontes para os novos conhecimentos (AUSUBEL, 2003).

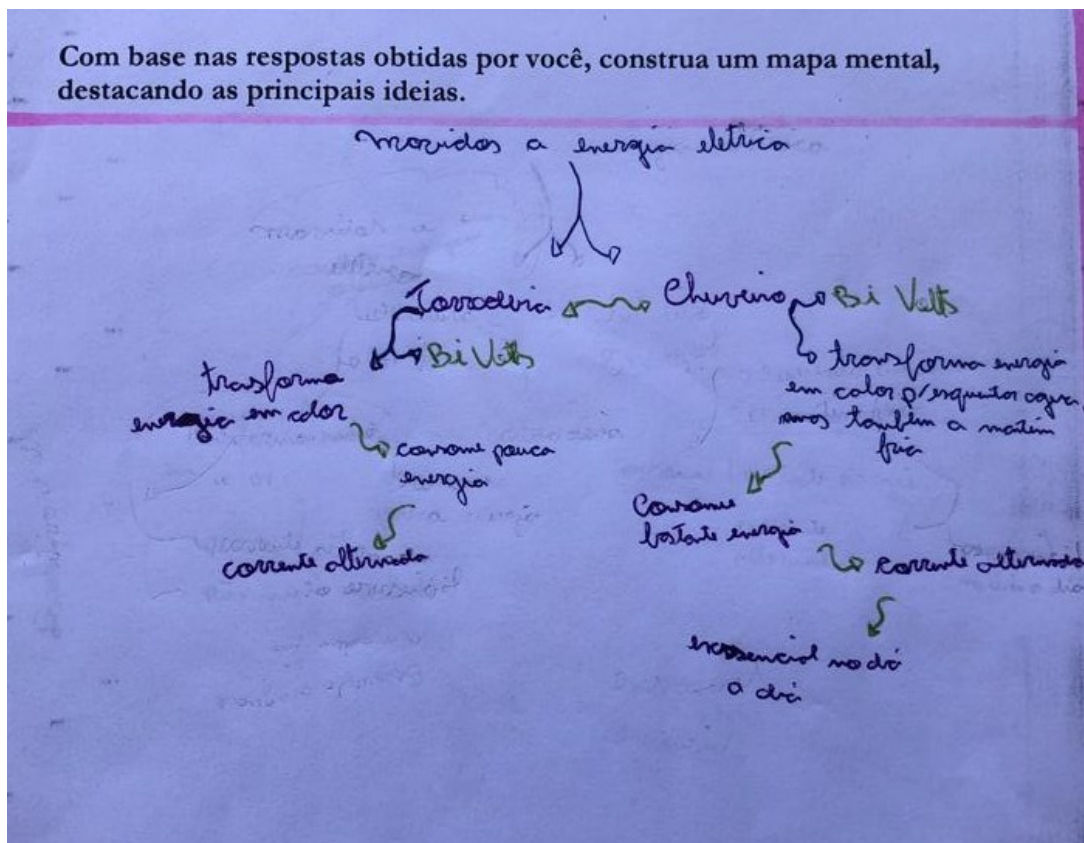
Analisando os subsunçores presentes nos mapas mentais dos alunos, observamos que todos eles relacionam os aparelhos eletroeletrônicos pelo seu funcionamento, seja por meio da passagem da corrente elétrica ou pela finalidade de aquecimento (Figuras 20, 21 e 22). No exemplo do mapa do aluno E (Figura 22), ele identifica o dispositivo eletrônico, porém não o conceitua. Dessa forma, esses alunos demonstram que possuem os subsunçores adequados, com a necessidade que avancem no decorrer da implementação da proposta, mesmo que ainda não sejam conceitos elaborados da Física.

Figura 20- Mapa mental construído a partir do questionário inicial (Aluno A)



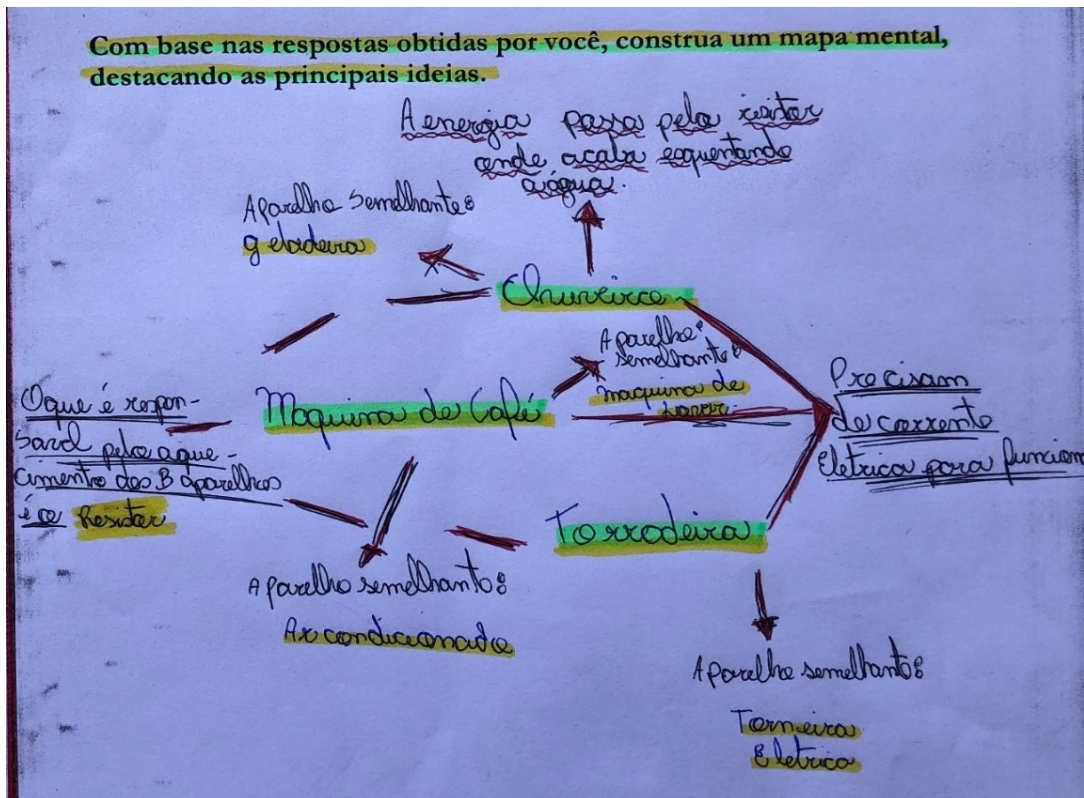
Fonte: Aluno A (2021).

Figura 21- Mapa mental construído a partir do questionário inicial (Aluno B)



Fonte: Aluno B (2021).

Figura 22- Mapa mental construído a partir do questionário inicial (Aluno E)



Fonte: Aluno E (2021).

A busca por um trabalho pedagógico que dê condições aos alunos de aprenderem significativamente está justamente no avanço dos subsunçores, na criação ou o aprimoramento desses, ou seja, ajudar os alunos a aprimorarem o senso comum apresentado, fazendo com que tais educandos desenvolvam conceitos elaborados acerca dos conhecimentos trabalhados (MOREIRA, 2011, 2012).

Em seguida, ainda como parte do módulo 1 trabalhamos uma situação-problema envolvendo associação de resistores em série (Apêndice 1). Podemos pensar na situação-problema como:

Uma situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema, se dá ao vencer obstáculos na realização da tarefa (MEIRIEU, 1998, p. 192).

Usar situações-problemas como ferramentas metodológicas implica na readaptação da “experiência prévia frente às novas situações a serem enfrentadas, na medida em que propicia reorganizar a informação ou o conhecimento armazenado na estrutura cognitiva do aluno” (ASSUNÇÃO; MOREIRA; SAHELICES, 2018, p. 34).

Segundo Ausubel (2003) resolver problemas compreende uma maneira de usar um pensamento dirigido, uma estruturação na qual tanto a experiência prévia dos alunos e os elementos da situação-problema são reorganizados no sentido de dar conta de um determinado objetivo didático-pedagógico, valendo-se assim do uso de estratégias de solução de problemas que vão ir além da simples aplicação de princípios e exemplos. Sendo assim, “situações-problema podem funcionar como organizadores prévios, dar sentido a conhecimentos novos e serem propostas em nível crescente de complexidade” (MOREIRA, 2012, p. 47).

A situação-problema abordada é referente a uma figura de luzes pisca-pisca compostas por lâmpadas convencionais de filamentos, (Apêndice 1) com a seguinte problematização: Ao instalar as luzes de Natal para iluminar a varanda de sua casa, um morador percebeu que parte das luzes estavam acesas e parte apagadas. Pensou, “*será que estão queimadas? Preciso descobrir e resolver isso gastando o mínimo possível*”. Ajude o morador a resolver o problema. É importante que você apresente toda a sua ideia e todo o processo que utilizou para ajudá-lo a resolver o problema.

As respostas obtidas foram:

Aluno C: “*As luzes podem estar queimadas, assim não tem jeito comprar outras. Pode ser mal contato e talvez mudar o posicionamento, resolva. O tipo de tomada pode ter uma voltagem menor que os pisca-pisca, necessitando assim trocar de tomada. Dependendo do número de luzes queimadas intercalar as que funcione e colocar algum item decorativo sem precisar comprar novos pisca-pisca*”.

Aluno G: “*Ele deve conferir se realmente estão queimadas ou se é apenas mal contato, se possível trocar alguns fios para tentar solucionar o problema*”.

Aluno H “*A ideia é que o morador desligue a energia e verifique se está acontecendo o mal contato entre as luzes e a corrente elétrica que percorre as lâmpadas. Caso esteja havendo mal contato experimente trocar os fios*”.

Aluno I: “*Ele pode resolver esse problema tirando as luzes da tomada e colocando novamente, se não funcionar ele precisa trocar os fios do pisca-pisca*”.

Diante das respostas dos alunos em como resolver a situação-problema, verificamos que o não funcionamento do pisca-pisca é atribuído ao fio condutor ou a hipótese de todas as lâmpadas estavam queimadas. Em nenhuma das respostas os alunos atribuem a interrupção da corrente elétrica estar acontecendo devido a uma

das lâmpadas estarem interrompendo a passagem da corrente elétrica ou ainda a disposição em série das lâmpadas.

Tal achado nos remete a importância da construção da situação-problema na proposta pedagógica almejada, bem como a criação de passos ou parâmetros pedagógicos posteriores coesos e ligados a situação-problema inicial na busca pela efetivação da aprendizagem significativa. É a partir dessas constatações (conhecimentos prévios levantados na situação-problema, bem como os conhecimentos prévios obtidos nas análises dos mapas mentais feitos pelos alunos) que o trabalho didático se desenvolveu e que pudemos fazer com que diferentes atividades e etapas da proposta (apresentação de conteúdos e realização de experimentos no simulador) funcionassem juntamente a situação-problema como organizadores prévios, ou seja, ferramentas capazes de suprir a deficiência de subsunçores e de criar relação e discriminabilidade entre os conhecimentos antigos e os novos (MOREIRA, 2011).

Além disso, as bases da própria pedagogia baseada em resolução de problemas, metodologia constante nas áreas ligadas a Ciência, foram contempladas: a alternância constante entre a teoria e a prática, valendo-se da criação de desafios ou obstáculos para o educando resolver as questões propostas (ZABALA, 1998, POZO; CRESPO, 2009). Assim, a situação-problema

É aquela que estimula o aluno a querer pensar no que lhe é proposto, que mostra e desperta a necessidade e o desejo por apreender o conceito, assim como a forma e onde se pode utilizá-lo. Com o conceito formado em seu intelecto, a resolução de problemas implica na utilização do conceito como ferramenta mental para conduzi-lo a respostas, de forma que, se o aluno não consegue resolver o problema, é porque ele ainda não utiliza aquele conceito como instrumento do seu pensamento (FALEIRO; BARROS; BARBOSA, 2019, p. 72-73).

A sequência pedagógica proposta precisa contemplar esse percurso, o trabalho constante com elementos pedagógicos que consigam partir do que o aluno já sabe e modificar/ampliar esse pensamento inicial (MOREIRA, 2011, 2012). E quando esse caminho se efetiva, o resultado será a superação da situação-problema (MERIEU, 1998).

Iniciamos o **segundo módulo** com a abordagem do conteúdo da 1ª Lei de Ohm por meio de slides (conteúdo disponível no Apêndice 1). Após discussão acerca

do conteúdo trabalhado, iniciamos a primeira atividade no simulador PhET-Colorado Circuito-DC-referente a 1ª Lei de Ohm seguindo uma sequência de atividades que inclui montagem de um circuito utilizando resistores, análise e leitura de valores e dados coletados, bem como questões de interpretação, investigação e reflexão dos valores encontrados.

Seguem-se algumas atividades simuladas pelos alunos, referentes a 1ª Lei de Ohm. Como exemplo a Figura 23, 24 e 25 do aluno F:

Figura 23- Tabela de variação da diferença de potencial elétrico (V) (Aluno F)

Tensão	Intensidade da corrente (A)	Resistência (Ω)
9V	0.90	10 Ω
12V	1.20	10 Ω
15V	1.50	10 Ω
18V	1.80	10 Ω
21V	2.10	10 Ω
24V	2.40	10 Ω

Fonte: Aluno F (2021).

Figura 24- Cálculo demonstrando a aplicação da 1ª Lei de Ohm (Aluno F)

$$R = \frac{U}{I} \quad R = \frac{U}{I} \quad R = \frac{U}{I} \quad R = \frac{U}{I} \quad R = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{9}{0.90} \quad R = \frac{12}{1.20} \quad R = \frac{15}{1.50} \quad R = \frac{18}{1.80} \quad R = \frac{21}{2.10}$$

$$R = 10 \Omega \quad R = 10 \Omega \quad R = 10 \Omega \quad R = 10 \Omega \quad R = 10 \Omega$$

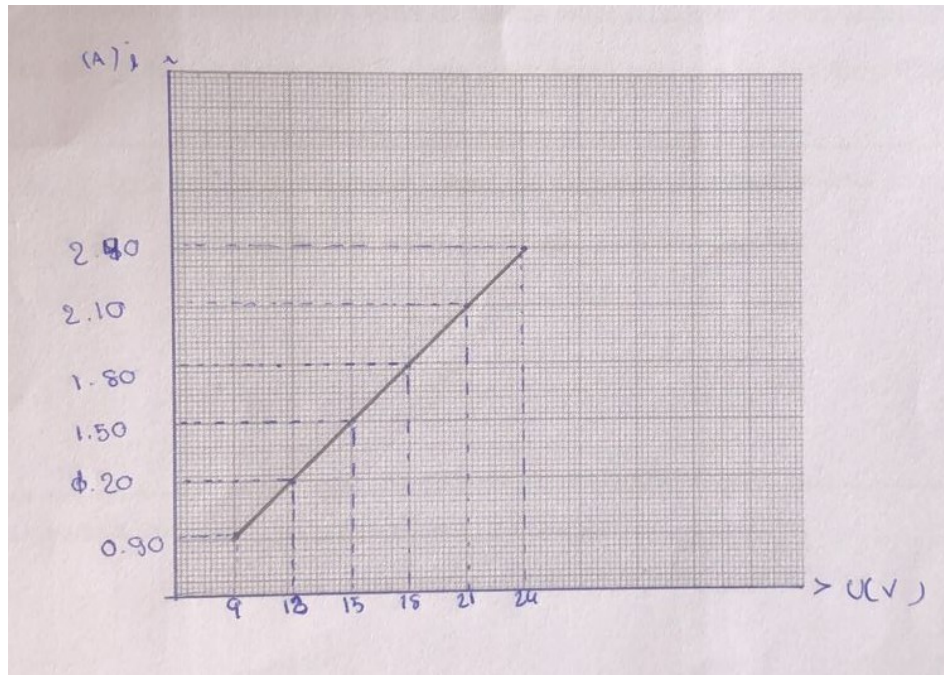
$$R = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{24}{2.40}$$

$$R = 10 \Omega$$

Fonte: Aluno F (2021).

Figura 25- Construção do gráfico de tensão versus corrente elétrica (Aluno F)



Fonte: Aluno F (2021).

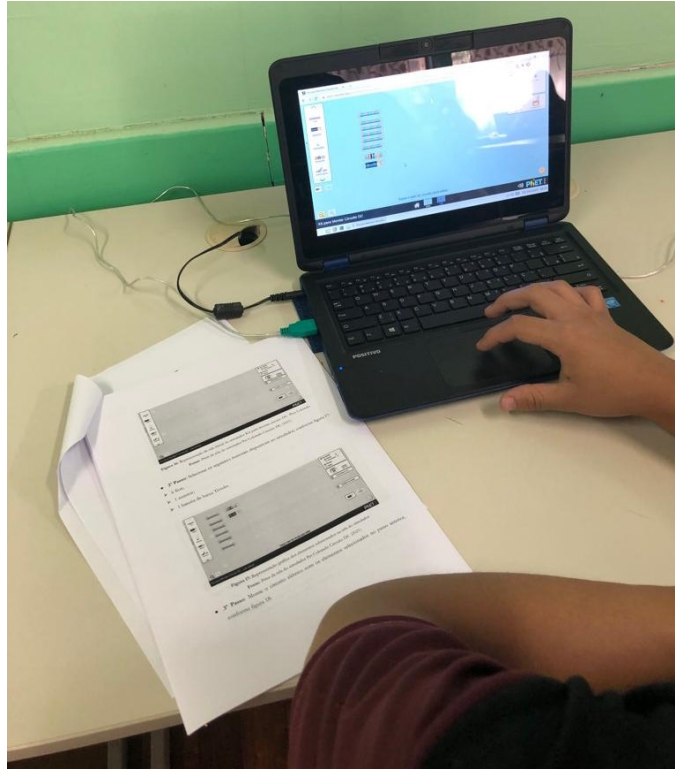
Ao final desse conjunto de atividades, quando questionados se era possível identificar a 1ª Lei de Ohm, as respostas obtidas foram:

Aluno F: “O valor da resistência não mudou quando houve a variação de tensão e corrente elétrica, demonstrando que o resistor é Ôhmico”.

Aluno M: “Mesmo tendo variação de tensão e corrente elétrica a resistência ficou a mesma. Isso caracteriza a 1ª Lei de Ohm”.

Finalizando essa atividade realizada no simulador e com base nas respostas obtidas, percebemos que os alunos foram capazes de compreender os conceitos físicos relacionados a primeira Lei de Ohm (Figura 26), bem como as características de um resistor ôhmico, o que demonstra que as atividades feitas a partir do simulador puderam funcionar como organizadores prévios do conhecimento, recursos de abstração capazes de “ajudar o aprendiz a perceber que novos conhecimentos estão relacionados a ideias apresentadas anteriormente, a subsunções que existem em sua estrutura cognitiva prévia” (MOREIRA, 2011, p. 31).

Figura 26- Construção da simulação abordando a 1ª Lei de Ohm

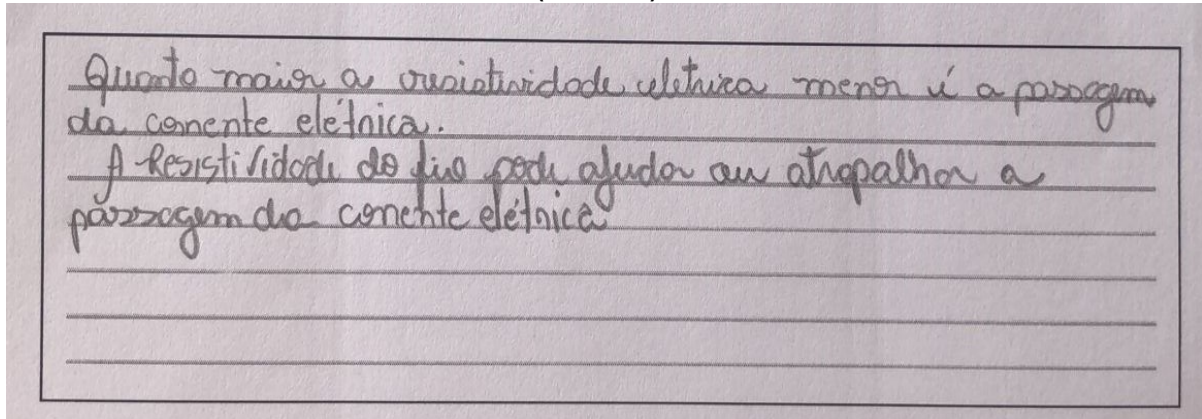


Fonte: Autoria própria (2021).

Em seguida, iniciamos a abordagem do conteúdo da 2ª Lei de Ohm no **módulo 3** por meio de slides (conteúdo disponível no Apêndice 1). Continuando, retomamos para o simulador referente ao conteúdo da 2ª Lei de Ohm. Nessa atividade abrimos uma discussão sobre a resistividade do fio condutor, simulando e analisando os valores para a intensidade da corrente elétrica quando a resistividade sofria alteração.

Na resposta construída pelo aluno M (Figura 27), percebemos que esse educando foi capaz de relacionar a resistividade do fio com as alterações de valores da intensidade da corrente, quando questionado sobre as conclusões entre os dados simulados e analisados.

Figura 27- Resposta da questão sobre resultados simulados, referentes a resistividade do fio (Aluno M)



Fonte: Aluno M (2021).

Também nesse terceiro módulo trabalhamos simulações no simulador PhET Colorado Circuito – Dc, das associações de resistores em série, paralelo e misto seguindo a sequência de atividades proposta no produto educacional. Verificamos que no decorrer da implementação do terceiro módulo os alunos mostravam indícios de que o conhecimento científico estava sendo assimilado, sendo capazes de diferenciar as características de cada tipo de associação e relacionar com a situação-problema, como demonstra a fala do aluno B.

Aluno B: “Ah professora já sei como resolver o problema do pisca-pisca, era apenas trocar a única lâmpada que estava queimada que todas as outras acendiam, as lâmpadas estavam associadas em série.”

Essa fala evidencia que os alunos mesmo estudando um conteúdo que a princípio parece ser novo, estão refletindo sobre as respostas que deram para atividades anteriores, entendemos que quando o aluno toma consciência do erro que cometeu utilizando para isso conceitos físicos mais elaborados já está realizando o processo de reconciliação integradora.

No **quarto módulo** realizamos um experimento prático de associação de resistores em série, paralelo e misto com o objetivo de comparar dados simulados com dados apresentados no experimento prático, abrindo uma discussão sobre a alteração de valores obtidos.

No primeiro momento desse módulo os alunos foram unânimes em dizer: “Professora o simulador está errado porque aqui os valores estão diferentes”. Nesse

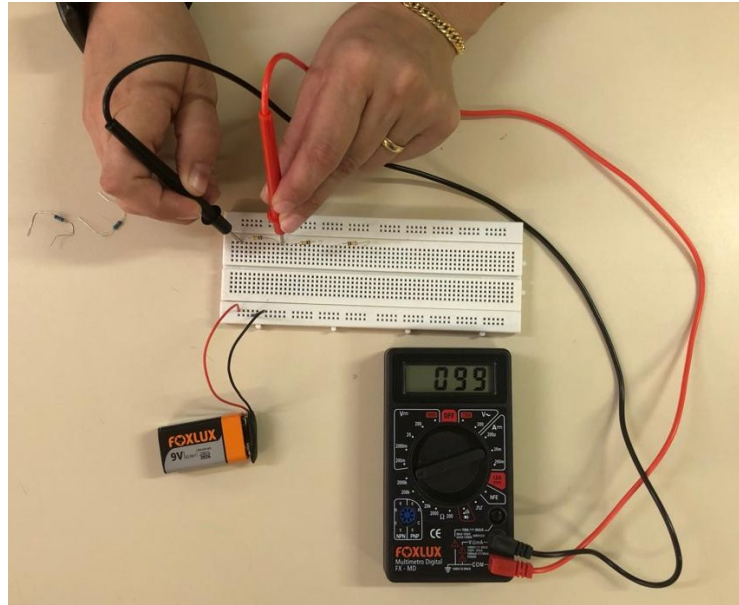
momento percebemos a necessidade de intervenção do professor para analisar os dados com clareza e relacioná-los com as eventuais perdas que ocorrem em um experimento físico, apontando que no simulador temos uma situação ideal com valores que não sofrem alterações e não sofrem influência do meio.

Essa situação pedagógica enfatizou a importância da mediação docente, ou seja:

Uma mediação balizada por uma situação-problema adequada e relevante para os alunos possibilita a criação de um ambiente investigativo em sala de aula, tornando-a um espaço no qual os estudantes podem compartilhar experiências, informações e conhecimentos uns com os outros e com o professor, rico em diálogos, debates e discussões, potencializando o desenvolvimento não apenas de conceitos, mas também de atitudes e procedimentos típicos da ciência escolar, promovendo a introdução dos estudantes na cultura científica (BARCELLOS et al. 2019, p. 44).

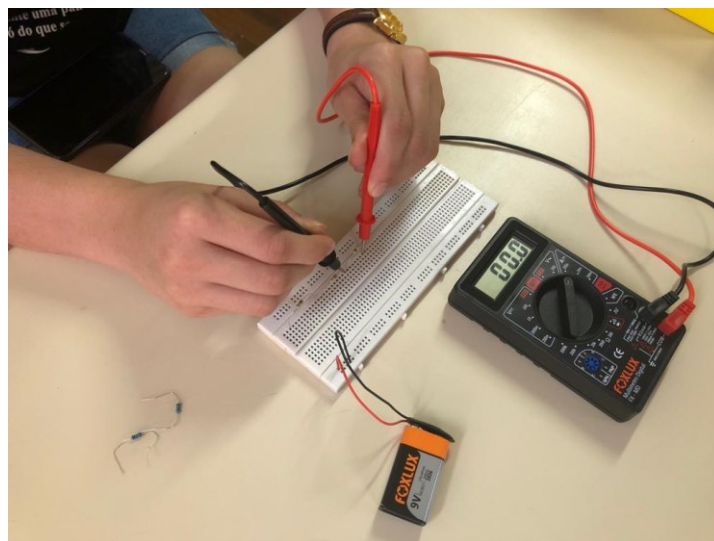
Também a prática investigativa e o protagonismo do educando (Figuras 28 e 29) se fizeram sentir na medida em que a proposta avançou, criando assim espaço para a criatividade e a constante busca pela reorganização mental do que o aluno representa cognitivamente como o conhecimento sobre os assuntos tratados. Trabalhos assim excedem o quadro e o giz e vão ao encontro dos princípios de uma aprendizagem significativa crítica, observando o conhecimento prévio do aluno, o uso de perguntas ao invés de respostas, a diversidade de materiais e estratégias e o abandono da narrativa como sendo uma forma exclusiva de ensino (MOREIRA, 2011).

Figura 28- Experimento de associações de resistores em série



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 29- Experimento de associações de resistores em série



Fonte: Autoria própria (2021).

Ao final desse módulo e após diversas discussões acerca das atividades realizadas no simulador e no experimento físico, retomamos a situação-problema abordada no módulo 1 e comparamos as respostas iniciais com a as respostas obtidas até este momento da implementação da proposta. Os resultados obtidos estão demonstrados na Quadro 3:

Quadro 3: Comparativo das respostas iniciais e finais da situação-problema

<p><i>Ao instalar as luzes de Natal para iluminar a varanda de sua casa, um morador percebeu que parte das luzes estavam acessas e parte apagadas. Pensou, “será que estão queimadas? Preciso descobrir e resolver isso gastando o mínimo possível”. Ajude o morador a resolver o problema. É importante que você apresente toda a sua ideia e todo o processo que utilizou para ajudá-lo a resolver o problema.”</i></p>	
Resposta inicial	Resposta final
<p><i>Aluno C: “As luzes podem estar queimadas, assim não tem jeito comprar outras. Pode ser mal contato e talvez mudar o posicionamento, resolva. O tipo de tomada pode ter uma voltagem menor que os pisca-pisca, necessitando assim trocar de tomada. Dependendo do número de luzes queimadas intercalar as que funcione e colocar algum item decorativo sem precisar comprar novos pisca-pisca”.</i></p>	<p><i>Aluno C: “Uma das opções ele poderia trocar apenas as lâmpadas com defeito, por estar em série o circuito, todas as lâmpadas após a queimada não acendem porque não passa corrente elétrica, ou associar as lâmpadas em paralelo onde se uma lâmpada estiver com problema não irá apagar as outras após ela”.</i></p>
<p><i>Aluno G: “Ele deve conferir se realmente estão queimadas ou se é apenas mal contato, se possível trocar alguns fios para tentar solucionar o problema.”</i></p>	<p><i>Aluno G: “Trocar a associação em série por uma em paralelo pois assim mesmo que haja lâmpadas queimadas as outras vão acender de forma normal, pois a intensidade da corrente elétrica não é a mesma como na associação em série, assim funcionaria igual as lâmpadas da sala de aula, que mesmo uma queimada as outras continuam acessas.”</i></p>
<p><i>Aluno H: “A ideia é que o morador desligue a energia e verifique se está acontecendo o mal contato</i></p>	<p><i>Aluno H: “Ele deveria manter a associação em série e trocar a lâmpada que certamente está queimada, é ela</i></p>

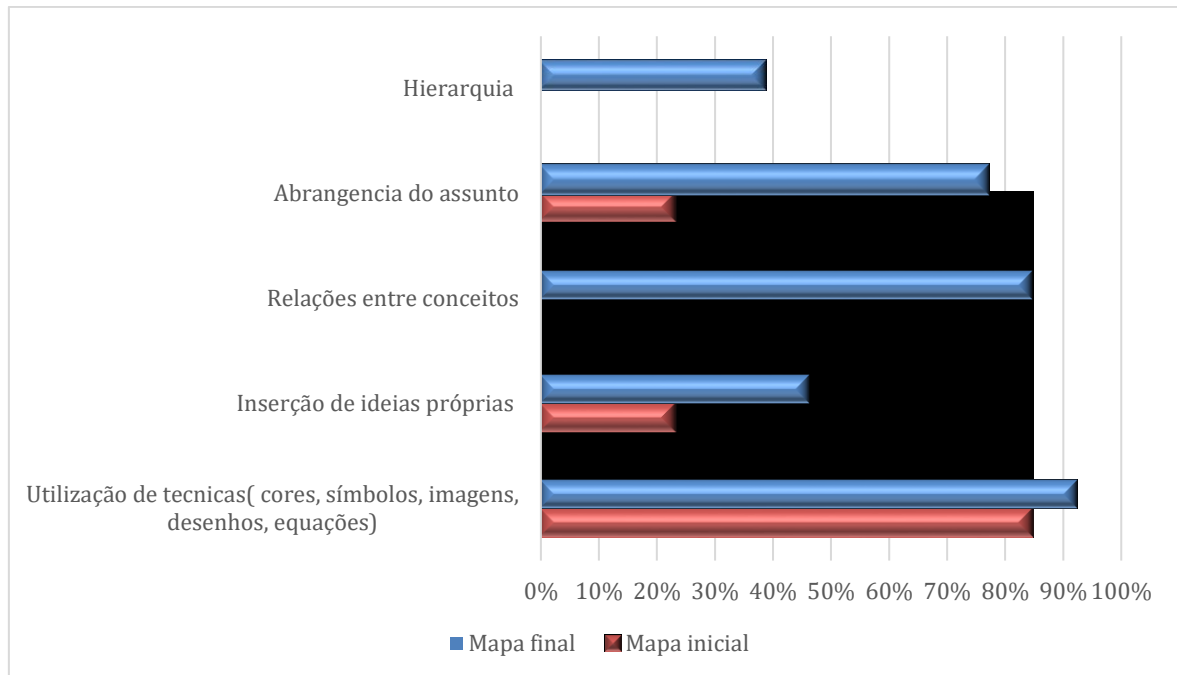
<i>entre as luzes e a corrente elétrica que percorre as lâmpadas. Caso esteja havendo mal contato experimente trocar os fios.”</i>	<i>que está interrompendo a passagem da corrente elétrica, sem falar que ficaria barato comprar apenas uma lâmpada do que comprar outro pisca-pisca.”</i>
--	---

Fonte: Autoria própria (2022).

Ao analisar as respostas iniciais e comparando-as com as respostas após a implementação da proposta, até o momento observamos que os alunos tiveram um avanço significativo na apropriação de conceitos físicos e na aplicação do conteúdo de forma apropriada em uma situação do cotidiano, dando indícios de que a proposta traz bons resultados para uma aprendizagem significativa, como defendemos neste trabalho, ou seja, uma aprendizagem que represente um “(...) processos de vincular informações a segmentos preexistentes da estrutura cognitiva” (AUSUBEL, 2003, p. 94). Nesta prática pedagógica, a comparação entre os educandos em momentos diferentes do processo evidenciou que a estrutura cognitiva dos alunos se modificou mediante diferentes formas de abordagem do conteúdo (situação-problema, exercícios com o simulador, condução de experimentos práticos). Assim, entendemos que “a aprendizagem é significativa quando o aprendiz vê sentido nas situações de aprendizagem e atribui significado a elas” (MASINI; MOREIRA, 2008, p. 9).

No **módulo 5** a proposta era a de construir um mapa mental com o objetivo de diagnosticar se os subsunçores avançaram no decorrer da proposta, bem como verificar o desempenho dos alunos utilizando o simulador PhET Colorado Circuito – DC como ferramenta metodológica de ensino. Visando analisar o desempenho dos estudantes, utilizamos os mesmos critérios analisados nos mapas mentais iniciais: a análise da hierarquia e da relação adequada entre os conceitos (NOVAK; GOWIN, 1984); a abrangência dos assuntos tratados, a inserção de ideias próprias e a utilização de técnicas (cores, símbolos, imagens, desenhos, equações) (BUZAN 1996, 2009), e comparamos os critérios quantitativamente apresentados nos dois distintos momentos pedagógicos da implementação. Os resultados são apresentados na Figura 30.

Figura 30- Gráfico comparativo entre mapas mentais iniciais e finais da incidência dos critérios



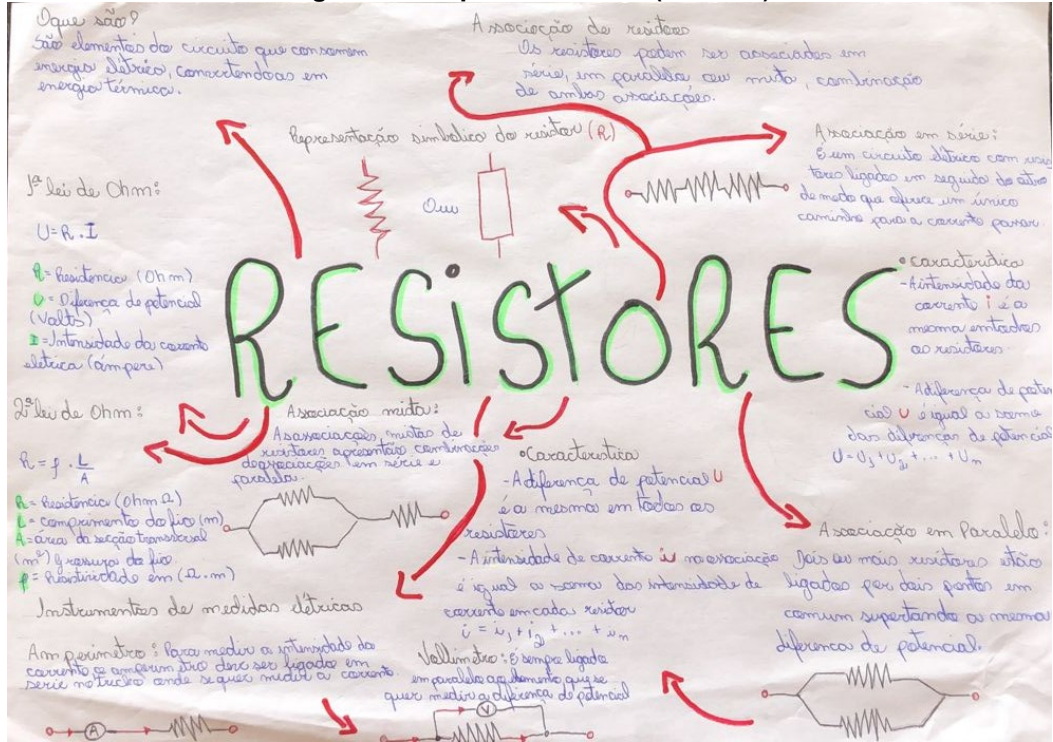
Fonte: Autoria própria (2021).

Analisando os mapas mentais construídos pelos alunos e seguindo os critérios estabelecidos, percebemos que houve um desempenho significativo no critério “abrangência do assunto”, que inicialmente estava abaixo de 25% e passou para um percentual acima de 75%. Também o critério “inserção de ideias próprias” passou de 23% para 46%. Por fim, os critérios “hierarquia e a relação entre os conceitos” que estavam ausentes no mapa mental inicial tiveram ambos um aumento significativo até esse momento da implementação da proposta, demonstrando indícios de aprendizagem significativa proporcionada pelo trabalho com a diferenciação progressiva.

Na teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003, MOREIRA, 2011, 2012, MASINI; MOREIRA, 2008), o princípio da diferenciação progressiva prevê a aprendizagem na qual as ideias e conceitos mais gerais e mais inclusivos de um conteúdo/disciplina vem em primeiro lugar no planejamento pedagógico, sendo em seguida progressivamente diferenciados em seus detalhes e em suas particularidades. Seguindo esse percurso, enquanto docentes estamos imitando a consciência psíquica do aluno, a forma como “quando um ser humano é espontaneamente exposto a um campo inteiramente novo de conhecimento” (MASINI; MOREIRA, 2008, p.30). As atividades planejadas em cada módulo e os objetivos de

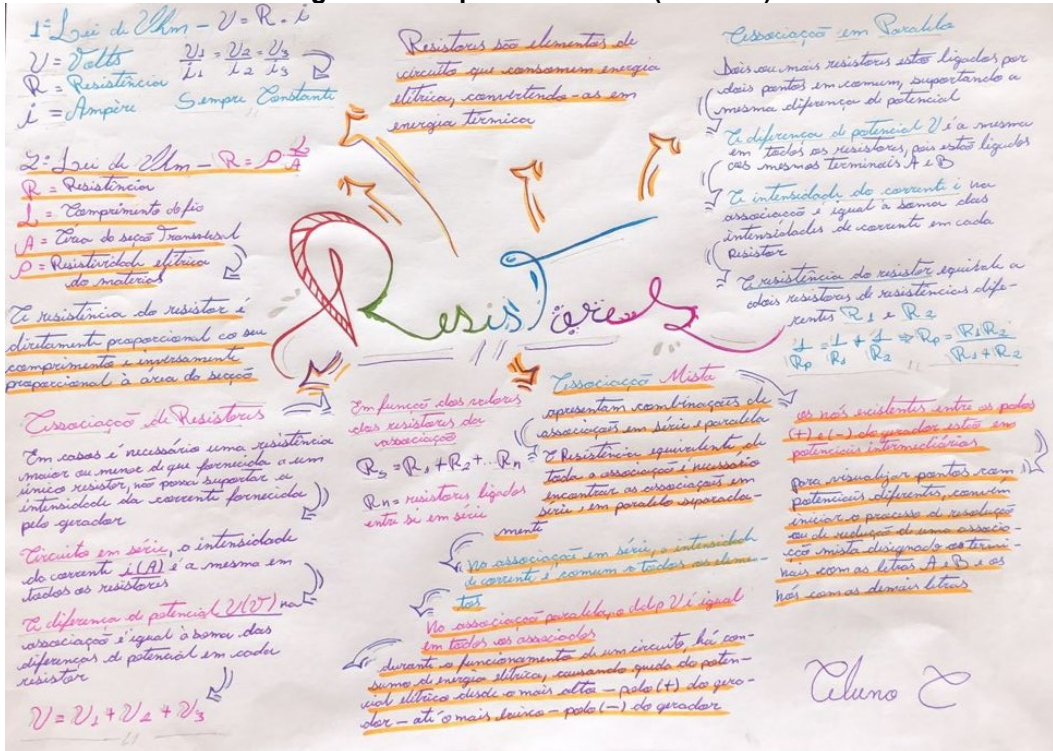
cada uma delas precisam serem coesos e integrados na busca pela imitação desse percurso mental do estudante, como demonstram as Figuras 31 e 32.

Figura 31- Mapa mental final (Aluno E)



Fonte: Aluno E (2021).

Figura 32- Mapa mental final (Aluno C)



Fonte: Aluno C (2021).

Procurando evidenciar os critérios estabelecidos por Novak e Gowin (1984) e Buzan (1996, 2009) e usando-os como critérios avaliativos de como os estudantes estão evoluindo, foi construída uma nuvem de palavras (Figura 33), usando o *Mentimeter*⁸, com todos os termos presentes em cada um dos 13 mapas mentais finais e destacando os assuntos mais abordados pelos alunos, obtendo assim os termos predominantes em suas estruturas de pensamento.

Figura 33- Nuvem de palavras a partir dos termos apresentados pelos alunos nos mapas mentais finais



Fonte: Autoria própria (2021).

Observando a imagem da Figura 33, na nuvem de palavras identificamos que de modo geral os alunos destacam as leis físicas, mostrando uma maior incidência nas palavras: Resistores, calor, circuito, aquecimento e associação, palavras estas que podemos relacionar com associação de resistores, conversão de energia elétrica em energia térmica e as Leis de Ohm.

Percebemos também que os alunos estruturam em seus pensamentos conceitos físicos trabalhados até esse momento de implementação da proposta, conceitos estes representados pelas palavras: Resistividade, energia térmica, tensão, corrente elétrica e energia.

⁸ O *Mentimeter* é uma plataforma *online* que cria e compartilha apresentações de slides, questionários e nuvens de palavras com interatividade. Todos (em diferentes lugares e tempos *offline* podem participar da atividade. Disponível em <https://www.mentimeter.com/pt-BR>. Acesso em 15 de jan. de 2022.

A presença desses conceitos antes não visíveis nos mapas mentais iniciais produzidos pelos educandos se deve ao desenvolvimento de atividades teóricas e práticas com o simulador PhET Colorado, visto que neste momento já estamos no módulo 5. Diferentes estudos apontam que o trabalho com simuladores em Física apresenta como possibilidade o trabalho significativo com conteúdos por vezes tidos como abstratos, a melhora geral dos resultados de aprendizagem, a relação dos conteúdos com o cotidiano dos educandos e a criação de comportamentos estudantis questionadores. Segundo Leal, Silva e Meneses (2020):

A utilização de simulações virtuais no ensino de ciências possibilita ao estudante desenvolver a compreensão de conceitos, e levá-lo a participar efetivamente no seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos do seu cotidiano (p.5).

Ao final desse quinto módulo continuamos a implementação da proposta novamente com um questionário inicial e uma situação-problema envolvendo o conteúdo das Leis de Kirchhoff, com objetivo de diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos e verificar se os subsunçores existiam e em caso afirmativo, se eram adequados.

Apresentaremos como amostra as respostas dos alunos ao questionário inicial dessa etapa (Apêndice 1) aplicado ao final do quinto módulo, quando apresentado uma imagem (Figura 34) de uma instalação incorreta feita em um poste.

Figura 34- Instalação Incorreta



Fonte: Autoria própria (2021).

Questão 2 - Existe algum problema ou risco neste tipo de instalação?

Aluno B: *“Acredito que haja risco de curto-circuito, podendo pegar fogo”.*

Aluno L: *“Pode ocorrer uma explosão e acabar a energia”.*

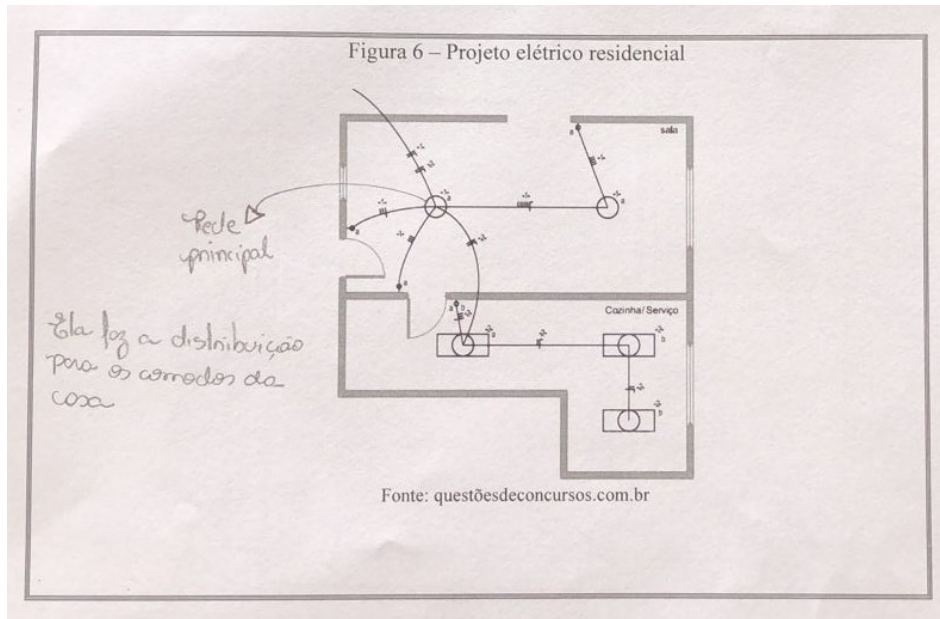
Questão 3 – Nesta imagem as instalações foram feitas de forma correta?
Explique.

Aluno M: *“Não, os fios estão juntos demais, não tem uma distância segura para a distribuição de energia”.*

Aluno C: *“Não porque está desordenado e bagunçado, dificulta por exemplo encontrar o fio específico, para cada ligação”.*

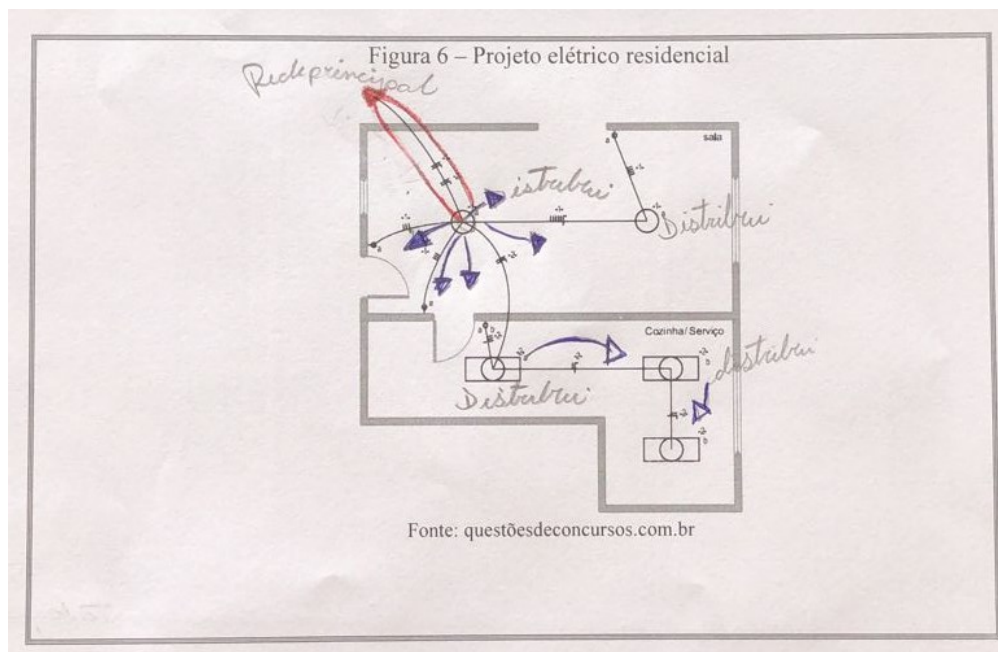
A questão 4 trazia um projeto elétrico residencial que solicitava que os alunos identificassem a rede principal de energia e para onde realizava a distribuição. Exemplos de como os educandos idealizaram essa problemática estão nas Figuras 35 e 36.

Figura 35- Projeto residencial (Aluno M)



Fonte: Aluno M (2021).

Figura 36- Projeto residencial (Aluno C)



Fonte: Aluno C (2021).

Analisando as respostas das questões 2 e 3, constatamos que os alunos identificam que as instalações foram feitas de forma incorreta e que esse tipo de instalação pode causar danos a rede elétrica e provocar acidentes. No entanto, os alunos não demonstram conhecimentos físicos de como seria uma instalação correta e de como deveria estar organizado esse emaranhado de fios, confirmando seus conhecimentos prévios sensoriais, advindos das experiências cotidianas com base em senso comum (POZO, 1998).

Na questão 4, os alunos precisavam identificar a rede principal e para onde ela realizava a distribuição, identificamos nas amostras dos alunos M e C que ambos identificaram a rede principal de energia e que a distribuição é feita para os cômodos da casa, demonstrando que tais educandos possuem conhecimentos físicos e são capazes de associá-los ao cotidiano.

Em seguida trabalhamos uma situação-problema envolvendo as Leis de Kirchhoff (Apêndice 1), um novo conteúdo em Física para o qual a situação-problema serviu como organizador prévio, com intuito de “prover uma ancoragem ideacional em termos que são familiares ao aprendiz” (MOREIRA, 2011, p. 30).

A situação-problema abordada é referente a uma figura de um poste no qual os fios estão instalados de forma incorreta (Apêndice1), com a seguinte problematização: “Ao observar a imagem, percebemos que a instalação não está adequada, podendo causar acidentes. Como você acredita que poderia ser feita a instalação desse emaranhado de fios de forma correta?”

As respostas obtidas foram:

Aluno F: “Teria que modificar os fios de posição, retirar os “gatos” (instalações irregulares), deixando apenas as instalações corretas”.

Aluno I: “Seria correto retirar todos os fios e colocar todos em uma distância correta ou ainda colocar outro poste”.

Aluno C: “Fazer as instalações separadas por escalas a primeira seria a principal as demais seriam distribuições com uma distância considerável”.

Aluno M: “Todos os fios em direções retas, sem encostar um fio no outro e com uma distância segura entre eles”.

Analisando as respostas, os alunos trazem a informação de que as instalações foram realizadas de forma incorreta e levantam hipóteses de possíveis

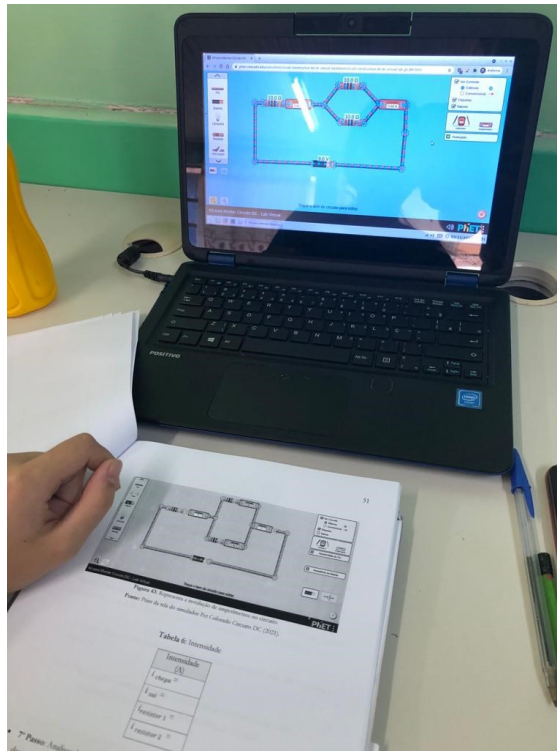
soluções baseadas em conhecimentos de senso comum. Os alunos I, C e M citam a distância de um fio ao outro como uma solução para resolver o problema em questão.

Nesse momento, novamente percebe-se a importância da situação-problema e da observação dos caminhos cognitivos realizados pelo educando, em sua formulação de hipóteses. Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980) e Ausubel (2003), a resolução de problemas representa uma forma de atividade ou pensamento dirigido. Assim, a aula preparada precisa reorganizar essa situação-problema, bem como a representação cognitiva que o educando demonstrou sobre a situação. Além disso, quando se observam esses parâmetros e se guia a atividade pedagógica por eles, estamos trabalhando com descobertas. Quando as descobertas são orientadas pelas hipóteses extraídas dos próprios alunos, acontece a transformação e reintegração do conhecimento existente (AUSUBEL; NOVAK; HENESIAN, 1980, p. 471).

Iniciamos **o módulo 6** abordando o conteúdo das Leis de Kirchhoff e atividades no simulador PhET Colorado Circuito – DC (Apêndice 1). Seguimos uma sequência de atividades que incluiu a montagem de um circuito aplicando as Leis de Kirchhoff, análise e leitura de valores e dados coletados, bem como questões de interpretação, investigação e reflexão dos valores encontrados.

Nessa etapa do trabalho, realizamos a simulação referente a Lei dos Nós e atividade aplicando as Leis de Kirchhoff na qual os alunos construíram um circuito elétrico e realizaram leituras de dados, construíram tabelas e analisaram resultados obtidos na simulação. A Figura 37 ilustra os alunos construindo o circuito elétrico e realizando as atividades propostas.

Figura 37- Lei dos nós de Kirchoff em um circuito elétrico



Fonte: Autoria própria (2021).

Ao final das simulações e discussão dos resultados obtidos, os alunos construíram suas conclusões acerca do conteúdo das Leis de Kirchoff. Como amostra temos a respostas dos alunos B e C referente ao comando: “Analisando os valores para intensidade da corrente, descreva os pontos em que a Lei dos nós fica evidente para as intensidades de correntes elétricas que chegam e saem da fonte do circuito simulado”.

Aluno B: “A intensidade que chega no nó é o mesmo valor que sai do nó, como no circuito tem dois resistores a corrente elétrica é dividida, para os dois resistores, mas ao final quando sai a intensidade é igual antes de chegar ao nó”.

Aluno C: “A intensidade da corrente que chega ao nó é 0,60 A, é dividida para o resistor 1 e resistor 2 que tem o mesmo valor, fica 0,30 A para cada um no final a corrente que sai é 0,60 A”.

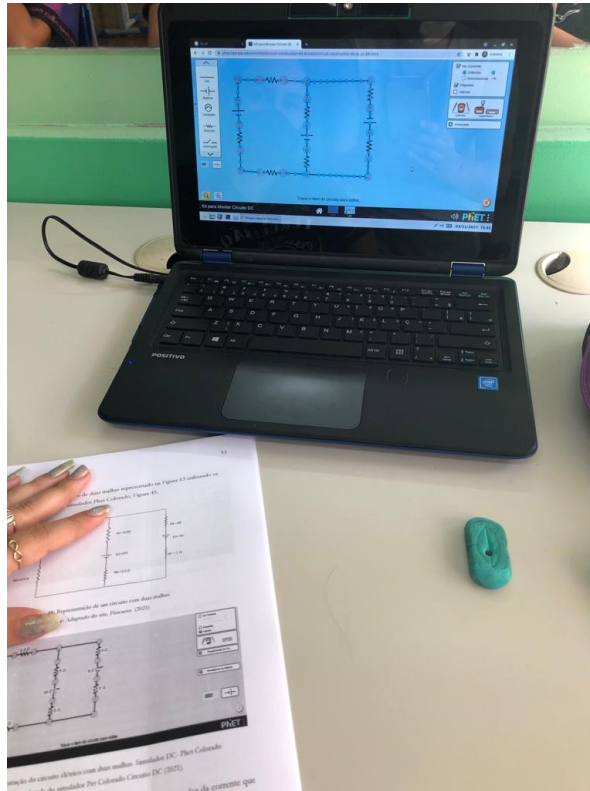
Aluno E: “O valor da corrente que chega em um nó é a mesma que sai do nó, no simulador o amperímetro mostra 0,60 A”.

Com base nas respostas apresentadas, observamos que os alunos conseguiram identificar por meio da simulação as correntes que chegam em um nó e

as que saem de um nó, demonstrando indícios que compreenderam as aplicações da Lei dos nós.

A implementação tem continuidade trabalhando a segunda atividade referente as Leis de Kirchhoff, em um circuito com duas malhas, como ilustra a Figura 38.

Figura 38- Simulação de um circuito com duas malhas

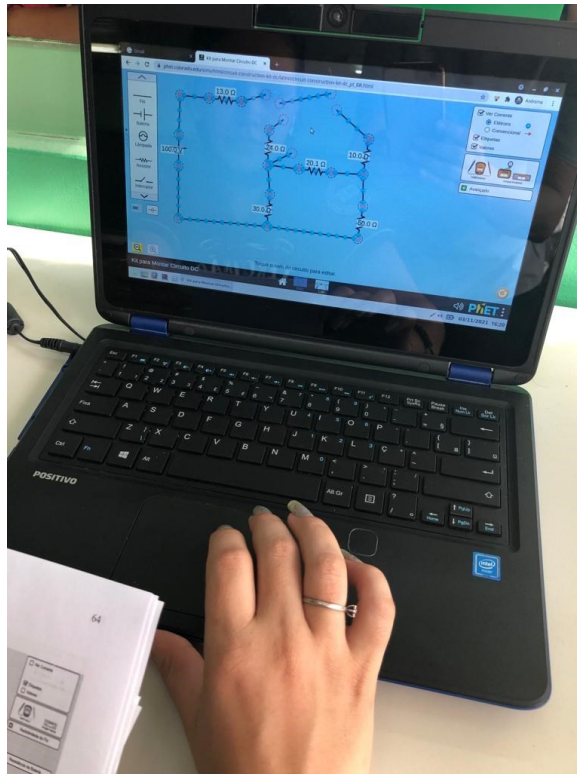


Fonte: Autoria própria (2021).

Nesta atividade realizada no simulador, os alunos atribuíram sentido para a corrente elétrica e concomitante realizaram os cálculos para determinar os valores das correntes comparando os valores obtidos na simulação. Observamos quanto valioso a simulação, no momento em que os alunos relacionavam os resultados obtidos com os resultados simulados, como também a compreensão e aplicação das Leis de Kirchhoff.

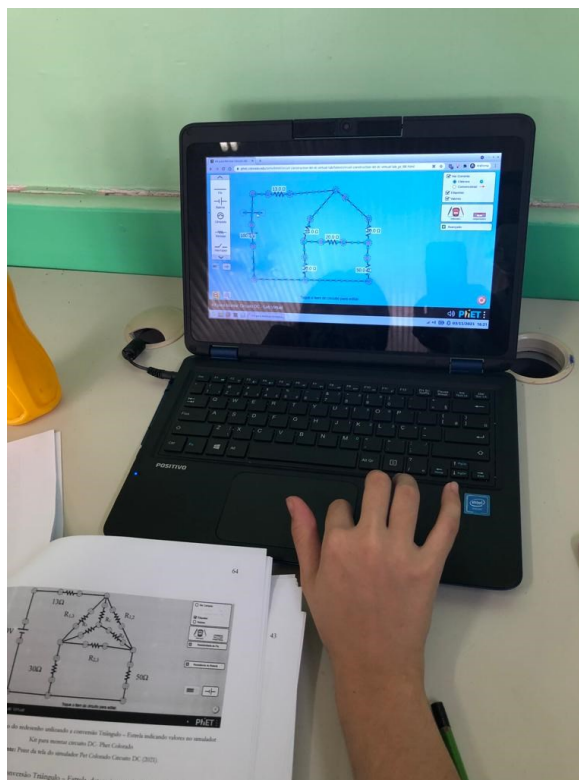
No **sétimo e último módulo**, trabalhamos as atividades referente ao conteúdo Configuração Estrela-Triângulo e Triângulo-Estrela em associações onde há a necessidade de utilizar estas conversões. Os alunos construíram uma representação no simulador de um exercício de associação de resistores, que necessitava utilizar a conversão Triângulo-Estrela, como ilustra as figuras 39 e 40

Figura 39- Representação de associação de resistores no simulador



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 40- Representação de associação de resistores no simulador



Fonte: Autoria própria (2021).

Após análise da disposição em que os resistores R_1 , R_2 e R_3 se encontram no exercício proposto, os alunos foram capazes de identificar qual conversão utilizar, realizando os cálculos e registrando os valores encontrados. Nesse momento os alunos demonstraram facilidade em desenvolver a atividade proposta, mostrando resultados positivos da utilização do simulador como instrumento metodológico, que ofereceu no decorrer da implementação base, para que a atividade de conversão Triângulo-Estrela, fosse desenvolvida sem dificuldade por parte dos alunos. Nas figuras 41 e 42 dos alunos N e E respectivamente, observamos a resolução da atividade proposta.

Figura 41- Representa a resolução de exercícios utilizando a conversão Triângulo-Estrela do aluno N

5º Passo: Utilizando a conversão Triângulo – Estrela, determine o valor das resistências para os resistores R_1 , R_2 e R_3 , registrando seus cálculos e valores obtidos no quadro abaixo.

$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$	$R_2 = \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$	$R_3 = \frac{R_{13} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$
$R_1 = \frac{10 \cdot 24}{10 + 24 + 20}$	$R_2 = \frac{10 \cdot 20}{10 + 24 + 20}$	$R_3 = \frac{24 \cdot 20}{10 + 24 + 20}$
$R_1 = \frac{240}{54} = 4,44$	$R_2 = \frac{200}{54} = 3,7$	$R_3 = \frac{480}{54} = 8,8$

Fonte: Aluno N (2021).

Figura 42- Representa a resolução de exercício utilizando a conversão Triângulo-Estrela do aluno E

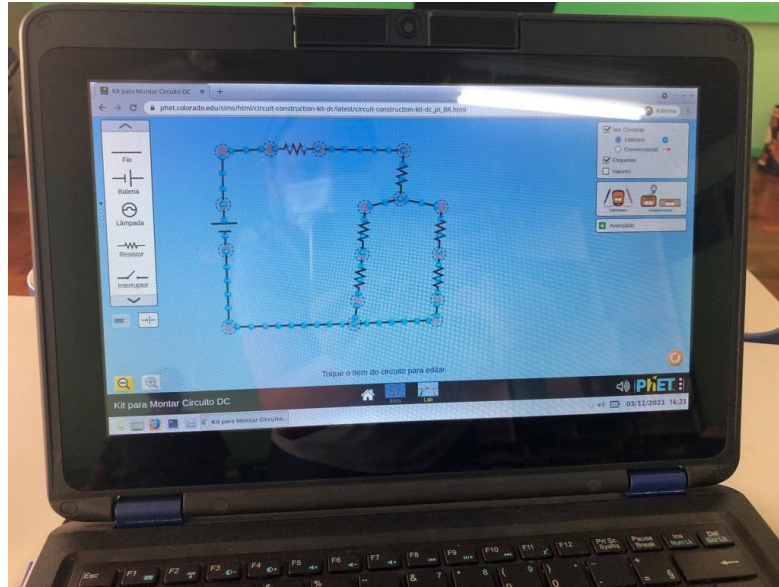
5º Passo: Utilizando a conversão Triângulo – Estrela, determine o valor das resistências para os resistores R_1 , R_2 e R_3 , registrando seus cálculos e valores obtidos no quadro abaixo.

$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$	$R_2 = \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$	$R_3 = \frac{R_{13} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$
$R_1 = \frac{10 \cdot 24}{10 + 24 + 20}$	$R_2 = \frac{10 \cdot 20}{10 + 24 + 20}$	$R_3 = \frac{24 \cdot 20}{10 + 24 + 20}$
$R_1 = \frac{240}{54}$	$R_2 = \frac{200}{54}$	$R_3 = \frac{480}{54}$
$R_1 = 4,44 \Omega$	$R_2 = 3,7 \Omega$	$R_3 = 8,8 \Omega$

Fonte: Aluno E (2021).

Na sequência os alunos redesenharam o a associação de resistores no simulador, mantendo as mesmas características elétricas do circuito, conforme ilustra a Figura 43, simulado pelo aluno i.

Figura 43- Redesenho da associação de resistores no simulador do aluno i



Fonte: Autoria própria (2021).

No decorrer da atividade os alunos desenvolveram o exercício relacionando com as características de associação de resistores em série e paralelo, foram capazes de identificar no redesenho e realizar os cálculos necessários para determinar, portanto, o valor da resistência equivalente e a intensidade da corrente elétrica fornecida pela fonte de alimentação do circuito simulado.

Ao final deste módulo abrimos uma roda de conversa sobre as simulações feitas no simulador PhET Colorado Circuito – DC e a relação com a situação-problema abordada no módulo 5. Analisamos em um grande grupo os resultados obtidos, as conclusões que cada aluno obteve e a aplicabilidade das Leis de Kirchhoff e a necessidade de utilizar as configurações Estrela-Triângulo e Triângulo-Estrela para associações de resistores mais complexos.

Nesse momento os alunos levantaram hipóteses de possíveis soluções para o problema das instalações irregulares, não mais pautadas em conhecimentos de senso comum, mas sim estruturados em pensamentos de conhecimentos físicos.

Seguem-se algumas falas dos alunos durante as discussões e a análise de resultados e da situação-problema:

“As instalações poderiam ser feitas organizando em malhas igual o circuito montado no simulador”.

“Além de organizado as instalações, não causaria acidentes”.

“Se organizado segundo as Leis de Kirchhoff, conseguimos identificar o nó, daí saberíamos que o valor da corrente elétrica que entra no nó é a mesma que sai do nó”.

Para evidenciar os termos predominantes nas estruturas de pensamento dos estudantes, construímos uma nuvem de palavras como o *Metimeter* (Figura 44), na qual evidencia-se nesse momento do trabalho pedagógico a presença de conceitos ligados ao conteúdo trabalhado, o que demonstra o avanço na aprendizagem.

Figura 44- Nuvem de palavras destacando os termos apresentados pelos alunos durante a discussão



Fonte: Autoria própria (2021).

Com isso, o aluno passa de um conhecimento sensorial, com base no senso comum, para um conhecimento escolar, sistematizado (POZO, 1998), um processo de aprendizagem garantido na medida em que:

Novas informações podem ser aprendidas à medida em que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem para os novos conceitos (OLIVEIRA; MARTINS, 2015, p.10.636).

Na teoria da Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003, MOREIRA, 2011), quanto mais se sabe, mais se é possível ir além no conhecimento. Então, o domínio dos conceitos por parte dos alunos guiado e moldado por um planejamento didático-pedagógico, demonstra que

À medida que progride no domínio de um campo conceitual, novas conceituações são necessárias, e com isso, o sujeito se desenvolve cognitivamente. Mas essa trajetória é lenta, progressiva, não linear, com rupturas e continuidades (MOREIRA, 2011, p. 166).

Esse foi o trajeto pedagógico e cognitivo visto no presente trabalho. Diferentes situações didáticas organizadas pelo docente, que partiam dos conhecimentos prévios dos alunos, expressos em questionários e mapas mentais (demonstrando os primeiros subsunçores) trabalhados pedagogicamente em situações-problemas e diversas atividades de experimentação que proporcionaram aos alunos caminharem da teoria à prática, de ideias mais gerais para a formulação de conceitos mais específicos e científicos.

Após discussão da situação-problema abordada no módulo 5, os alunos sistematizaram suas conclusões registrando individualmente as possíveis soluções, conforme demonstrado no Quadro 4.

Quadro 4-Comparativo das respostas iniciais e finais da situação-problema

<p><i>Ao observar a imagem, percebemos que a instalação não está adequada, podendo causar acidentes. Como você acredita que poderia ser feita a instalação desse emaranhado de fios de forma correta?</i></p>	
Resposta inicial	Resposta final
<p>Aluno F: <i>“Teria que modificar os fios de posição, retirar os “gatos” (instalações irregulares), deixando apenas as instalações corretas”.</i></p>	<p>Aluno F: <i>“Poderia usar as leis de Kirchhoff, organizando o circuito em malhas e usando a lei dos nós assim a corrente que chega é a mesma corrente que sai, desta forma o circuito terá uma instalação correta evitando curto-circuito”.</i></p>
<p>Aluno I: <i>“Seria correto retirar todos os fios e colocar todos em uma distância correta ou ainda colocar outro poste”.</i></p>	<p>Aluno I: <i>“A solução seria usar as Leis de Kirchhoff, o circuito seria dividido em malhas, identificando os nós poderia saber o valor da corrente que seria dividido, pois saberia a corrente que chega e que sai do nó”.</i></p>
<p>Aluno C: <i>“Fazer as instalações separadas por escalas a primeira seria a principal as demais seriam distribuições com uma distância considerável”.</i></p>	<p>Aluno C: <i>“Para resolver o problema seria usar as Leis de Kirchhoff utilizando as leis dos nós e lei das malhas, assim resolveria este emaranhado de fios instalados de forma errada”.</i></p>
<p>Aluno M: <i>“Todos os fios em direções retas, sem encostar um fio no outro e com uma distância segura entre eles”.</i></p>	<p>Aluno M: <i>“Poderia fazer as instalações organizadas por malhas, seguindo as Leis de Kirchhoff, ficaria fácil encontrar os nós e encontrar o valor da corrente elétrica que chega em um nó, é dividida e depois a corrente que sai de um nó, assim evitaria acidentes”.</i></p>

Fonte: Autoria própria (2022).

Ao compararmos as respostas iniciais com as respostas finais, conforme amostra, observamos um avanço significativo na apropriação de conceitos físicos, demonstrando respostas mais adequadas como solução do problema abordado, importantes indícios da aprendizagem, uma vez que no questionamento inicial os educandos se valeram de conhecimentos sensoriais, de senso comum para responderem, enquanto no questionamento final, usaram como solução o conceito “Leis de Kirchhoff”.

Ainda no decorrer de toda implementação da proposta educacional, percebemos que o uso do simulador como instrumento pedagógico, aqui em específico o Phet Colorado, pode trazer bons resultados ao desempenho escolar dos alunos. As simulações atreladas as atividades proposta no simulador proporcionam momentos de discussão de análise e interpretações valiosas e significativas ao aprendizado, trabalhando conteúdos conceituais (sistematização dos conceitos da Física), processuais (realizar os experimentos, seguir um passo a passo) e atitudinais (refletir sobre o uso dos conhecimentos de Eletrodinâmica em nossas vidas, trabalhar em grupo) (ZABALA, 1998). Sendo assim, além dessa capacidade de gerar protagonismo no estudante, o simulador possibilita efetivar a relação entre as Ciências e a tecnologia, tendo, pois, boa aceitação por parte dos alunos que se sentem realizando uma experiência real da eletricidade básica e não mais apenas uma conta ou o tratamento de um conceito abstrato, como por vezes acontece no ensino tradicional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa desenvolveu um produto educacional em formato de caderno com uma proposta didática de atividades com foco no simulador PhET Colorado Circuito-DC, material que possibilitou simular experimentos dos conteúdos curriculares de Eletrodinâmica abordando conteúdos de eletricidade básica: corrente elétrica, tipos de resistores e suas aplicações, associações de resistores em série, paralelo e mista, as Leis de Ohm, as Leis de Kirchhoff e configuração Estrela-Triângulo.

Valendo-se da teoria da Aprendizagem Significativa, objetivou-se construir um percurso pedagógico capaz de, por meio de metodologias pautadas no uso de tecnologias (simuladores virtuais), metodologias pedagógicas pautadas na resolução de problemas e experimentação, realizar um percurso didático capaz de compreender o que o aluno já sabe, os subsunçores iniciais e conseguir, por meio de diferentes estratégias didáticas, usar esses conhecimentos prévios como alavancas para a ancoragem de outros conhecimentos.

O entendimento do que o educando traz, seus conhecimentos prévios, subsunçores, foi obtido por meio de questionamentos iniciais e mapas mentais feitos pelos alunos. Os mapas mentais demonstraram ser ferramentas capazes de demonstrar ao professor como o aluno está organizando mentalmente seus saberes (neste trabalho ficou evidente que eles tinham conhecimentos de senso comum sobre diferentes situações-problemas envolvendo a Física. E a partir desse diagnóstico foi possível organizar coerentemente diferentes formas de interferir e reorganizar o conhecimento do educando por meio de diferentes atividades, organizadores prévios.

E eles, educandos, apresentaram, ao final das aulas desenvolvidas, o domínio de conceitos científicos referentes aos conteúdos trabalhados. Observando os critérios de análise dos mapas mentais, a presença das ideias próprias dos alunos nas representações dos mapas mentais dobrou (de 20% para 40%). A capacidade de demonstrar a abrangência dos assuntos passou de 20% para 70%, enquanto o critério hierarquia foi da inexistência para quase 30% e o critério relação entre os conceitos ultrapassou os 80%, números que indicam a evolução do educando na aprendizagem.

Nesse sentido, este estudo conseguiu demonstrar a importância da pedagogia da resolução de problemas e da experimentação nas aulas voltadas para as Ciências (aqui a Física), bem como fazer com que o professor pesquisador aplicador da

proposta reflita sobre como o aluno pensa, como ele organiza um modelo de representação do conhecimento (e essa é a indagação da teoria da Aprendizagem Significativa). Intervenções ou mediações coerentes e compatíveis com os modelos pedagógicos cunhados podem fazer toda a diferença no desenho do caminho didático que possa levar o educando a conseguir dominar, progressivamente, conhecimentos mais elaborados.

Por fim, esta proposta didática também possibilitou realizar aulas com metodologias ativas (o simulador PhET Colorado), bem como organizar e disponibilizar um planejamento pedagógico para turmas de Física do terceiro ano do Ensino Médio, série e disciplina escolar nos quais faltam bons materiais pedagógicos. As tecnologias precisam estar presentes nas aulas de Física como exemplos de metodologias ativas e da linguagem tecnológica acoplada as áreas voltadas para todas as Ciências (BRASIL, 2017).

Trabalhos como este não se esgotam aqui e deixam a importância de continuarmos a buscar respostas sobre como ensinar com qualidade os conhecimentos em Física. Alguns apontamentos se sobressaíram: uso de tecnologia, metodologia investigativa e experimental, bem como aulas que organizem e se reorganizem buscando entender como o aluno aprende, como ele passe do senso comum para os conceitos científicos. É preciso aprofundar o domínio dessas categorias referentes a como os subsunçores atuam, como se reorganizam e usá-las, transpô-las didaticamente em planejamentos educacionais. Esse é o desafio do professor.

REFERÊNCIAS

- AGASSI, A. R.; CANOVAS, D. P. dos S.; SORTE, M. S. A. (Orgs). **Eletricidade na escola**: atividades experimentais para o Ensino Médio. UTFPR, 2016.
- ALCANTARA, E. F. S. de. Mapa conceitual e mapa mental. **VIII Simpósio de Pesq. e de Práticas Pedagógicas do UGB**. n. 8, março 2020.
- ANDRADE, T. Y. I.; COSTA, M. B. O Laboratório de Ciências e a Realidade dos Docentes. **Quím. nova esc.** São Paulo- SP, 2016.
- ASSUNÇÃO; J. A.; MOREIRA, A. M.; SAHELICES, C, C. Aprendizagem significativa: resolução de problemas e implicações para aprendizagem de função. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**.v.8. n.2, p. 30-44, 2018.
- AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.
- AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology**: a cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston. Inc., 1968.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção do conhecimento**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BATISTA, M. C.; BATISTA, D.C. **Física experimental**. Maringá: UniCesumar, 2016. "Graduação - EaD". 168 p.
- BATISTA, M.C.; FUSINATO, P.A. (Org.). **Eletricidade Básica**: Caderno de Atividades Experimentais. 1ª Edição. Editora Massoni: Maringá, PR, 2014.
- BATISTA, M. C.; SCHIAVON, G. J.; BATISTA, D. C. **Física geral**. Maringá-PR: Unicesumar, 2018. "Graduação - EaD". 247 p.
- BARBOSA, E.F.; MOURA, D.G. Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica. **B. Tec. Senac**, Rio de Janeiro, v. 39, n.2, p.48-67, 2013.
- BARCELLOS, L. de S.; GERVÁSIO, S.V.; SILVA, M do A. J.; COELHO, G. R. A Mediação Pedagógica de uma Licencianda em Ciências Biológicas em uma Aula Investigativa de Ciências Envolvendo Conceitos Físicos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Universidade Federal do Espírito Santo. 2 de maio de 2019.
- BATISTA, M.C.; GOMES, E.C . Diário de campo, gravação em áudio e vídeo e mapas mentais e conceituais. *In.*: MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. de O.; BATISTA, M. C. (Orgs.). **Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências**. 1. ed. Maringá, PR: Gráfica e Editora Massoni, 2021.

BECKER, W. R.; STRIEDER, D. M. O uso de simuladores no ensino de Astronomia. **II ENINED – Encontro Nacional de Informática e Educação** – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, 2011.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação**: uma introdução às teorias e aos métodos. Porto: Porto Editora, 2006.

BOTTENTUIT JUNIOR, João Batista; COUTINHO, Clara Pereira. Análise da Usabilidade de um Laboratório Virtual de Química Orgânica. **Memórias da 6ª Conferência Ibero-americana em Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI)**. Orlando, EUA. v. 1, p. 91-95, julho, 2007.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais**: ciências naturais. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília : MEC/SEF, 1997.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ensino Médio. MEC, 2017. Disponível em:
http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em 10 de junho de 2021.

BRASIL. **PCN + Ensino médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BUZAN, T. **Saber Pensar**. Lisboa: Presença, 1996.

BUZAN, T. **Mapas Mentais**: métodos criativos para estimular o raciocínio e usar ao máximo o potencial do seu cérebro. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

BUZAN, T.; BUZAN, B. **The mind map book**: how to use radiant thinking to maximize your brain's potencial. New Yourk: Dutton, 1994.

CARNEIRO, N. L. **A prática docente nas escolas públicas, considerando o uso do laboratório didático de Física**. 2007. Monografia (Graduação em Licenciatura Plena em Física) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Fortaleza, 2007. Disponível em:
<https://siduece.uece.br/siduece/pesquisarItemPublico.jsf;jsessionid=8BDF078D35D730EBD3CE034B7AE887B4>. Acesso em: 20 de maio 2021.

CARRARO, F. L.; PEREIRA, R. F. **O uso de simuladores virtuais do phet como metodologia de ensino de eletrodinâmica**. 2014 Cadernos PDE: Paraná, 2014.

CARVALHO, A.; TELES, A.; VIANA, D. *et.al.* **Objetos digitais de aprendizagem no ensino de Física básica: Um estudo de casos com simuladores virtuais em uma escola de ensino público estadual**. 2019. Revista novas tecnologias na educação – CINTED- UFRGS. v.17 n. 3, 2019. Disponível em:
<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/99481/55654>. Acesso em 18 de junho 2021.

COELHO, R. O. **O uso da informática no ensino de física de nível médio**. 2002. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Pelotas: Pelotas, 2002. Disponível em: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/coelho/inf_ens_fis_med.pdf . Acesso em: 29 de junho de 2021.

COELHO, L. M.; MARQUES, A. J.; SOUZA, D. G. de. A Teoria da Aprendizagem Significativa e o ensino de História. **Revista Educação Pública**, v. 19, n. 31, 26 de novembro de 2019.

DAVIES, M. Mind mapping, concept mapping, argument mapping: what are the differences and do they matter? **High Education**. v. 62. P. 279-301, 2011.

DORNELES, P. F. T; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: parte 1- circuitos elétricos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 487-496, 2006.

DOURADO, S.; RIBEIRO, E. Metodologia qualitativa e quantitativa. *In.*: MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. de O.; BATISTA, M. C. (Orgs.). **Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências**. 1. ed. Maringá, PR: Gráfica e Editora Massoni, 2021.

FAGUNDES, S. M. K. Experimentação nas aulas de ciências: um meio para a formação da autonomia? *In.*: GALIAZZI, M. C. *et al.* **Construção curricular em rede na educação em ciências: uma aposta de pesquisa na sala de aula**. Ijuí: Unijui, 2007.

FALCÃO, E. de L.; MACHADO, L. S. **Um Laboratório Virtual Tridimensional e Interativo para Suporte ao Ensino de Física**. Anais do WIE, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/55449/Downloads/2051-3232-1-PB.pdf> . Acesso em: 04 de junho de 2021.

FALEIRO, W.; BARROS, J.J. de C.; BARBOSA, W.S. **Ensino - aprendizagem: desafios de uma prática profissional**. Goiânia: Kelps, 2019.

FERNANDES, El. David Ausubel e a aprendizagem significativa. **Revista Nova Escola**, 01 de dez. de 2011. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/262/david-ausubel-e-a-aprendizagem-significativa>. Acesso em junho de 2021

FILGUEIRA, S. S.; SOARES, M. H. O lúdico no ensino de física: elaboração e desenvolvimento de um minicongresso com temas de física moderna no ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 66-93, 2015.

FIS MATICA. Disponível em: <http://fismatica.com.br/>. Acesso em: 10 junho de 2020.

FONTANA, F.; ROSA, M. P. Observação, questionário, entrevista e grupo focal. *In.*: MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. de O.; BATISTA, M. C. (Orgs.). **Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências**. 1. ed. Maringá, PR : Gráfica e Editora Massoni, 2021.

FREIRE, A de P. Código de cores para a identificação de uma resistência elétrica. *In.*: AGASSI, A. R.; CANOVAS, D. P. dos S.; SORTE, M. S. A. (Orgs.). **Eletricidade na escola: atividades experimentais para o Ensino Médio**. Apostila da UTFPR, 2016.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

FRIES, F. **Objetivo de aprendizagem baseado no uso de simuladores virtuais como ferramenta de ensino de conceitos da ondulatória.** 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Medianeira, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4428/1/aprendizagemssimuladoresvirtuaisondulat%c3%b3ria.pdf> . Acesso em: 24 de junho 2021.

GASPAR, A. **Compreendo a Física, eletromagnetismo e Física Moderna.** Volume 3. Editora Ática: São Paulo, 2013.

GIANI, K. **A experimentação no ensino de ciências:** possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa. 190 f. 2010. Dissertação (mestrado). Universidade de Brasília, 2010. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9052/1/2010_KellenGiani.pdf . Acesso em: 30 de junho 2021.

GOMES, E. C. **Ondas eletromagnéticas: possibilidades da aplicação no ensino médio a partir das relações CTS.** 2019. Dissertação Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2019. Disponível em: http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/6134/1/Ederson%20Carlos%20Gomes_2017.pdf . Acesso em: 10 de maio de 2021.

GRASSELLI, E. C.; GARDELLI, D. **O ensino da física pela experimentação no ensino médio: da teoria à prática.** Cadernos PDE: Paraná, 2014. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uem_fis_artigo_erasmo_carlos_grasselli.pdf. Acesso em 11 de novembro de 2021.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo.** 10ª edição. Vol. 3. LTC- LTC - Livros Técnicos e Científicos: Rio de Janeiro, 2016.

HECKLER, V.; SARAIVA, M. de F. O.; OLIVEIRA FILHO, K. de S. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira). **Pisa 2018 revela baixo desempenho escolar em leitura, matemática e ciências no Brasil.** PISA, Brasília: INEP, 3 de dez. de 2019. Disponível em: http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206. Acesso em 09 de novembro 2021.

JORNAL DA USP. **Laboratório virtual do Instituto de Física da USP é único no mundo.** 15 de mar. de 2018. Disponível em: <https://jornal.usp.br/universidade/laboratorio-virtual-do-instituto-de-fisica-da-usp-e-unico-no-mundo/>. Acesso em 09 de novembro 2021.

KEIDANN, G. L. Utilização de Mapas Mentais na Inclusão Digital Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul. **II Educom Sul.** Ijuí, RS, 27 e 28 de junho de 2013.

KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em junho de 2020.

KOZEL, S.; GALVÃO, W. Representação e ensino de geografia: contribuições teórico-metodológicas. **Ateliê Geográfico**, v. 2, n. 3, p. 33-48, 2008.

KRASILCHIK, M. Reforma e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 85-93, janeiro/março. 2000.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEAL, M. M.; SILVA, A. T. S.; MENEZES, L. de S. A utilização do simulador phet como ferramenta de ensino nas aulas on-line de ciências em uma escola do município de Água Branca – PI. **CONEDU**, outubro de 2020.

MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. de O.; BATISTA, M. C. (Orgs.). **Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências**. 1. ed. Maringá, PR: Gráfica e Editora Massoni, 2021.

MARKUS, O. **Circuitos elétricos – Corrente contínua e Corrente Alternada**. 1ª edição. São Paulo: Editora Érica, 2001.

MASINI, E. F. S., MOREIRA, M. A. (col.). **Aprendizagem Significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos**. São Paulo: Vetor, 2008.

MELO, R. C.; OSSO JR. J. A.; Laboratórios Virtuais e Ambientes Colaborativos Virtuais de Ensino e de Aprendizagem: conceitos e exemplos. **Revista de Informática Aplicada**, v. IV, n. 02, 2008.

MENTIMETER. **Crie apresentações e reuniões interativas onde quer que você esteja**. Disponível em <https://www.mentimeter.com/pt-BR>. Acesso em 15 de janeiro de 2022.

MEIRIEU, P. **Aprender... sim, mas como?** 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

MOREIRA, M. A. MASINI, E. S. F. **Aprendizagem significativa, a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes Ltda., 1982.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. *In.*: MOREIRA, M.A., CABALLERO, M.C. E RODRÍGUEZ, M.L. (Orgs.) **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España. 1997.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

MOREIRA, M.A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro Editora, 2010.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Cadernos da Aplicação**, v. 11, n. 2, p. 143-156, 2012.

NARDI, R. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 63-101, 2005.

NICIOLI JUNIOR, R. B.; MATTOS, C. R. Livros didáticos de física (1810-1940). *In.*: **Simpósio internacional do livro didático**. Atas... São Paulo: Fapesp, 2007.

NUNES, C.B. Resolução de problemas: uma proposta didática na formação de professores. **REnCiMa**, v. 5, n. 2, 1-17, 2014.

OLIVEIRA, M. G.; PONTES, L. Metodologia ativa no processo de aprendizado do conceito de cuidar: um relato de experiência. **X Congresso Nacional de Educação EDUCERE**, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2011.

OLIVEIRA, M. M.; MARTINS, I. F. Aprendizagem significativa na apropriação de conceitos biológicos. **EDUCERE**, PUCPR, 2015.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica. Física**. SEED: Curitiba, 2008.

PIAGET, Jean. **O nascimento da inteligência na criança**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1982

PILETTI, N. **História da educação no Brasil**. 7. ed. São Paulo: Ática, 1989.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Revista Ciência & Educação**. v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

POZO, J. I. **Teorias cognitivas da aprendizagem**. 3ª ed. São Paulo: Artes Médicas, 1998.

POZO, J.I.; CRESPO, M.Á.G. A solução de problemas em ciências da natureza. *In.*: POZO, J.I.; **A solução de problemas**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

POZO, J.I.; ECHEVERRÍA, M.D. P. P. **Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

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

RONCA, A. C. Caruso.; ESCOBAR, V. F. **Técnicas pedagógicas**. Domesticação ou desafio à participação. Rio de Janeiro: Vozes, 1980.

ROSA, C. W. Concepções teóricas metodológicas no laboratório didático de Física na Universidade de Passo Fundo. **Revista Ensaio**, v.5, n 2, p.13-27, 2003.

ROSA, C. W. da; ROSA, Á. B. da. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. *In.*: Revista **Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 4, n. 1, 2005.

REIS, E. M., SILVA, O. H. M. **Atividades experimentais: uma estratégia para o ensino da física.** Cadernos Intersaberes, vol. 1, n.2, p.38-56, 2013.

RODRIGUES JÚNIOR, J. F. **Manual para formação do instrutor.** Brasília: Universa, 2002.

SANCHES, M. B.; Neves, M. C. D. S. **A Física moderna e contemporânea no ensino médio: uma reflexão didática.** Maringá: Eduem, 2011.

SANO, P. T. Pesquisa etnográfica: coprodução do conhecimento e pesquisa em ensino de ciências. MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. de O.; BATISTA, M. C. (Orgs.). **Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências.** 1. ed. Maringá, PR: Gráfica e Editora Massoni, 2021.

SANTANA, S. de L. C. **Utilização e gestão de laboratórios escolares.** Dissertação de mestrado em Educação em Ciências: Química da vida e saúde. Santa Maria: RS, 2011.

SANTOS, C. R. da S.; CONCEIÇÃO, A. R. da.; MOTA, M.D.A. A utilização dos mapas mentais como instrumento avaliativo no ensino de biologia. **CONEDU: Avaliação: Processos e Políticas.**v. 03.Campina Grande: Realize Editora, 2020.

SANTOS, C. S. dos; FREITAS, P. da S.; LOPES, M. M. Ensino remoto e a utilização de laboratórios virtuais na área de ciências naturais. **12º SIEPE.** UNIPAMPA, 24 a 26 de nov. de 2020.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações.** 10. ed. rev. Campinas: Autores Associados, 2008.

SÉRÉ, M-G.; COEOLHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da física. **Cad.Bras.Ens.Fís.**, v.20, n.1, p. 30-42, abril 2003.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. de A. Teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da História da ciência em sala de aula. In: **Revista Ciência e Educação**, v. 9, n. 1, p. 53-65, Campinas, 2003.

SILVA, J. A. P. da. Imagem como fonte de pesquisa. In: MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. de OI.; BATISTA, M. C. (Orgs.). **Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências.** 1. ed. Maringá, PR : Gráfica e Editora Massoni, 2021.

THIOLLENT, M. Metodologia da Pesquisa-ação. São Paulo: Cortez, 2011.

UNIFAP. **Mapa mental de Eletrostática.** Disponível em: <https://www2.unifap.br/pet-fisica/files/2011/05/Apresenta%c3%a7%c3%a3o1.pdf>. Acesso em 22 de novembro de 2021.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
CAMPUS CAMPO MOURÃO

JOSIANE CRISTINA PERES PEREIRA

PROPOSTA DIDÁTICA DE ATIVIDADES PRÁTICAS DE ELETRODINÂMICA
UTILIZANDO O SIMULADOR PhET COLORADO CIRCUITO-DC

CAMPUS CAMPO MOURÃO
2022

JOSIANE CRISTINA PERES PEREIRA

**PROPOSTA DIDÁTICA DE ATIVIDADES PRÁTICAS DE ELETRODINÂMICA
UTILIZANDO O SIMULADOR PhET COLORADO CIRCUITO-DC**

**Teaching proposal of practical electrodynamics activities using the phet
colorado simulator**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 32 do MNPEF - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Junior Schiavon

Coorientador: Prof. Dr. Michel Corci Batista

**CAMPO MOURÃO
2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVOS.....	5
2.1 GERAIS	5
2.2 ESPECÍFICOS.....	5
3. JUSTIFICATIVA.....	6
4. ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....	8
5. DESCRIÇÃO DO PRODUTO.....	12
5.1 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 1.....	12
5.2 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 2.....	16
5.3 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 3.....	34
5.4 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 4.....	41
5.5 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 5.....	59
5.6 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 6.....	60
5.7 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 7.....	62
5.8 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 8.....	70
5.9 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 9.....	79
5.10 PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	93
6. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE ENSINO E APRENDIZAGEM	102
7. REFERÊNCIAS.....	106

1 INTRODUÇÃO

Etapa 1 – Definição do tema

O presente produto educacional, destinado a formação dos profissionais da Educação nas disciplinas de Física, é fruto dos estudos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UTFPR, e teve como base o material produzido pelos professores Michel Corci Batista e Polônia Altoé Fusinato (PARFOR/UEM, 2014).

O produto organiza uma sequência de atividades no simulador PhET Colorado Circuito-DC, possibilitando simular de forma investigativa e reprodutiva experimentos realizados em um laboratório, usando-os como metodologia para abordar conteúdos referentes a corrente elétrica, tipos de resistores e suas aplicações, associações de resistores em série, paralelo e mista, as Leis de Ohm, as Leis de Kirchhoff e a configuração Estrela-Triângulo e Triângulo- Estrela. Ainda apresenta na última seção da proposta didática uma possibilidade de continuação dos trabalhos pedagógicos com resistores em uma configuração de Ponte de Wheatstone.

A cada etapa do produto apresentam-se também exercícios interpretativos e experimentais, exemplos práticos acompanhados de figuras ilustrativas detalhadas e uma linguagem didática e interativa, de forma que outros profissionais professores de Física ou áreas afins e, principalmente, alunos, possam desenvolver e/ou adaptar o presente modelo, seguindo o passo a passo das atividades propostas.

O produto educacional segue um formato de sequência de atividades, partindo dos conhecimentos prévios dos alunos (subsunçores), como ponto de partida para a implementação da proposta. Contém uma situação-problema de associação de resistores e Leis de Kirchhoff em um formato de organizadores comparativos, atividades práticas de eletrodinâmica no laboratório virtual do simulador PhET-Colorado Circuito-DC, construção de mapas mentais e atividades de sistematização dos conhecimentos aprimorados.

A proposta visa a contribuir para o Ensino de Física, especificamente nos conteúdos de eletrodinâmica, com o enfoque principal de ensinar eletricidade básica através de um simulador que possibilita construir experimentos no formato interativo, comprovatório e investigativo, pautado na Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel e Joseph Novak (MOREIRA, 2011).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAIS

- Desenvolver uma metodologia para as aulas de Física de modelos experimentais de laboratório em um simulador virtual, possibilitando a reprodução e investigação de diversos circuitos elétricos e sua aplicabilidade, levando os alunos a compreender, assimilar e relacionar os dados e resultados obtidos de forma significativa no aprendizado.

2.2 ESPECÍFICOS

- Conceituar os resistores;
- Diferenciar resistores ôhmicos de resistores não ôhmicos;
- Compreender a 1ª e a 2ª Lei de Ohm e a influência da resistividade do fio condutor em um circuito elétrico;
- Identificar e compreender as características que diferenciam associações de resistores em série, paralelo e mista;
- Compreender as conversões de Triângulo - Estrela e Estrela - Triângulo na associação de resistores;
- Compreender, através da simulação, as Leis de Kirchhoff para os nós e malhas em um circuito elétrico.

3 JUSTIFICATIVA

O ensino da Física nas escolas ainda apresenta um formato teórico, sem apresentação de atividades experimentais em sua metodologia e isso se deve a inúmeros fatores como: falta ou manutenção de equipamentos, falta de materiais básicos fundamentais para realização do experimento, falta de tempo e formação continuada do professor e escassez de recursos financeiros. Nesse sentido, todos esses fatores contribuíram para um formato de aula constantemente teórico e matematizado.

Diante dos problemas citados, o presente trabalho apresenta uma possibilidade de práticas educacionais no ensino da Física por meio de uma proposta de atividades práticas no simulador PhET Colorado Circuito- DC, material que possibilita simular experimentos dos conteúdos curriculares da 1ª Lei de Ohm, 2ª Lei de Ohm, associação de resistores, Leis de Kirchhoff e configuração Estrela-Triângulo e Triângulo-Estrela, em um formato comprobatório e investigativo, possibilitando uma metodologia de prática virtual que propicia ao aluno realizar os mesmos experimentos de um laboratório físico.

Trabalhar com instrumentos metodológicos diversificados no ensino da Física proporciona resultados significativos ao aprendizado do aluno. As atividades práticas de laboratórios consistem-se em uma das metodologias que proporciona explorar, identificar e relacionar a prática com a teoria, levando o aluno a construir um pensamento sistematizado e contextualizado do conteúdo abordado.

A frase “eu ouço e esqueço, eu vejo e lembro, eu faço e compreendo” tem sido muito citada como uma justificação para o trabalho experimental. O trabalho experimental tem diversas vertentes que podem ser exploradas. Uma traduz-se no aumento do interesse e motivação dos alunos. Outra é o desenvolvimento de capacidade (habilidade técnica) para executar o trabalho. As atividades laboratoriais poderão também ser encaradas como um meio para os alunos aprenderem a pesquisar, ou envolvê-los em atividades de tipo científico. Contudo, nunca deve ser esquecido que a prática é extremamente útil para compreender uma teoria científica (LOPES, 2007, p.15).

Segundo Moreira (2011), existem duas condições básicas para que a aprendizagem significativa ocorra. A primeira é que o material utilizado deve ser potencialmente significativo e a segunda é que o aluno deve apresentar uma predisposição para aprender. Nesse sentido, o material proposto procura atender a primeira condição, ao propor uma metodologia que permita ao aluno construir, ao longo do processo, um conhecimento sistematizado e contextualizado.

Além disso, o produto educacional aqui apresentado propõe uma abordagem de ensino/aprendizagem que respeita e atende as competências e habilidades do documento da Base Nacional Comum Curricular para o Novo Ensino Médio, exposto logo abaixo, conforme documento.

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 1 Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.

(EM13CNT106) Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/ benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3 Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.

(EM13CNT308) Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, redes de informática e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos. (BRASIL, 2017 p. 540-545).

4 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

A proposta de trabalho consiste em uma sequência de atividades experimentais com o simulador PhET-Colorado- Circuito - DC, que possibilita a montagem de experimentos similares aos de um laboratório físico, contemplando conteúdos de Eletrodinâmica, de forma interativa, investigativa e comprovatória, através da construção de experimentos por meio do laboratório virtual.

As atividades foram desenvolvidas durante o segundo semestre de 2021, conforme o calendário letivo do município de Jesuítas, PR, em uma turma de 3º Ano Médio em Tempo Integral, Colégio Estadual Humberto de Alencar Castelo Branco – EFMP.

A implementação do produto educacional ocorreu no laboratório de informática da escola selecionada, dividido em 9 módulos, 4 deles com 3 aulas cada e os demais módulos de 2 aulas, totalizando então 22 aulas.

A proposta foi desenvolvida durante as aulas da disciplina de Física intercaladas com as aulas de estudo orientado, disciplina que faz parte da grade curricular dessa modalidade de ensino.

A constituição de cada módulo é descrita no Quadro 1:

Quadro 1- Proposta didática com simulador PhET- Colorado Circuito-DC

Módulo 1	Atividades propostas
3h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do tema: Estudo da eletricidade básica utilizando o simulador PhET- Colorado Circuito-DC; • Levantamento de conhecimentos prévios através de um questionário, para coleta de dados; • Construção individual de mapa mental com base nas respostas do questionário inicial; • Abordagem de uma situação-problema envolvendo associação de resistores em série, discussão e registro das hipóteses levantadas pelos alunos.
Módulo 2	Atividades propostas

3h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos materiais disponíveis no simulador PhET- Colorado Circuito-DC; • Abordagem dos conteúdos da primeira Lei de Ohm e suas aplicações; • Construção de experimentos no simulador PhET-Colorado Circuito-DC, da 1ª Lei de Ohm, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprovatórias.
-------------	---

Módulo 3	Atividades propostas
3h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem dos conteúdos da segunda Lei de Ohm e suas aplicações; • Construção de experimentos no simulador PhET-Colorado Circuito-DC, da 2ª Lei de Ohm, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprovatórias; • Abordagem do conteúdo envolvendo a associação de resistores em série.

Módulo 4	Atividades propostas
3h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de experimentos no simulador PhET-Colorado Circuito-DC, das associações de resistores em série, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprovatórias; • Abordagem do conteúdo de associação de resistores em paralelo; • Construção de experimentos no simulador PhET-Colorado Circuito-DC, das associações de resistores em paralelo, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprovatórias; • Abordagem do conteúdo de associação de resistores misto; • Construção de experimentos no simulador PhET-Colorado Circuito-DC, das associações de resistores em misto, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprovatórias.

Módulo 5	Atividades propostas
2h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Atividade experimental de associação de resistores em série, paralelo e misto, utilizando placa de protoboard, resistores de cores e multímetro; • Discussão de dados coletados no experimento e comparados ao simulado no simulador PhET- Colorado Circuito – DC; • Registro individual dos alunos destacando os principais pontos da diferença entre os dados coletados no simulador e no experimento físico.

Módulo 6	Atividades propostas
2h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Retomada da situação anterior abordada no módulo 1; • Discussão e registro da resolução do problema proposto pautado nos conteúdos trabalhados até o momento; • Construção de um mapa mental individual.

Módulo 7	Atividades propostas
2h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento de conhecimentos prévios através de um questionário, para coleta de dados contemplando as Leis de Kirchhoff; • Trabalhar uma situação-problema envolvendo as Leis de Kirchhoff, discussão e registro das hipóteses levantadas pelos alunos; • Abordagem do conteúdo das Leis de Kirchhoff.

Módulo 8	Atividades propostas
2h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de experimentos no simulador PhET- Colorado Circuito-DC, abordando as Leis de Kirchhoff, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprobatórias; • Retomada da situação-problema envolvendo as Leis de Kirchhoff abordada no modulo 7;

	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão e registro da resolução do problema proposto pautado nos conteúdos trabalhados até o momento.
--	---

Módulo 9	Atividades propostas
2h/a	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de experimentos no simulador PhET-Colorado- Circuito-DC, abordando configuração Estrela - Triângulo, intercalando simulações e atividades interativas, investigativas e comprovatórias; • Construção de um mapa mental envolvendo todos os conceitos abordados, referentes aos conteúdos de eletrodinâmica disponíveis na proposta.

Fonte: Autoria própria (2021).

5 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

O produto educacional consiste-se de uma sequência de atividades experimentais simuladas no simulador PhET Colorado Circuito-DC, seguindo uma organização de atividades com a seguinte sequência: levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos com objetivo de identificar os subsunçores existentes, construções de mapas mentais, situações-problemas com caráter de organizador prévio comparativo, um roteiro de construções de experimentos no simulador, intercalando atividades interpretativas e investigativas. Contém ainda uma proposta de atividade experimental no laboratório físico, para fins de comparação e discussão de dados e resultados obtidos e simulados.

Em alguns momentos a proposta contém a construção de mapas mentais com objetivo de identificar se os subsunçores estão avançando e aprimorando-se no decorrer da proposta. Assim, a proposta didática busca uma abordagem organizada de conteúdo, simulações e atividades contemplando os seguintes conteúdos de eletrodinâmica:

- ✓ 1ª Lei de Ohm;
- ✓ 2ª Lei de Ohm;
- ✓ Associação de resistores em série;
- ✓ Associação de resistores em paralelo;
- ✓ Associação de resistores mistos;
- ✓ Leis de Kirchhoff;
- ✓ Configuração Estrela-Triângulo e Triângulo- Estrela.

5.2 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 1

A proposta se inicia com a apresentação do tema: Estudo da eletricidade básica utilizando o simulador PhEt- Colorado Circuito DC e realizando o diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos sobre essa temática por meio de imagens de eletroeletrônicos atreladas a um questionário. O intuito é diagnosticar quais

subsunçores existentes e se esses apresentam-se adequados como ponto de partida ao professor para a implementação da proposta de ensino.

Subsunçores seriam, então, “conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos” (MOREIRA, 2011, p.28).

DIAGNÓSTICO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

Questionário Inicial

Figura 1- Máquina de café



Fonte: Aatoria própria (2021).

Figura 2- Chuveiro



Fonte: Aatoria própria (2021).

Figura 3- Torradeira



Fonte: Aatoria própria (2021).

Responda:

- 1) Os aparelhos apresentados possuem alguma característica em comum? Justifique.

- 2) Como você explicaria o funcionamento de cada eletroeletrônico apresentado?

Chuveiro:

Torradeira:

Máquina de Café:

3) Qual o dispositivo eletrônico responsável pelo aquecimento?

4) Na sua concepção, como funciona o dispositivo eletrônico da questão anterior?

5) Você consegue identificar alguns aparelhos eletroeletrônicos e eletrodomésticos que utilizou nessa semana com as mesmas características dos apresentados? Liste quais.

CONSTRUÇÃO DO MAPA MENTAL

Na sequência da proposta, os alunos organizam suas respostas do questionário inicial em um mapa mental destacando as principais ideias.

Mapas mentais correspondem a uma maneira de registrar informações. De acordo com Buzan (1996, 2009) um mapa mental é uma ferramenta que possibilita exteriorizar pensamentos ou ideias de forma organizada em torno de um tema principal, o qual dará origem ao mapa mental.

Com base nas respostas obtidas por você, construa um mapa mental destacando as principais ideias:

SITUAÇÃO-PROBLEMA

A situação-problema possui caráter de organizador comparativo, que indica que o material é relativamente familiar ao aluno, auxiliando o educando a ancorar novos conhecimentos. A atividade proposta traz uma situação-problema envolvendo uma associação de resistores em série.

Situação-Problema

Figura 4: Luzes pisca-piscas



Fonte: Aatoria própria (2021).

Ao instalar as luzes de Natal para iluminar a varanda de sua casa, um morador percebeu que parte das luzes estavam acessas e parte apagadas. Pensou: “Será que estão queimadas? Preciso descobrir e resolver isso gastando o mínimo possível”. Ajude o morador a resolver o problema. É importante que você apresente toda a sua ideia e todo o processo que utilizou para ajudá-lo a resolver o problema.

5.2 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 2

Neste módulo, a proposta é apresentar o simulador aos alunos, os materiais disponíveis e as opções de montagem de circuitos. Neste momento é importante que o

professor proporcione um espaço para os educandos se familiarizar com o simulador, suas possibilidades e ferramentas.

APRESENTAÇÃO DO SIMULADOR

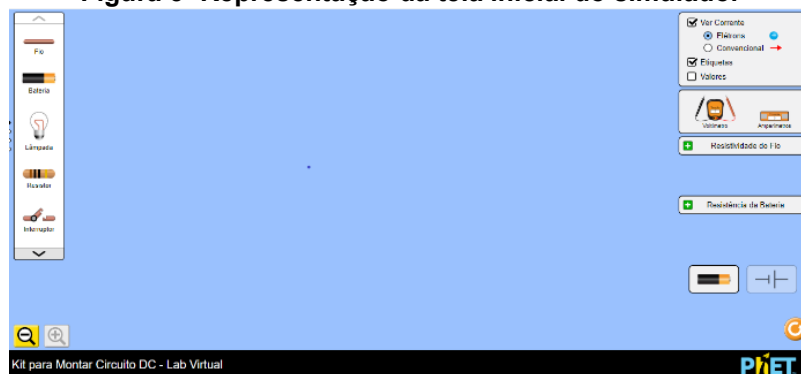
O simulador apresentado é um dos muitos que o PhET Colorado disponibiliza com a finalidade de ensino nas áreas de Matemática, Física, Química, Ciência da Terra e Biologia. Trata-se do Kit para Montar Circuito DC – Lab Virtual, o qual possui várias opções de montagem de circuitos elétricos em diversos formatos, associações de elementos do circuito, dispositivos de manobra e segurança, variação de valores e coletas de dados, oportunizando assim inúmeras situações de aprendizado.

Para acessá-lo, segue o *link* abaixo, juntamente com a apresentação das ferramentas que o simulador disponibiliza:

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

Os materiais disponíveis para montar um circuito elétrico, presentes no simulador, encontram-se ao lado esquerdo da tela, conforme Figura 5. A Figura 6, apresenta todos os materiais disponíveis no simulador.

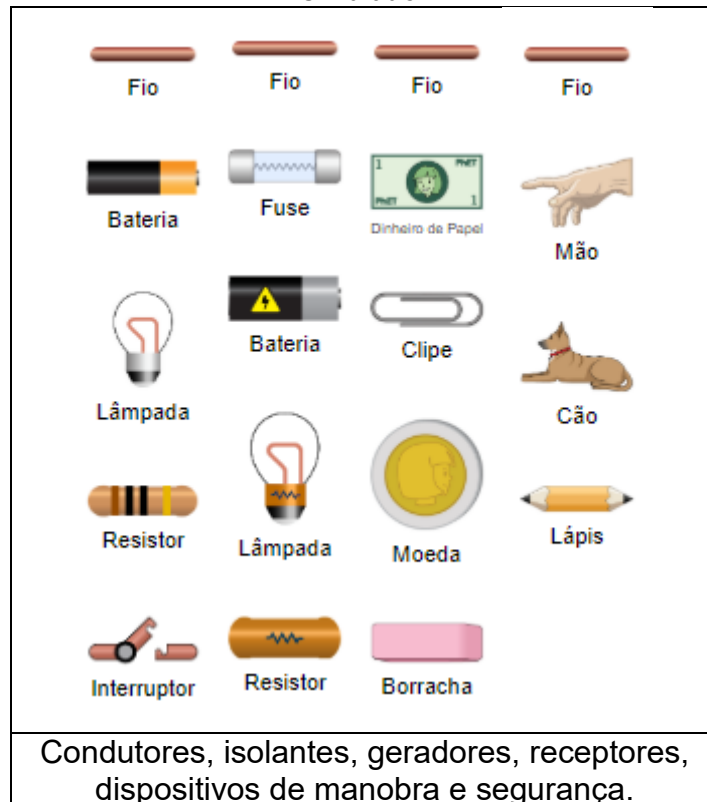
Figura 5- Representação da tela inicial do simulador



Fonte: Kit (2020).⁹

⁹ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

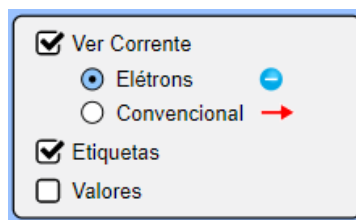
Figura 6- Representação dos elementos do circuito disponíveis do lado esquerdo da tela do simulador



Fonte: Kit (2020).¹⁰

Ao lado superior direito da tela do simulador observa-se a opção de sentido da corrente, etiquetas definindo os elementos do circuito e valores, conforme a Figura 7.

Figura 7: Representação das opções ao lado direito da tela do simulador



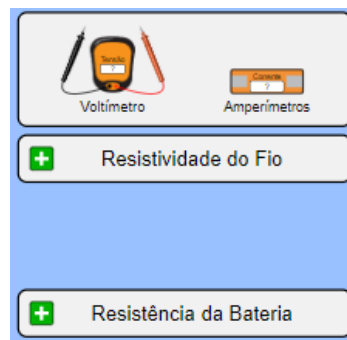
Fonte: Kit (2020).¹¹

¹⁰ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

¹¹ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

Ainda do lado direito da tela do simulador temos dois instrumentos de medidas: o amperímetro, para medidas da intensidade da corrente, e o voltímetro para medidas da diferença de potencial elétrico (tensão). Eles também mostram a opção de variação nos valores de resistividade do fio e da resistência da bateria, conforme Figura 8.

Figura 8- Representação das opções de aparelhos de medidas e variação de valores para resistividade e resistência



Fonte: Kit (2020).¹²

Do lado inferior esquerdo da tela aparece a opção de apresentação dos elementos do circuito ou através do símbolo que corresponde a cada elemento, conforme a Figura 9.

Figura 9- Representação do formato para apresentação dos elementos no circuito



Fonte: Kit (2020).¹³

¹² KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

¹³ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

ABORDAGEM DO CONTEÚDO

Nesta etapa, o professor aborda o conteúdo de resistência elétrica e a primeira Lei de Ohm. É importante que o professor proporcione momentos de interações e questionamentos acerca do conteúdo abordado, relacionando o tema aos cotidianos do aluno. O material contém o conteúdo a ser trabalhado acompanhado por atividade explicativa.

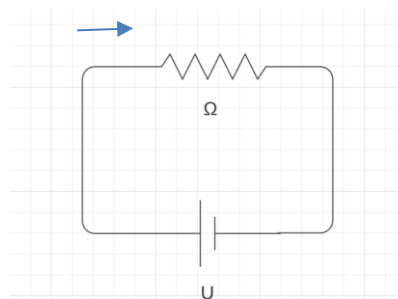
CONCEITO DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Segundo Batista e Fusinato (2014), quando a corrente elétrica percorre um determinado condutor, encontra uma dificuldade na passagem dos elétrons por ele devido à resistência elétrica do material do qual o condutor é constituído, denominada resistência elétrica. Dessa forma, os valores da corrente podem sofrer alterações dependendo da resistência encontrada no condutor.

Definimos como resistor elétrico um dispositivo eletrônico de um circuito que converte energia elétrica em energia térmica (efeito Joule), pela razão entre a tensão (ddp) a qual está submetido e a intensidade da corrente elétrica (i).

Experimentalmente, através do simulador podemos mostrar que para os resistores existe uma relação proporcional entre a diferença de potencial e a corrente elétrica, cuja razão é o valor da resistência (Figura 10).

Figura 10-Representação de um resistor no circuito

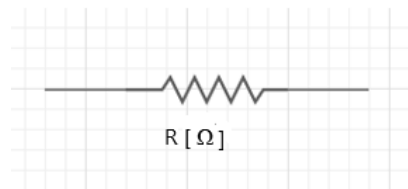


Fonte: Autoria própria (2020).

Símbolo

A Figura 11 apresenta o símbolo utilizado para representar um resistor em um circuito.

Figura 11- Representação do símbolo que caracteriza um resistor



Fonte: Autoria própria (2020).

TIPOS DE RESISTORES E SUAS APLICAÇÕES

Resistores de Fio

Segundo Batista e Fusinato (2014), esses tipos de resistores são constituídos por um fio de longo comprimento enrolado sobre uma superfície de cerâmica ou vidro, utilizados geralmente em aparelhos em que o principal objetivo é a dissipação de calor, como por exemplo chuveiros, aquecedores de ambientes e ferro de passar, entre outros aparelhos.

O valor da resistência fornecida pode ser determinado conhecendo o material que constitui o resistor, seu comprimento e área da seção transversal do fio. A imagem fornecida na Figura 12 ilustra esse tipo de resistor.

Figura 12- Representa o resistor de fio

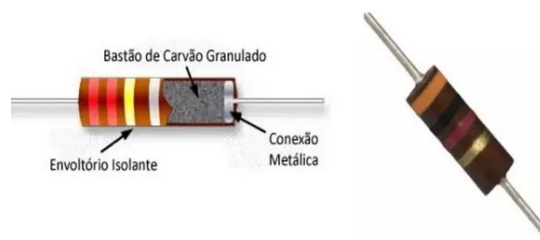


Fonte: Mundo da elétrica (2020).¹⁴

Resistores de Carvão

Resistores de carvão são constituídos em seu preenchimento de carvão granulado, formando uma mistura homogênea de onde é obtido o valor da sua resistência. Eles possuem faixas de cores de forma que para identificar os seus valores se faz necessário consultar uma tabela de código de cores. Também possuem tamanho e tolerância maior comparados com outros resistores fixos, tal como mostra a Figura 13.

Figura 13- Representação de resistor de carvão



Fonte: Mundo da elétrica (2020).¹⁵

Resistores de filme de carbono

¹⁴ MUNDO DA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br>. Acesso em jun. de 2020.

¹⁵ MUNDO DA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br>. Acesso em jun. de 2020.

Resistores de filme de carbono dizem respeito a um resistor fixo e sua resistência é obtida na fabricação. Para tanto, é utilizado um cilindro de cerâmica que é coberto por uma película de carbono, possuindo uma largura e espessura conforme a obtenção da resistência desejada.

Um resistor de carbono possui baixo custo e seu valor numérico é disponibilizado por faixa de cores, sendo necessário a consulta a Tabela de código de cores (Figura 14).

Figura 14-Representação do resistor de carbono



Fonte: Mundo da elétrica (2020).¹⁶

Resistores Metálicos

Os resistores metálicos são fixos e semelhantes aos resistores de carbono na sua fabricação, sendo que o que os difere é a película que faz a cobertura do cilindro, que nos metálicos é de Níquel Ni- cr, (nicromo), o que possibilita uma tolerância de 1%, garantindo maior precisão do valor da resistência e diminuindo de forma significativa o ruído emitido pelo resistor, figura 15.

¹⁶ MUNDO DA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br>. Acesso em jun. de 2020.

Figura 15- Representação do resistor metálico



Fonte: Mundo da elétrica (2020).¹⁷

Leitura dos códigos de cores em Resistores

No resistor que possui faixa de cores, o valor da sua resistência pode ser determinado seguindo uma ordem de leitura na qual cada faixa de cor possui um valor e a posição dessa faixa no resistor possibilita obter valores numéricos e percentuais de tolerâncias diferentes, conforme Tabela apresentada por meio da figura 16.

Figura 16- Tabela de código de cores dos resistores

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Nº de zeros/multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	0	
Marrom	1	1	1	1	± 1%
Vermelho	2	2	2	2	± 2%
Laranja	3	3	3	3	
Amarelo	4	4	4	4	
Verde	5	5	5	5	± 0,5%
Azul	6	6	6	6	± 0,25%
Violeta	7	7	7	7	± 0,1%
Cinza	8	8	8	8	± 0,05%
Branco	9	9	9	9	
Dourado				x0,1	± 5%
Prata				x0,01	± 10%

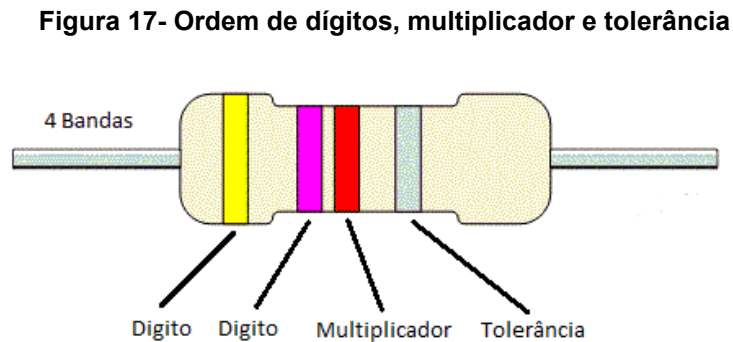


Fonte: Mundo da elétrica (2020).¹⁸

¹⁷ MUNDO DA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br>. Acesso em jun. de 2020.

¹⁸ MUNDO DA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br>. Acesso em jun. de 2020.

Iremos observar na Figura 17 um exemplo de um resistor de carbono. Seguindo um passo a passo, obteremos o valor da resistência e a tolerância para esse dispositivo.



- **1º Passo:** Observe a primeira faixa de cor (no exemplo é amarela), corresponde ao primeiro dígito do valor ôhmico do resistor, que consultando na Tabela é 4;
- **2º Passo:** Observe a segunda faixa de cor (no exemplo é violeta), corresponde ao segundo dígito do valor ôhmico do resistor, o qual consultando na Tabela é 7;
- **3º Passo:** Observe a terceira faixa de cor: essa faixa corresponde ao multiplicador de casas numéricas que o valor da resistência está submetido elevado a potência de base 10. No exemplo é a cor vermelha, que corresponde ao expoente 2, concluindo que o valor da resistência é de $47 \cdot 10^2 \Omega$;
- **4º Passo:** A quarta faixa, a qual nem todos os resistores possuem, corresponde a faixa de tolerância. Essa faixa informa em porcentual a precisão do valor real da resistência (e no exemplo a cor é prata). Então, concluímos que a precisão é de $\pm 10\%$.

¹⁹ FVM LEARNING. Disponível em: <https://www.fvml.com.br/>. Acesso em jun. de 2020.

Saiba Mais:

Os resistores de maiores potências, por serem maiores fisicamente, possibilitam a gravação de seus valores nominais e tolerância em seus corpos, diferentemente dos resistores de baixa potência, que são muito pequenos, tornando inviável esta gravação. Assim, gravam-se nesses resistores anéis coloridos que, a partir de um código de cores preestabelecido, representam seus valores nominais e suas tolerâncias. Existem resistores de 4, 5 e 6 anéis (BATISTA; SCHIAVON; BATISTA, 2018 p. 218).

1ª LEI DE OHM

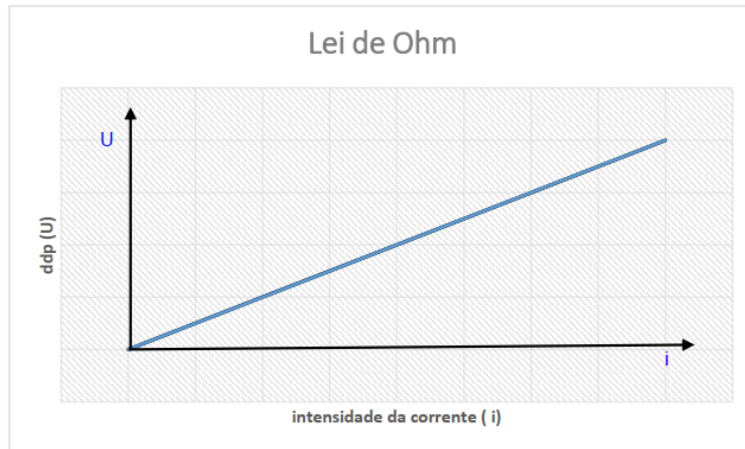
De acordo com Batista e Batista (2016), George Simon Ohm, professor de Física e Matemática, escreveu a primeira Lei de Ohm com dados observados em seu experimento, com condutores elétricos em temperatura constante. Ele realizou o procedimento em que a diferença de potencial (V) sofria variações ($U_1, U_2, U_3 \dots U_x$) e obteve valores da corrente elétrica correspondentes a ($i_1, i_2, i_3 \dots i_x$). Percebeu que há resistores em que mesmo que a intensidade da corrente e a tensão sofram mudanças, os valores para a resistência permanecem constantes. Concluiu que os resistores que obtiveram essas características poderiam ser denominados resistores ôhmicos.

$$\frac{U_1}{i_1} = \frac{U_2}{i_2} = \frac{U_3}{i_3} = \dots \frac{U_x}{i_x}$$

Definiu então que:

- Para resistores ôhmicos a diferença de potencial elétrico (ddp) deve ser diretamente proporcional à intensidade da corrente elétrica que atravessa o resistor (i), resultando em uma constante de proporcionalidade a resistência elétrica do resistor, como mostra a Figura 18:

Figura 18- Representação gráfica da tensão proporcional a intensidade da corrente em um resistor ôhmico



Fonte: Autoria própria (2021).

- Sabendo que a diferença de potencial elétrico é medida em volts (V) e a intensidade da corrente em ampères (A), a unidade para resistência elétrica é V/A. Para homenagear o professor George Simon Ohm essa unidade de medida recebeu o nome de Ohm, com o símbolo Ω .
Equação conhecida como a 1ª Lei de Ohm:

$$R = \frac{U}{i} \quad \text{ou} \quad U = R \cdot i$$

R = resistência elétrica (Ω);

i = intensidade da corrente elétrica (A);

U = diferença de potencial elétrico (V).

- A equação descrita é utilizada para em todos os dispositivos que a corrente elétrica percorre.
- Os resistores que não obedecem a primeira Lei de Ohm são classificados como resistores não ôhmicos. Nesses casos, a diferença de potencial elétrico não é proporcional a intensidade da corrente que atravessa o condutor.

Atividade Explicativa

Em uma atividade prática de laboratório, alguns grupos de alunos tinham o objetivo de analisar se o resistor utilizado no circuito montado por eles era ôhmico ou não ôhmico. Utilizaram o voltímetro e o amperímetro para medir a variação da ddp e da intensidade da corrente e obtiveram os seguintes valores.

Grupos	ddp(V)	i(A)
Grupo 1	2	1
Grupo 2	4	2
Grupo 3	6	3
Grupo 4	8	4

Grupo 1

$$R = \frac{U}{i} = \frac{2}{1} = 2\Omega$$

Grupo 2

$$R = \frac{U}{i} = \frac{4}{2} = 2\Omega$$

Grupo 3

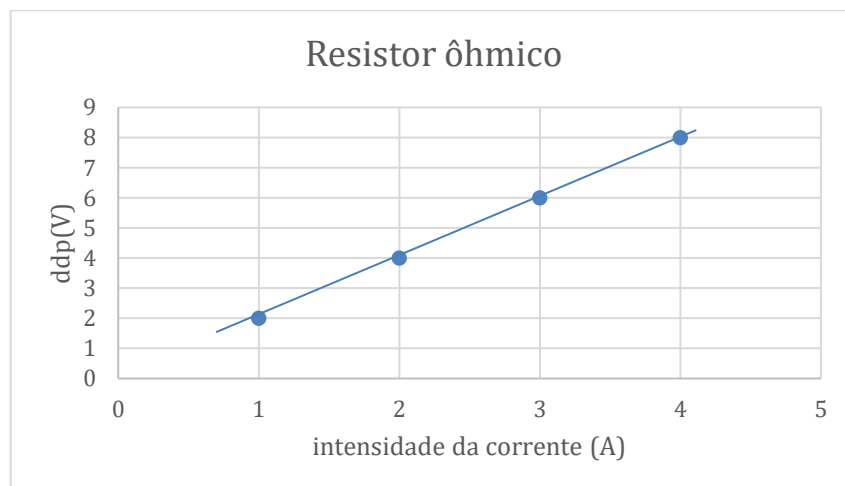
$$R = \frac{U}{i} = \frac{6}{3} = 2\Omega$$

Grupo 4

$$R = \frac{U}{i} = \frac{8}{4} = 2\Omega$$

Observaram que a resistência permanece constante. Pode-se dizer que o resistor é ôhmico, conforme o valor obtido e representação gráfica da Figura 19.

Figura 19- Representação gráfica de um resistor ôhmico



Fonte: Autoria própria (2021).

ATIVIDADE PRÁTICA 1ª LEI DE OHM

Na continuidade da proposta didática, o professor inicia as simulações referentes a primeira Lei de Ohm. A proposta de atividades no simulador está organizada com um passo a passo, intercalando atividades e simulações.

Neste momento o professor constantemente abre questionamentos acerca do experimento simulados, dados e resultados obtidos.

- **Objetivo:** Compreender e perceber a relação diretamente proporcional entre a corrente elétrica (A) e a diferença de potencial elétrico (V), resultando na constante do valor da resistência elétrica do resistor.

Prática: Utilizando o simulador PhET Colorado como laboratório virtual, construiremos uma representação do experimento da 1ª Lei de Ohm.

- **1º passo:** Clique no *link* abaixo para acessar o simulador. Aparecerá uma tela conforme a Figura 20:

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

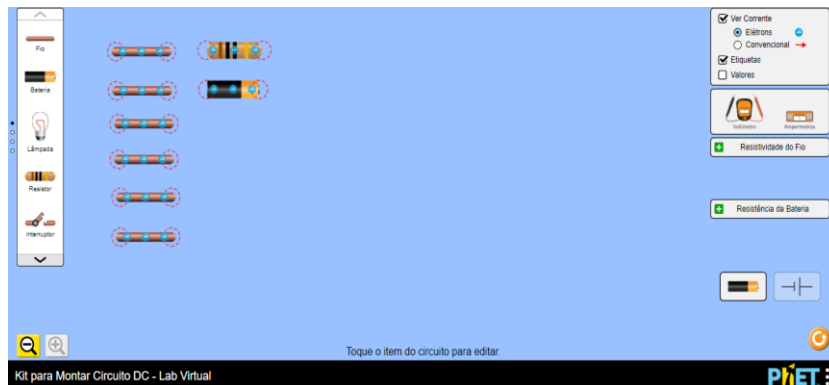
Figura 20- Representação da tela inicial do simulador Kit para montar circuito DC- PhET Colorado



Fonte: Kit (2020).²⁰

- **2º Passo:** Selecione os seguintes materiais disponíveis no simulador, conforme figura 21:
 - 6 fios;
 - 1 resistor de faixa de cores de 10Ω;
 - 1 bateria de baixa Tensão.

Figura 21- Representação gráfica dos elementos selecionados na tela do simulador



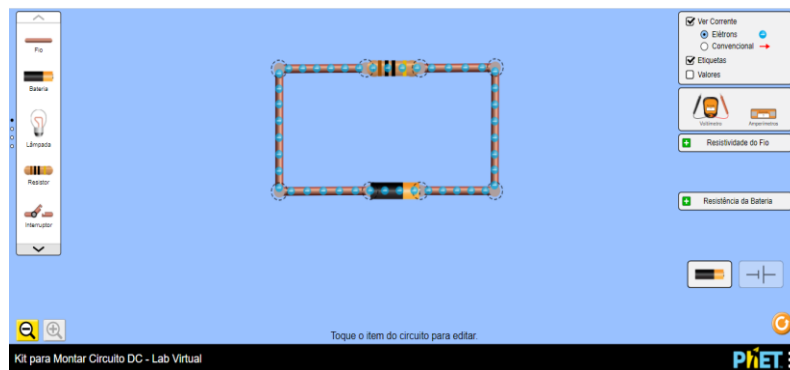
Fonte: Kit (2020).²¹

- **3º Passo:** Monte o circuito elétrico com os elementos selecionados no passo anterior, conforme figura 22:

²⁰ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

²¹ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

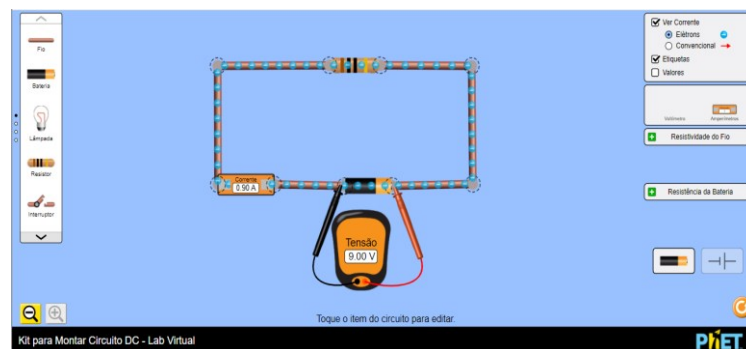
Figura 22- Representação do circuito elétrico montado



Fonte: Kit (2020).²²

- **4º Passo:** Selecione, do lado direito da tela, a opção valores. Verifique que aparecerá a indicação de valores para diferença de potencial elétrico e resistência. Conecte o amperímetro em série com a bateria e o voltímetro em paralelo à bateria, conforme figura 23:

Figura 23- Representação do circuito elétrico com indicação de valores para diferença de potencial elétrico e intensidade da corrente



Fonte: Kit (2020).²³

Importante: O amperímetro deve ser ligado em série a fonte de energia e o voltímetro em paralelo, evitando danos aos instrumentos.

²² KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

²³ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

- **5º Passo:** Clique sobre a bateria e terá a opção de alterar o valor da diferença de potencial elétrico. Faça a variação de 3 em 3 V até o limite de 24V. Complete a Tabela 1: para cada variação da diferença de potencial elétrico o valor para a intensidade da corrente lida pelo amperímetro. Selecione a opção “valores” localizada no lado direito da tela do simulador.

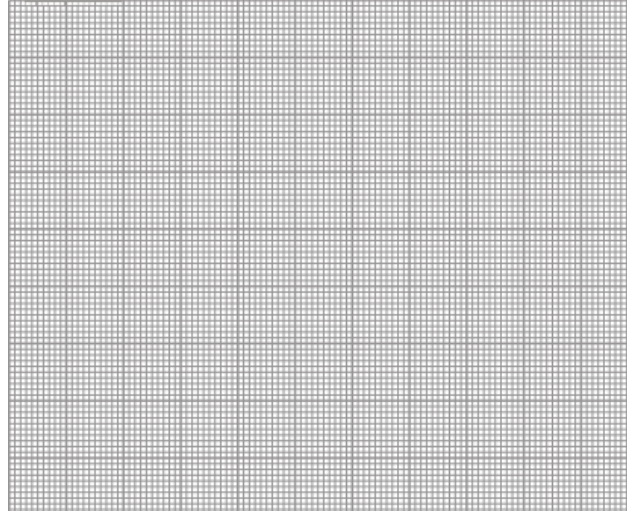
Tabela 1: Variação de 3 em 3 V

Tensão	Intensidade da corrente (A)	Resistência (Ω)
9V		
12V		
15V		
18V		
21V		
24V		

- **6º Passo:** Com os dados da Tabela 1 aplique a equação da 1ª Lei de Ohm para cada variação de tensão.

$$R = \frac{U}{i}$$

- **7º Passo:** Com os dados da Tabela 1, construa um gráfico da tensão versus corrente elétrica.



Responda, com base nos dados obtidos na Tabela 1 acima:

- 1) O valor para o resistor sofreu alteração quando a diferença de potencial elétrico variou de 3 em 3 V. Descreva.

- 2) Observando o gráfico construído com os dados da Tabela 1. Houve uma constante? Se houve, de qual grandeza física?

- 3) Qual a conclusão relacionada a variação de tensão entre o resistor e intensidade da corrente elétrica que percorre o circuito? Poderia identificar a primeira Lei de Ohm? Como descreveria a Lei?

5.3 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 3

Neste módulo o professor inicia a abordagem do conteúdo da segunda Lei de Ohm. É importante que o professor proporcione momentos de interações e questionamentos acerca do conteúdo abordado, relacionando o tema ao cotidiano do aluno.

ABORDAGEM DA 2ª LEI DE OHM

De acordo com Gaspar (2013), em seus experimentos George Simon Ohm pode observar que, dependendo do material que constitui o resistor, seu comprimento, a área e a temperatura em que esse resistor se encontra, pode-se determinar seu valor diretamente proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional a sua área da secção transversal do fio. Escreve-se, então, a segunda Lei de Ohm na expressão:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Onde a letra **R** representa o valor da resistência do resistor e sua unidade de medida é Ω .

A letra grega ρ (*rô*) é a resistividade elétrica do material que constitui o resistor e sua unidade de medida é $\Omega \cdot m$ (ohm. metro). Essa grandeza pode sofrer variação com a temperatura.

A letra **L** representa o comprimento do fio e sua unidade de medida é m (metro).

Por fim, a letra **S** representa a área da seção transversal do fio e sua unidade de medida é m^2 (metros quadrados).

ATIVIDADE PRÁTICA 2ª LEI DE OHM

Na continuidade da proposta didática, o professor inicia as simulações referente a Segunda Lei de Ohm destacando a resistividade do fio e alterações na intensidade da corrente elétrica. A proposta de atividades no simulador está organizada com um passo a passo, intercalando atividades e simulações.

Neste momento o professor constantemente abre questionamentos acerca do experimento simulado, dados e resultados obtidos.

- **Objetivo:** Analisar e discutir a influência da resistividade do fio na intensidade da corrente elétrica em um circuito.

Prática: Utilizando o simulador PhET Colorado como laboratório virtual, construiremos uma representação do experimento da 2ª Lei de Ohm.

1º passo: Clique no *link* abaixo para acessar o simulador. Aparecerá uma tela, conforme a Figura 24.

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

Figura 24- Representação da tela inicial do simulador Kit para montar circuito DC- PhET Colorado



Fonte: Kit (2020).²⁴

- **2º Passo:** Selecione os seguintes elementos do circuito, conforme figura 25:
 - 6 fios;
 - 1 resistor de faixa de cores de 10Ω;
 - 1 bateria de baixa tensão;
 - 1 amperímetro.

Figura 25- Representações dos elementos selecionados para a montagem do circuito elétrico



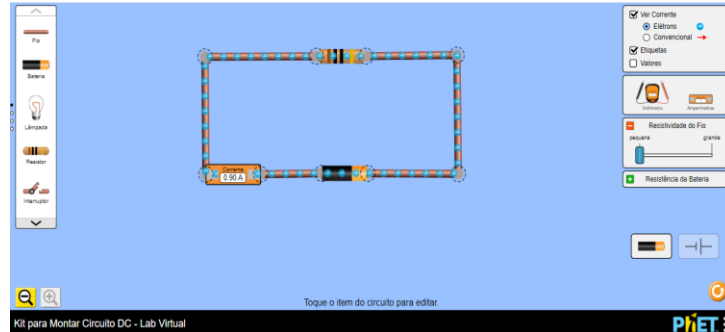
Fonte: Kit (2020).²⁵

²⁴ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

²⁵ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

- **3º Passo:** Monte o circuito conforme a Figura 26, com os elementos selecionados e disponíveis na tela do simulador.

Figura 26- Representação do circuito elétrico montado



Fonte: Kit (2020).²⁶

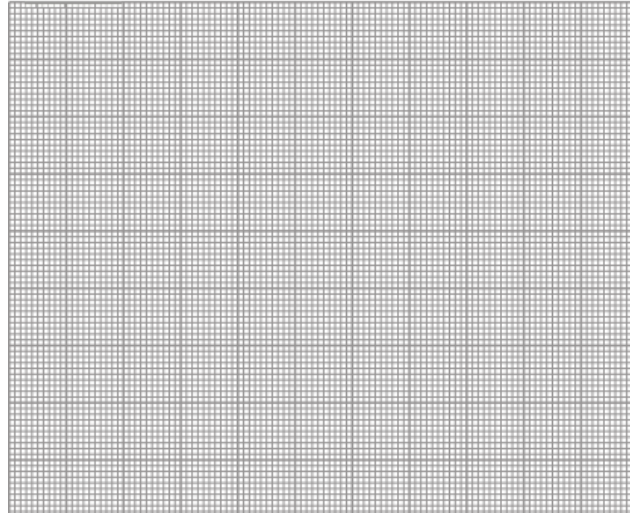
- **4º Passo:** Do lado direito da tela do simulador tem a opção de resistividade do fio condutor. Faça três variações: Pequena, média e grande. Anote a leitura do amperímetro, completando a Tabela 2 até o maior limite que o simulador permite.

Tabela 2: Intensidade da corrente elétrica em relação a resistividade do fio

Resistividade do fio ($\Omega.m$)	Intensidade da corrente elétrica (A)
Pequena	
Média	
Grande	

- **5º Passo:** Com os dados disponíveis na Tabela 2, construa um gráfico da resistividade ($\Omega.m$) do fio versus intensidade da corrente elétrica (A).

²⁶ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.



Com base nas observações feitas no 4º e 5º passos, registre suas conclusões em relação a resistividade do fio condutor, ressaltando as alterações na intensidade da corrente elétrica que percorre o circuito elétrico durante o experimento.

<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

ABORDAGEM DO CONTEÚDO ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE

Neste momento da proposta o professor inicia a abordagem do conteúdo de associação de resistores em série, apontando a necessidade de associar dois ou mais resistores e suas aplicações com o cotidiano.

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

De acordo com Gaspar (2013), os resistores são elementos utilizados em dispositivos elétricos e eletrônicos para atender inúmeras necessidades de um circuito

elétrico, seja para a dissipação de calor (efeito Joule), ou para limitar a passagem da corrente elétrica em um circuito. Em muitos casos, faz-se necessário associar dois ou mais resistores em série, paralelo ou misto, dependendo da finalidade que o circuito é destinado.

Associação de Resistores em Série

Os resistores associados em série estão submetidos a mesma intensidade da corrente elétrica. Os resistores devem ser colocados posteriormente ao outro garantindo que a corrente elétrica passe por um único caminho, ocasionando o mesmo valor de intensidade da corrente em cada resistor. Nesse modelo de associação de resistores, a diferença de potencial elétrico total (ddp) é a soma da diferença de potencial elétrico (ddp) de cada resistor.

Particularidades da Associação em série:

- A intensidade da corrente (A) é a mesma em todos os resistores, mesmo no resistor equivalente.

$$i_1 = i_2 = i_3 = i_n \dots$$

- A diferença de potencial elétrico total do circuito (V) é a soma da diferença de potencial elétrico de cada resistor.

$$U_t = U_1 + U_2 + U_3 \dots$$

- Na associação em série, a resistência equivalente é dada pela soma das resistências elétricas dos resistores disponíveis no circuito.

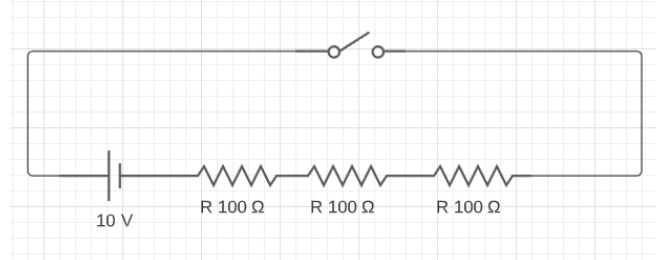
$$R_e = R \cdot n$$

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

Atividade Explicativa

O circuito da Figura 27 apresenta uma associação em série de resistores exemplificando o valor da resistência equivalente do circuito, a intensidade da corrente e a diferença de potencial elétrico em cada resistor.

Figura 27: Representação de associação de resistores em série



Fonte: Autoria própria (2021).

Primeiramente iremos obter a resistência equivalente dos resistores em série:

$$\begin{aligned} R_e &= R_1 + R_2 + R_3 \\ R_e &= 100 + 100 + 100 \\ R_e &= 300\Omega \end{aligned}$$

Sabendo que a intensidade da corrente elétrica é a mesma em todos os resistores temos:

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{U}{i} \\ 300 &= \frac{10}{i} \\ 300i &= 10 \\ i &= \frac{10}{300} \end{aligned}$$

$$i = 0,033 \text{ A}$$

$$i = 33 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$i = 33 \text{ mA}$$

Para determinar diferença de potencial elétrico, consideramos que a diferença de potencial elétrico total do circuito é a soma da diferença de potencial elétrico de todos os resistores associados em série. Portanto, devemos determinar a ddp de cada resistor.

$R_1 = \frac{U}{i}$	$R_2 = \frac{U}{i}$	$R_3 = \frac{U}{i}$
---------------------	---------------------	---------------------

$100 = \frac{U}{0,033}$	$100 = \frac{U}{0,033}$	$100 = \frac{U}{0,033}$
$U = 3,3 V$	$U = 3,3 V$	$U = 3,3 V$

$$U_t = 3,3 + 3,3 + 3,3 \cong 10V$$

5.4 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 4

ATIVIDADE PRÁTICA ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE DE RESISTORES

Iniciando a simulação de associação de resistores em série, é importante que o professor levante questões e discussões acerca dos dados obtidos, a fim de proporcionar reflexões e relações com as características que define a associação de resistores em série.

Objetivos:

- Identificar uma associação em série e construir um modelo no simulador Phet-Colorado;
- Compreender as características da associação de resistores em série por meio de valores, para resistência equivalente, corrente elétrica e diferença de potencial elétrico.

Prática: Utilizando o simulador PhET Colorado como laboratório virtual, construiremos uma representação da associação de resistores em série.

- **1º Passo:** Clique no *link* abaixo para acessar o simulador. Aparecerá uma tela conforme a figura 28.

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

Figura 28- Representação da tela inicial do simulador Kit para montar circuito DC- PhET Colorado

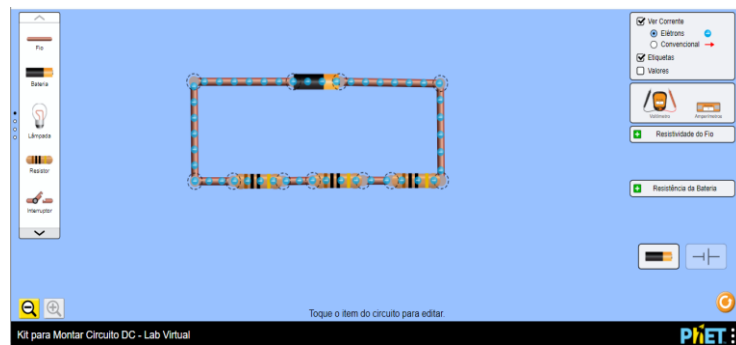


Fonte: Kit (2020).²⁷

- **2º Passo:** Selecione os seguintes elementos do circuito, conforme figura 29:
 - 7 fios;
 - 3 resistores de 10Ω;
 - 1 bateria de baixa tensão.
- **3º Passo:** Monte uma associação com 3 resistores em série e uma bateria formando um circuito, conforme a figura 29:

²⁷ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

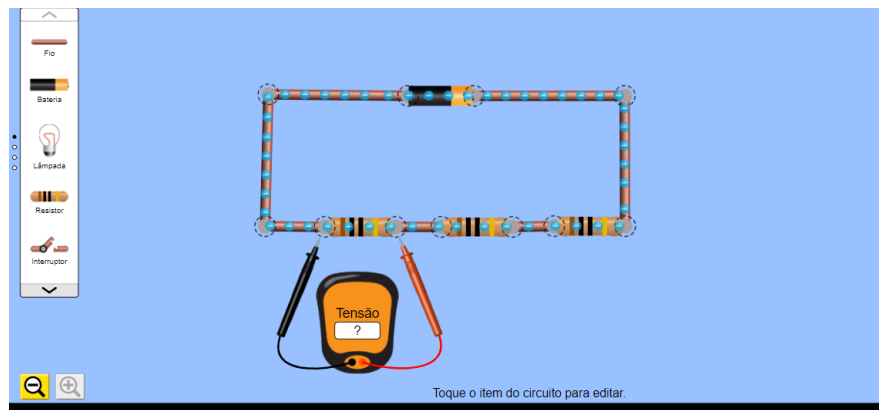
Figura 29- Representação de resistores em série



Fonte: Kit (2020).²⁸

- **4º Passo:** Selecione do lado direito da tela o voltímetro, associando-o em paralelo aos elementos do circuito, conforme figura 30:

Figura 30- Representação do voltímetro associado em paralelo aos elementos do circuito



Fonte: Kit (2020).²⁹

Realize a leitura da tensão em cada resistor e na bateria. Em seguida, faça a leitura da tensão entre os três resistores posicionado as ponteiros de uma extremidade a outra. Registre os resultados na Tabela 3:

²⁸ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

²⁹ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

Tabela 3: Tensão Medida

Tensão Medida
$U_{\text{resistor 1}} =$
$U_{\text{resistor 2}} =$
$U_{\text{resistor 3}} =$
$U_{\text{todos os resistores}} =$
$U_{\text{bateria}} =$

Analisando dados obtidos:

Qual a relação entre as tensões entre os resistores e a tensão fornecida pela bateria?
 Escreva a qual conclusão chegou sobre a tensão em uma associação de resistores em série.

- **5º Passo:** Selecionando a opção valores, localizada do lado direito do simulador, realize a alteração no valor das resistências para:

Resistor 1 = 5Ω

Resistor 2 = 15Ω

Resistor 3 = 20Ω

- **6º Passo:** Determine resistência equivalente da associação:

--

- **7º Passo:** Utilizando o voltímetro, encontre a tensão em cada resistor e determine a intensidade da corrente aplicando a expressão:

$$R_1 = \frac{U}{i}$$

$$R_2 = \frac{U}{i}$$

$$R_3 = \frac{U}{i}$$

Conclusão:

Descreva, com base nos resultados obtidos e simulados, quais características identificam uma associação em série:

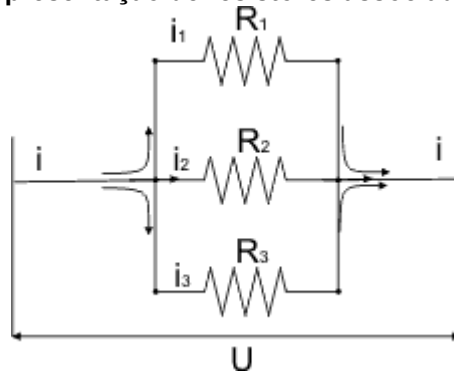
**ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM
PARALELO**

Neste momento da proposta o professor inicia a abordagem do conteúdo de associação de resistores em paralelo, apontando a necessidade de associar dois ou mais resistores e suas aplicações com o cotidiano.

Associação em paralelo

Segundo Batista, Schiavon e Batista (2018), consideramos uma associação de resistores em paralelo quando temos dois ou mais resistores ligados lado a lado, conectados a dois pontos comuns, conforme figura 31:

Figura 31- Representação de resistores associados em paralelo



Fonte: SÓ FÍSICA (2020).³⁰

Particularidades da associação em paralelo

- Todos os resistores estão submetidos a mesma tensão fornecida pela fonte de energia.

$$U_1 = U_2 = U_3 = U_{\text{fonte de energia}}$$

- A intensidade da corrente total é a soma da intensidade de cada resistor, que é proporcional aos valores de suas resistências.

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_{\text{total}}$$

- A resistência equivalente é determinada considerando que seja igual à soma dos inversos das resistências associadas. Temos:
 - ✓ Para dois resistores associados em paralelo:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

³⁰ SÓ FÍSICA. Disponível em: <https://www.sofisica.com.br/>. Acesso em jun. de 2020.

- ✓ Para três ou mais resistores associados em paralelo:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$$

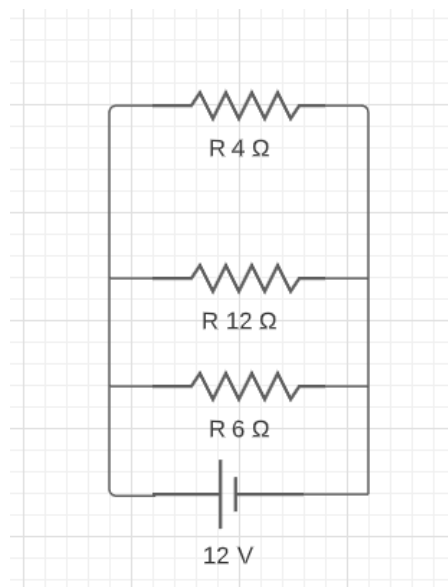
- ✓ Para n resistores de mesma resistência associados em paralelo, a resistência equivalente é dada:

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

Atividade Explicativa

Três resistores de 4Ω , 12Ω e 6Ω estão associados em paralelo e submetidos a uma tensão de 12 V . O modelo exemplifica como obter a resistência equivalente e intensidade da corrente que percorre o circuito na Figura 32.

Figura 32- Associação de resistores em paralelo



Fonte: Adaptado do site Mundo da Elétrica (2020).³¹

³¹ MUNDO DA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br>. Acesso em jun. de 2020.

Primeiramente determinamos a resistência equivalente dos três resistores associados em paralelo.

$$\begin{aligned}\frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\ \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{4} + \frac{1}{12} + \frac{1}{6} \\ \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\ \frac{1}{R_{eq}} &= \frac{6}{12} \\ R_{eq} &= 2\Omega\end{aligned}$$

Intensidade da corrente em cada resistor.

$$\begin{array}{lll}R_1 = \frac{U}{i} & R_2 = \frac{U}{i} & R_3 = \frac{U}{i} \\ 4 = \frac{12}{i} & 12 = \frac{12}{i} & 6 = \frac{12}{i} \\ i = 3A & i = 1A & i = 2A\end{array}$$

Intensidade total da corrente.

Como a intensidade da corrente na associação de resistores em série é a soma da intensidade de todos os resistores, temos:

$$\begin{aligned}i_1 + i_2 + i_3 &= i_{total} \\ 3 + 1 + 2 &= 6A\end{aligned}$$

ATIVIDADE PRÁTICA DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO

Iniciando a simulação de associação de resistores em paralelo, é importante que o professor levante questões e discussões acerca dos dados obtidos, a fim de proporcionar reflexões e relações com as características que definem a associação de resistores em paralelo.

Objetivos:

- ✓ Identificar uma associação em paralelo e construir um modelo no simulador PhET Colorado;
- ✓ Compreender as características da associação de resistores em paralelo por meio de valores, para resistência equivalente, corrente elétrica e diferença de potencial elétrico.

Prática: Utilizando o simulador PhET Colorado como laboratório virtual, construiremos uma representação da associação de resistores em paralelo.

- **1º Passo:** Clique no *link* abaixo para acessar o simulador. Aparecerá uma tela conforme a figura 33:

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

Figura 33- Representação da tela inicial do simulador Kit para montar circuito DC- PhET Colorado



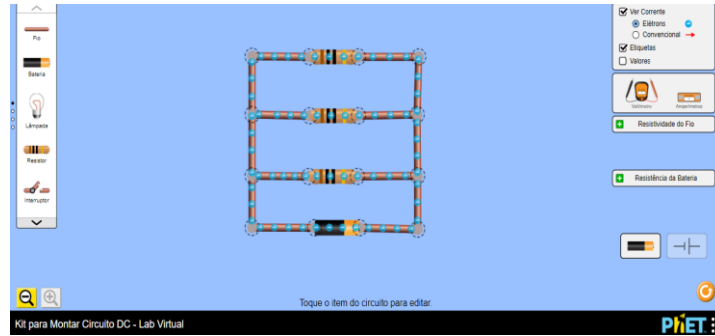
Fonte: Kit (2020).³²

- **2º Passo:** Selecione os seguintes materiais disponíveis no simulador:
 - 14 fios;

³² KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

- 3 resistores de faixa de cores 10Ω;
 - 1 bateria de baixa tensão.
- **3º Passo:** Monte uma associação de resistores em paralelo, conforme a figura 34.

Figura 34- Representação da associação de resistores em paralelo



Fonte: Kit (2020).³³

- **4º Passo:** Selecione o voltímetro localizado do lado direito da tela do simulador e realize a leitura para os valores de tensão dos elementos do circuito, completando a Tabela 4, referente à tensão de medida.

Atenção: O voltímetro deve ser associado em paralelo ao componente.

Tabela 4: Tensão medida

Tensão
$U_{\text{bateria}} =$
$U_{\text{resistor 1}} =$
$U_{\text{resistor 2}} =$
$U_{\text{resistor 3}} =$

³³ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

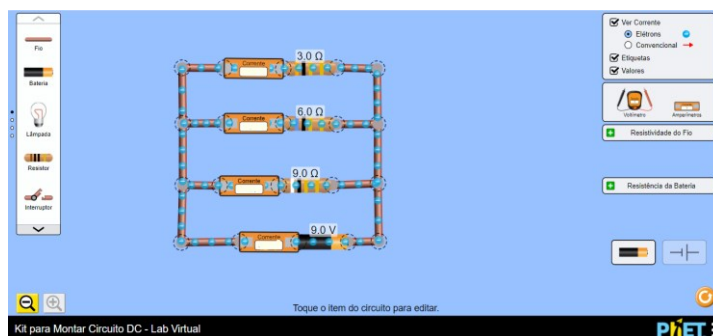
Analise os valores medidos dos elementos do circuito e identifique uma das propriedades da associação de resistores em paralelo para a tensão. Descreva.

- **5º Passo:** Selecione a opção “valores” localizada do lado direito da tela do simulador e altere os valores para as resistências em $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 6\Omega$ e $R_3 = 9\Omega$.

Em seguida, associe em série o amperímetro, ao lado da bateria para obter o valor da intensidade da corrente total do circuito.

Faça o mesmo para determinar a intensidade da corrente em cada resistor, como mostra a figura 35.

Figura 35- Representação da associação do amperímetro em série



Fonte: Kit (2020).³⁴

³⁴ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

Com os valores medidos, complete a Tabela 5:

Tabela 5: Intensidade da corrente elétrica

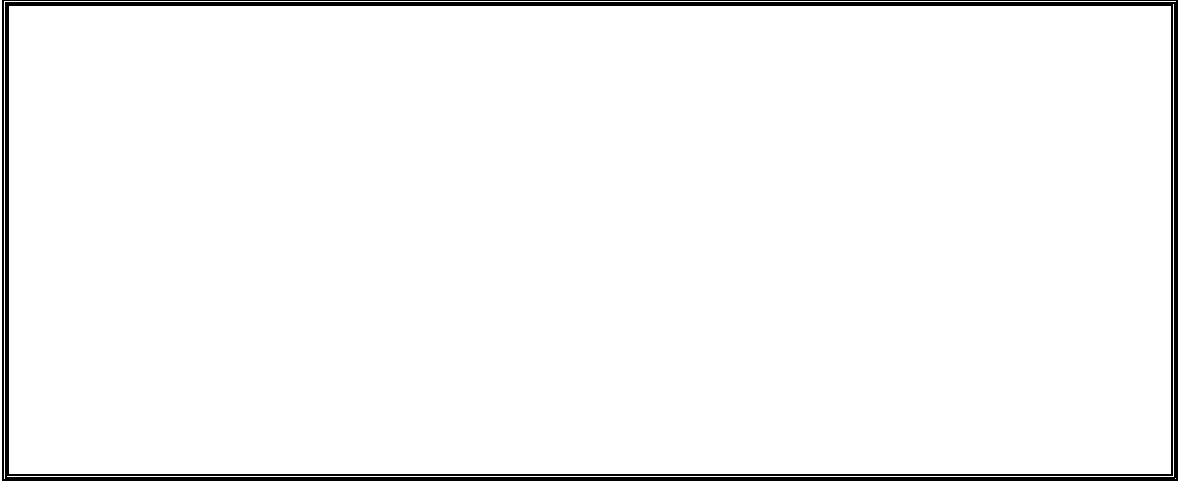
Intensidade da corrente (A)
$i_{total} =$
$i_{resistor\ 1} =$
$i_{resistor\ 2} =$
$i_{resistor\ 3} =$

- **6º Passo:** Calcule a intensidade da corrente elétrica em cada resistor e compare com os dados medidos pelo amperímetro. Registre seus cálculos e sua conclusão sobre o comportamento da corrente elétrica na associação de resistores em paralelo.

Registre seus cálculos

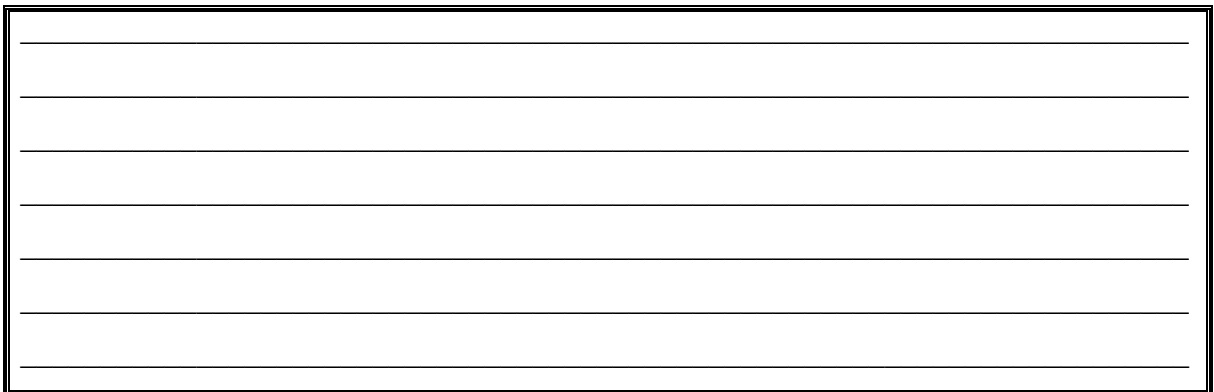
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

- **7º Passo:** Considerando as propriedades que regem a associação de resistores, encontre a resistência equivalente dos resistores R_1 , R_2 , R_3 e a intensidade total da corrente do circuito elétrico experimental.



Conclusão:

Descreva, com base nos resultados obtidos e simulados, quais características identificam uma associação em paralelo.



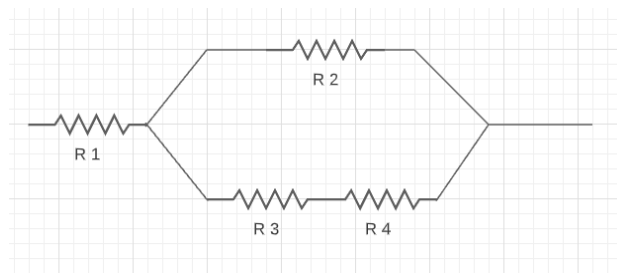
ABORDAGEM DO CONTEÚDO DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES MISTO

Neste momento da proposta o professor inicia a abordagem do conteúdo de associação de resistores mistos, apontando a necessidade de associar dois ou mais resistores em série e paralelo no mesmo circuito e suas aplicações com o cotidiano.

Associação Mista de Resistores

Segundo Batista e Fusinato (2014), associação mista é aquela na qual, ao mesmo tempo, encontramos resistores associados em paralelo e série. A determinação da resistência equivalente de cada uma deve seguir as características da associação envolvida. A Figura 36 representa uma associação mista de resistores.

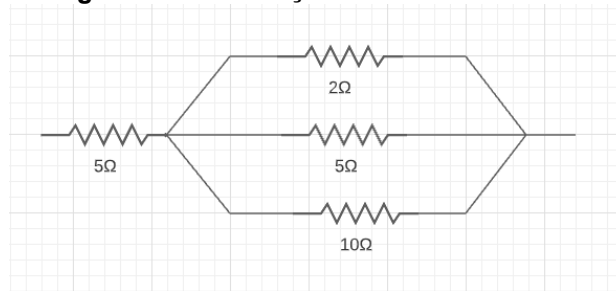
Figura 36- Resistor Misto



Fonte: Autoria própria (2021).

Atividade Explicativa

Na associação da Figura 37, encontramos quatro resistores R_1 , R_2 , R_3 e R_4 de valores respectivamente 5Ω , 2Ω , 5Ω e 10Ω , associados em paralelo e série, formando uma associação de resistores misto, submetido a uma diferença de potencial de 18V, exemplificando o valor da resistência equivalente e intensidade da corrente total do circuito.

Figura 37- Associação mista de resistores

Fonte: Adaptado de Bonjorno et al. (2016, p.100).

Primeiramente determinamos a resistência equivalente dos três resistores associados em paralelo.

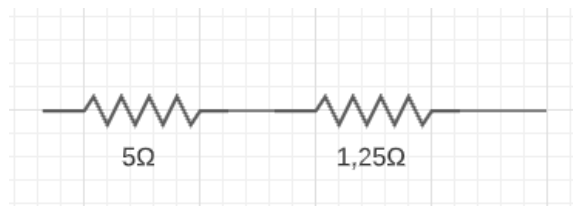
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{8}{10}$$

$$R_{eq} = 1,25 \Omega$$

Redesenhando o circuito, temos uma associação em série, conforme figura 38:

Figura 38- Associação em série

Fonte: Autoria própria (2021).

$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

$$R_{eq} = 5 + 1,25$$

$$R_{eq} = 6,25 \Omega$$

Para intensidade da corrente elétrica total do circuito temos:

$$R = \frac{U}{i}$$

$$6,25 = \frac{18}{i}$$

$$i = 2,88A$$

ATIVIDADE PRÁTICA DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES MISTO

Iniciando a simulação de associação de resistores misto, é importante que o professor levante questões e discussões acerca dos dados obtidos, a fim de proporcionar reflexões e destacando que as características das associações em série e paralelo devem ser mantidas.

Objetivos:

- ✓ Identificar uma associação mista de resistores e construir um modelo no simulador PhET- Colorado;
- ✓ Compreender que as características da associação de resistores em paralelo e série são mantidas e devem ser aplicadas nas associações mistas, para determinar a resistência equivalente do circuito.

Prática: Utilizando o simulador PhET Colorado como laboratório virtual, construiremos uma representação da associação de resistores mistos.

- **1º Passo:** Clique no *link* abaixo para acessar o simulador. Aparecerá uma tela conforme a figura 39:

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

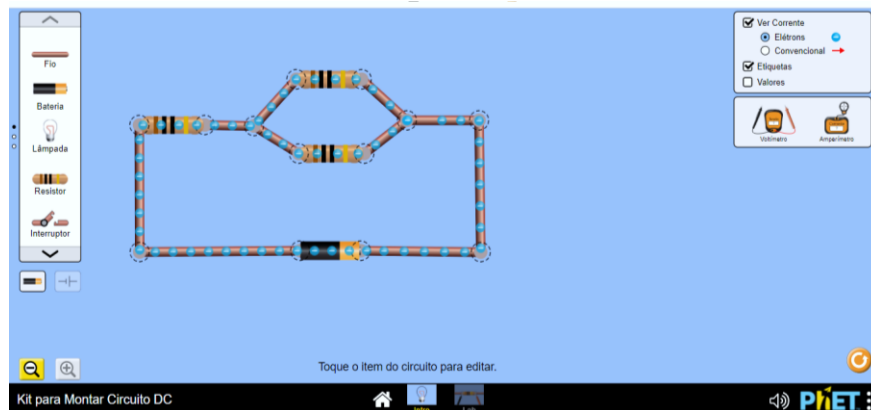
Figura 39- Representação da tela inicial do simulador Kit para montar circuito DC- PhET Colorado



Fonte: Kit (2020).³⁵

- **2º Passo:** Selecione os seguintes materiais disponíveis no simulador:
 - 10 fios.
 - 3 resistores de 10Ω.
 - 1 bateria de baixa tensão.
- **3º Passo:** Monte uma associação de resistores mistos conforme a figura 40.

Figura 40- Representação da associação mista de resistores



Fonte: Kit (2020).³⁶

³⁵ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

³⁶ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

- **4º Passo:** Selecione a opção valores localizado do lado direito da tela do simulador e altere os valores das resistências em paralelo para 3Ω e 6Ω , mantenha o valor de 10Ω para a primeira resistência.
- **5º Passo:** Encontre o valor da resistência equivalente da associação mista, registrando seus calculos no quadro abaixo.

--

Atenção: As características das associações em paralelo e série devem ser mantidas.

- **6º Passo:** Determine a intensidade total do circuito elétrico, registrando seu cálculo no quadro abaixo.

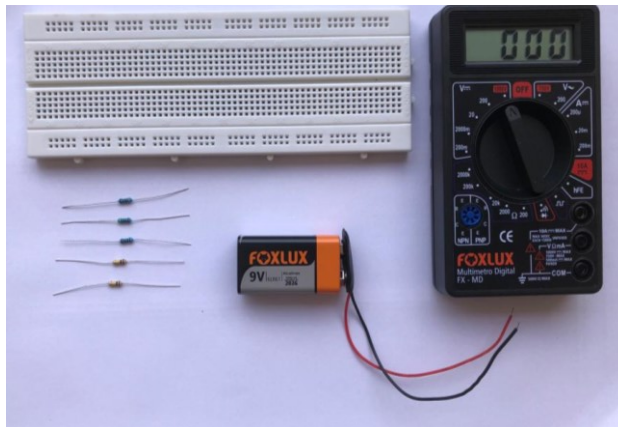
--

5.5 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 5

ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE, PARALELO E MISTO

Nesta etapa da proposta didática é importante que o professor proporcione momentos de reflexões e investigações, solicitando que os alunos realizem comparações dos dados simulados no simulador PhET – Colorado Circuito-DC com dados apresentados no experimento prático, abrindo uma discussão sobre a alteração de valores obtidos.

Figura 41- Materiais necessários para montar o experimento



Fonte: Autoria própria (2021).

Objetivos:

- ✓ Identificar a diferença entre dados coletados no experimento simulado no simulador PhET- Colorado Circuito-DC, com o experimento utilizando materiais concretos.

Materiais:

- ✓ 1 placa de protoboarb;
- ✓ Vários resistores de faixa de cores diferentes;
- ✓ 1 fonte de 9V;
- ✓ 1 Multímetro.

Procedimento: Montar as associações de resistores em série, paralelo e misto seguindo o mesmo roteiro de atividades utilizado no simulador PhET- Colorado Circuito - DC para cada associação. Discutir os dados obtidos no experimento e compará-los os dados já simulados registrados nas simulações anteriores.

Com base nos experimentos simulados e o experimento com materiais concretos, descreva quais conclusões obteve, comparando os dados obtidos nas duas situações.

5.6 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 6

RETOMADA DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Neste momento a proposta é retomar a situação-problema abordada no módulo 1, com o intuito de proporcionar aos alunos uma reflexão de como resolver o problema anteriormente proposto, porém agora com uma abordagem conceitual acerca do conteúdo trabalhado até este momento na proposta didática.

Situação-Problema

Com base nos conteúdos abordados e experimentos simulados por você, construa um mapa mental destacando os principais conceitos.

5.7 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 7

Iniciando o módulo 7, utilizaremos novamente um questionário de conhecimentos prévios, com objetivo de diagnosticar os subsunçores existentes referentes as Leis de Kirchhoff.

A proposta é a construção de um mapa mental individual com base nas respostas obtidos no questionário aplicado.

Questionário inicial

Figura 43- Instalações incorretas



Fonte: Autoria própria (2021).

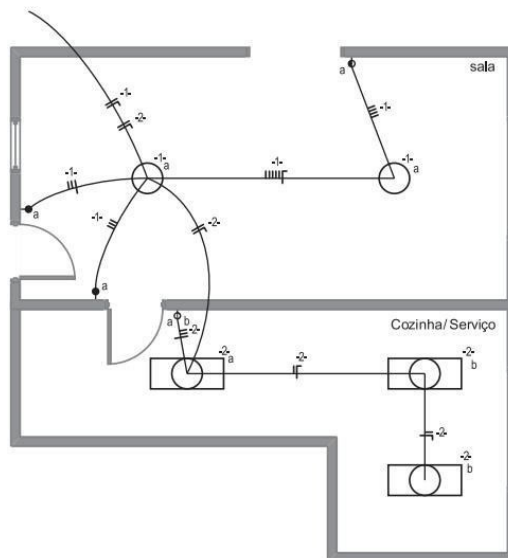
- 1) Você conhece ou já observou algumas instalações semelhante à figura 43?
Onde?

2) Existe algum problema ou risco nesse tipo de instalação?

3) Nessa imagem as instalações foram feitas de forma correta? Explique.

4) A Figura 44 é um projeto elétrico residencial. Identifique a rede principal de energia e para onde ela faz a distribuição. Ilustre todos os sentidos da corrente no próprio projeto.

Figura 44- Projeto elétrico residencial



Fonte: Qconursos (2021).³⁷

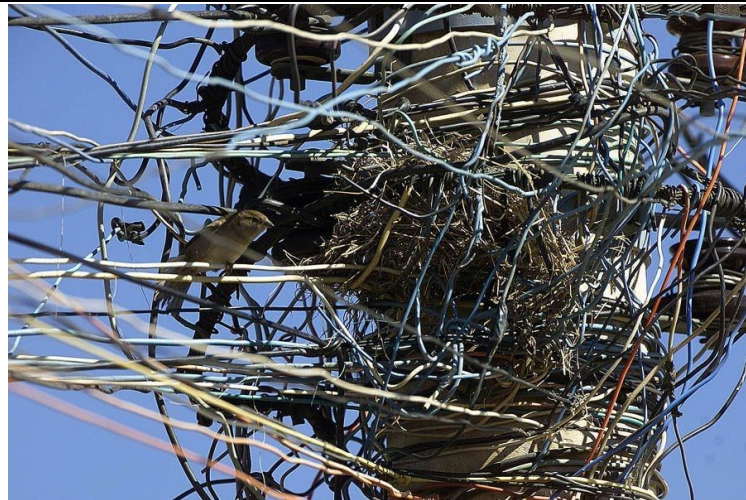
³⁷ QCONCURSOS. **Questões de concurso.** Disponível em: <https://www.qconursos.com/questoes-de-concursos/questoes/82b4ebab-85>. Acesso em jun. de 2021.

Com base nas respostas obtidas por você, construa um mapa mental destacando as principais ideias.

A situação-problema possui caráter de organizador comparativo, que indica que o material é relativamente familiar ao aluno, auxiliando o educando a ancorar novos conhecimentos. A atividade proposta traz uma situação-problema envolvendo instalações irregulares e como as Leis de Kirchhoff poderiam auxiliar em uma instalação correta.

Situação-Problema

Figura 45- Instalações irregulares



Fonte: Autoria própria (2021).

Ao observar a imagem, percebemos que a instalação não está adequada, podendo causar acidentes. Como você acredita que poderia ser feita a instalação desse emaranhado de fios de forma correta?

ABORDAGEM DO CONTEÚDO DAS LEIS DE KIRCHHOFF

Neste momento da proposta o professor inicia a abordagem do conteúdo de Leis de Kirchhoff, destacando a aplicabilidade das Leis no cotidiano.

LEIS DE KIRCHHOFF

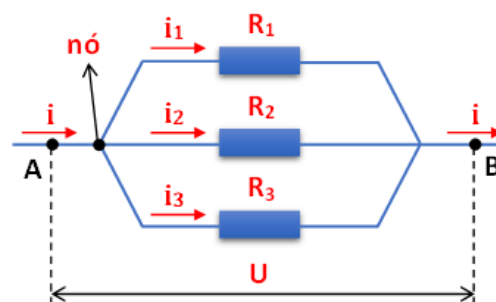
Segundo Batista, Schiavon e Batista (2018), “As leis de Kirchhoff, auxiliam a resolução e análise de circuitos elétricos e são aplicados em circuitos de corrente contínua e alternada”. Esse conjunto é composto por duas Leis: a Lei dos nós e a Lei das malhas.

1ª Lei: Lei dos nós em um circuito elétrico

Consiste em um nó, o ponto de ligação entre três ou mais componentes de um circuito elétrico, onde a corrente elétrica sofre divisão ou soma do seu valor. A soma da intensidade da corrente elétrica que chega em um nó deve ser a mesma quando sai de um nó. Portanto temos na Figura 46:

$$\sum i \text{ chegam} = \sum i \text{ saem}$$

Figura 46- Representa a corrente elétrica que saem e entram por um nó



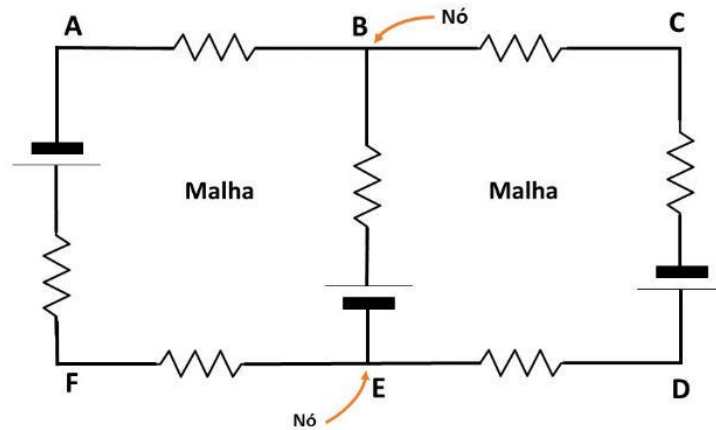
Fonte: Fis matica (2020).³⁸

³⁸ FIS MATICA. Disponível em: <http://fismatica.com.br/>. Acesso em jun. de 2020.

2ª Lei: Lei das malhas em um circuito elétrico

A segunda Lei de Kirchhoff consiste que a soma das diferenças de potenciais elétricos nas malhas, onde o caminho percorrido pela corrente elétrica é fechado, é nula, ou seja, igual a zero, como na Figura 47.

Figura 47- Representa as malhas em um circuito elétrico



Fonte: Gouveia (2020).³⁹

Definições básicas:

Nó: é o ponto de conexão entre três ou mais condutores de um circuito elétrico.

Ramo: é todo trecho do circuito localizado entre dois nós consecutivos.

Malha: é qualquer conjunto de ramos que forma um circuito fechado para a passagem da corrente elétrica.

Atividade Explicativa

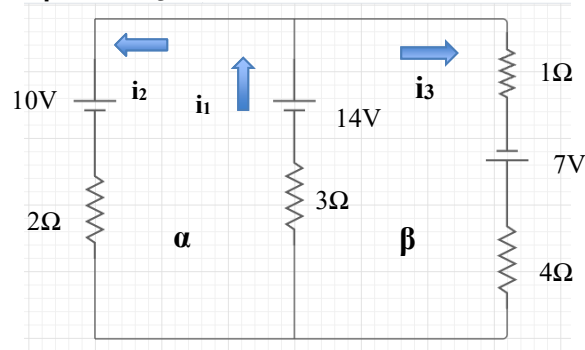
No circuito representado na Figura, determine as intensidades para as correntes i_1 , i_2 e i_3 por meio das Leis de Kirchhoff.

³⁹ GOUVEIA, R. **Leis de Kirchhoff**. Toda Matéria. Física. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/leis-de-kirchhoff/>. Acesso em jun. de 2020.

A corrente elétrica é uma grandeza escalar, portanto não apresenta direção e sentido, permitindo atribuir de forma arbitrária seu sentido, para a resolução da atividade proposta.

Neste caso atribuiremos sentido horário (Figura 48):

Figura 48- Representação de um circuito elétrico com duas malhas



Fonte: Adaptado de Bonjorno et al. (2016, p. 128).

Malha α

$$14 - 3i_1 - 2i_2 - 10 = 0$$

$$-3i_1 - 2i_2 + 4 = 0$$

Malha β

$$1i_3 - 7 + 4i_3 + 3i_1 - 14 = 0$$

$$5i_3 + 3i_1 - 21 = 0$$

Lei dos Nós temos:

$$i_1 = i_2 + i_3$$

$$i_3 = 3A$$

$$i_2 = 1A$$

$$i_1 = 2A$$

5.8 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 8

Iniciando a simulação da Lei dos nós, é importante que o professor levante questões e discussões acerca dos dados obtidos, a fim de que o aluno perceba que a corrente elétrica que chega em um nó e a mesma que sai do nó.

ATIVIDADE PRÁTICA LEI DOS NÓS

Objetivos:

- Compreender, através da simulação, a Lei dos nós de Kirchhoff em um circuito elétrico;
- Identificar as correntes elétricas que chegam e saem de um nó no circuito elétrico.

Prática: Utilizando o simulador PhET Colorado como laboratório virtual, construiremos da aplicação da Lei de Kirchhoff.

- **1º Passo:** clique no *link* abaixo para acessar o simulador. Aparecerá uma tela conforme a figura 49:

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

Figura 49- Representação da tela inicial do simulador Kit para montar circuito DC- PhET Colorado



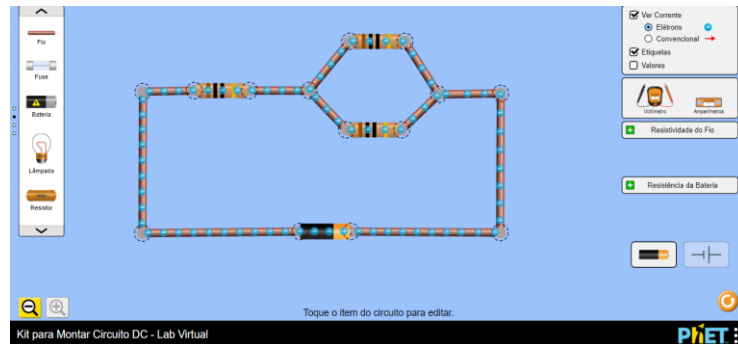
Fonte: Kit (2020).⁴⁰

- **2º Passo:** Selecione os seguintes materiais disponíveis no simulador:
 - 11 fios;
 - 3 resistores de faixa de cores 10Ω;
 - 1 bateria de baixa tensão.

3º Passo: Monte um circuito elétrico, conforme a Figura 50:

⁴⁰ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

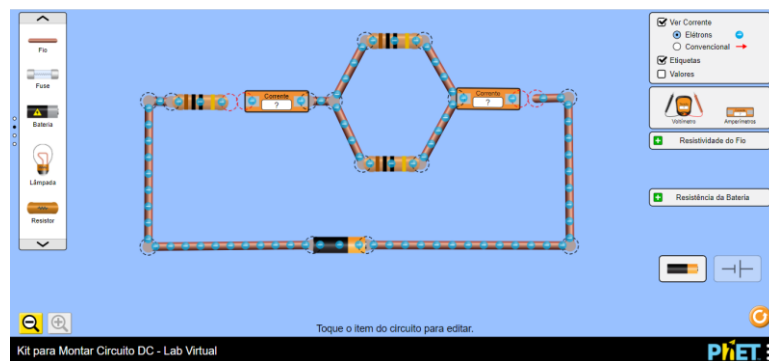
Figura 50- Representação de um circuito elétrico



Fonte: Kit (2020).⁴¹

- **4º Passo:** Identifique os nós no circuito e instale o amperímetro em série posicionando o aparelho antes do nó, onde a corrente elétrica chega e após o nó, onde a corrente elétrica sai (Figura 51).

Figura 51-Representando a instalação do amperímetro antes e após o nó



Fonte: Kit (2020).⁴²

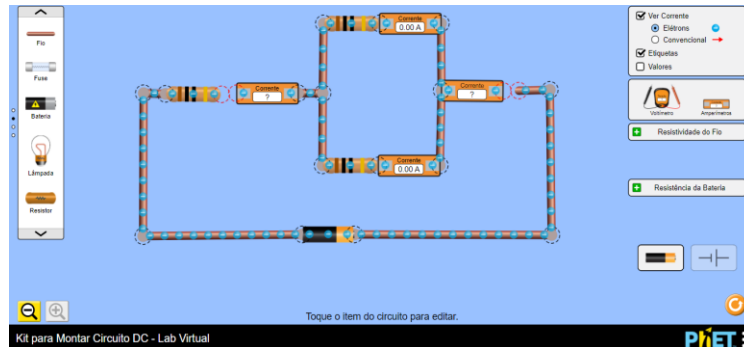
- **5º Passo:** Com base na figura 51, registre o valor da intensidade da corrente elétrica que chega ao nó e o valor da intensidade da corrente elétrica que sai do nó, na Tabela 6:

⁴¹ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

⁴² KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

- **6º Passo:** Instale dois amperímetros em série ao lado dos dois resistores, conforme figura 52, e registre o valor encontrado na Tabela 6.

Figura 52- Representa a instalação de amperímetros no circuito



Fonte: Kit (2020).⁴³

Tabela 6: Intensidade

Intensidade (A)
$i_{chega} =$
$i_{sai} =$
$i_{resistor\ 1} =$
$i_{resistor\ 2} =$

- **7º Passo:** Analisando os valores para a intensidade da corrente elétrica na Tabela 6 acima, descreva os pontos em que a Lei dos nós, fica evidente para as intensidades de correntes elétricas que chegam e saem do circuito simulado.

Conclusão:

⁴³ KIT Para Montar Circuito DC. **PHET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

ATIVIDADE PRÁTICA LEI DE KIRCHHOFF

Neste momento inicia-se a simulação de um circuito de duas malhas. É importante que o professor faça questionamentos sobre a intensidade da corrente elétrica e apontamentos para o aluno identificar os nós nas duas malhas.

Objetivos:

- Compreender e aplicar a Lei de Kirchhoff, para determinar a intensidade da corrente elétrica em um circuito no simulador;
- Relacionar valores obtidos com as Leis de Kirchhoff.

Prática: Utilizando o simulador Phet Colorado como laboratório virtual, construiremos um circuito elétrico com duas malhas e três fontes de energia aplicando as Leis de Kirchhoff.

- **1º Passo:** clique no *link* abaixo para acessar o simulador, aparecerá uma tela conforme a figura 53:

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

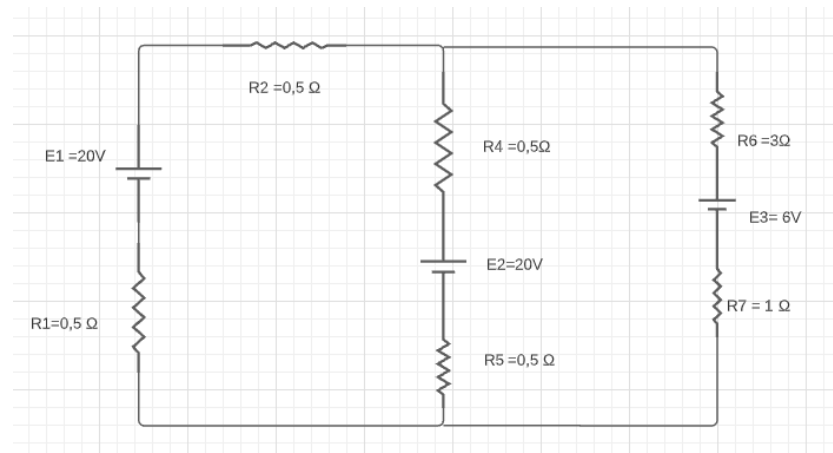
Figura 53-Representação da tela inicial do simulador Kit para montar circuito DC- PhET Colorado



Fonte: Kit (2020).⁴⁴

- 2º Passo: Selecione os seguintes materiais disponíveis no simulador:
 - 10 fios;
 - 7 resistores de faixa de cores;
 - 3 baterias de baixa tensão.
- 3º Passo: Construa o circuito de duas malhas representado na Figura 54 utilizando os materiais disponíveis no simulador PhET Colorado, figura 55.

Figura 54- Representação de um circuito com duas malhas

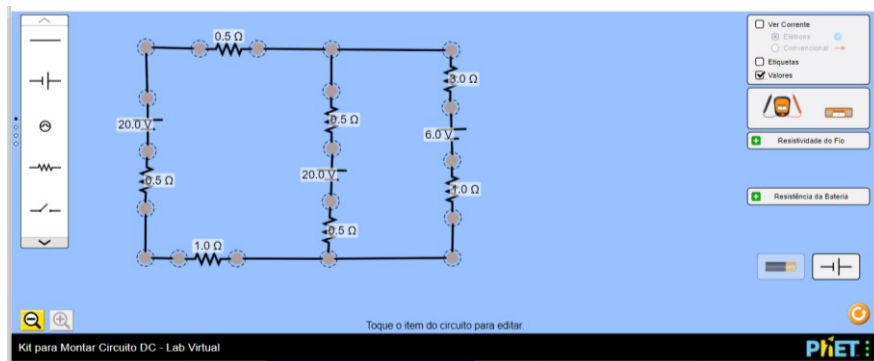


Fonte: Adaptado do site Fisicaexe (2021).⁴⁵

⁴⁴ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

⁴⁵ FISICAEXE. Exercício Resolvido de Leis de Kirchhoff. Disponível em: http://www.fisicaexe.com.br/fisica1/eletromagnetismo/kirchhoff/kirchhoff1_nm/kirchhoff1_nm.html. Acesso em jan. de 2021.

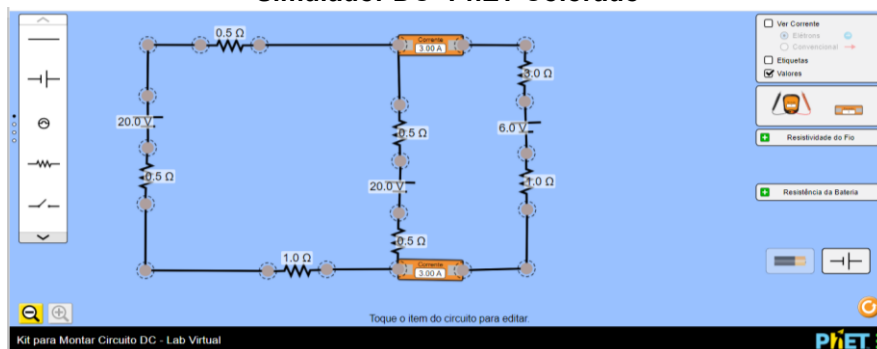
Figura 55- Representação do circuito elétrico com duas malhas. Simulador DC- PhET Colorado



Fonte: Kit (2020).⁴⁶

4º Passo: Identifique os nós no circuito e instale o amperímetro para obter valor da corrente que entra no nó e a corrente que sai do nó, a partir da figura 56:

Figura 56- Representação do circuito elétrico de duas malhas com amperímetro instalado. Simulador DC- PhET Colorado



Fonte: Kit (2020).⁴⁷

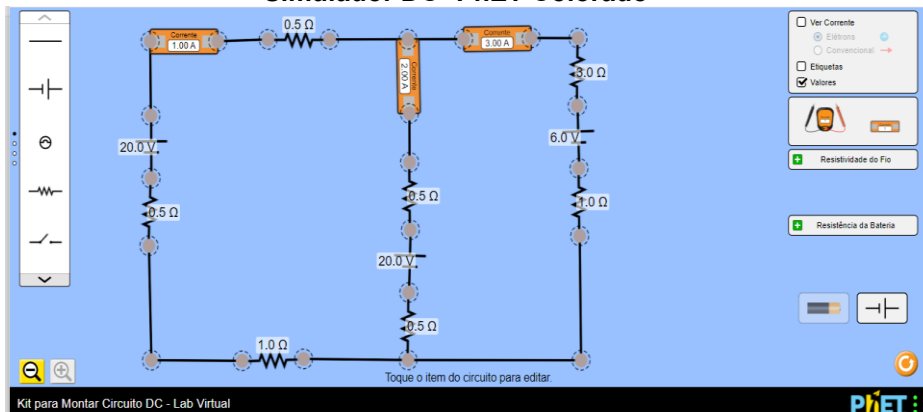
⁴⁶ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

⁴⁷ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

5º Passo: Faça anotações sobre a Lei dos Nós e valores obtidos no quadro abaixo, para análise posterior.

6º Passo: Instale dois amperímetros após os nós e faça anotações na Tabela dos valores obtidos e a relação com da Lei dos Nós $i_1 = i_2 + i_3$ (Figura 57):

Figura 57- Representação do circuito elétrico de duas malhas com amperímetro instalado. Simulador DC- PhET Colorado



Fonte: Kit (2020).⁴⁸

⁴⁸ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

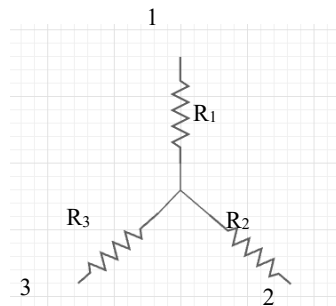
5.9 ATIVIDADES REFERENTES AO MÓDULO 9

Neste módulo a abordagem é o conteúdo de configuração Estrela-Triângulo para circuitos mais complexos. É necessário que durante a abordagem do conteúdo o professor retome alguns conceitos básicos de eletrodinâmica trabalhados na proposta didática.

CONFIGURAÇÕES ESTRELA - TRIÂNGULO

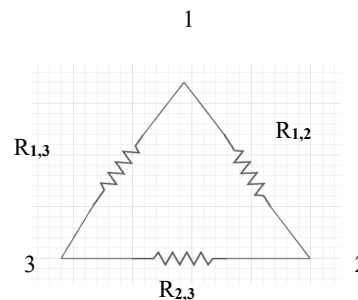
Segundo Markus (2001), em um circuito é comum os resistores estarem ligados conforme configurações estrela ou triângulo, o que se demonstra nas figuras 58 e 59, respectivamente.

Figura 58- Representação configuração Estrela Triângulo



Fonte: Adaptado de Markus (2001.p.48).

Figura 59- Representação configuração Triângulo

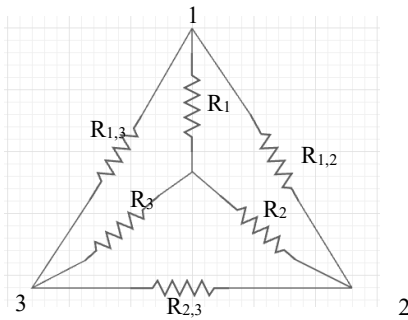


Fonte: Adaptado de Markus (2001.p.48).

Estas configurações não se caracterizam nem como série, nem como paralelo, dificultando o cálculo da resistência equivalente do circuito e, portanto, a sua análise.

Para resolver esse problema, é possível converter uma configuração na outra, fazendo com que os resistores mudem de posição sem, no entanto, mudarem as características elétricas do circuito, conforme figuras 60 e 61, adaptadas de Markus (2001, pg 48).

Figura 60- Conversão Estrela- Triângulo



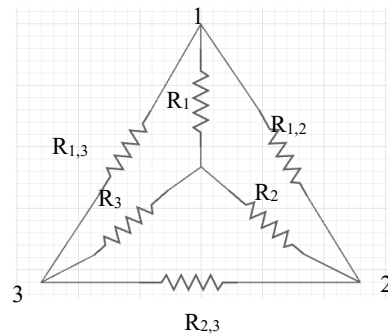
Fonte: Adaptada de Markus (2001.p.48).

$$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_3}$$

$$R_{1,3} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_2}$$

$$R_{2,3} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

Figura 61- Conversão Triângulo -Estrela



Fonte : Adaptada de Markus (2001.p.48).

$$R_1 = \frac{R_{1,2} \cdot R_{1,3}}{R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}}$$

$$R_2 = \frac{R_{1,2} \cdot R_{2,3}}{R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}}$$

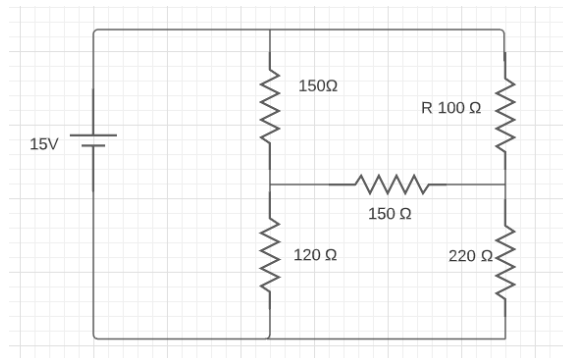
$$R_3 = \frac{R_{1,3} \cdot R_{2,3}}{R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}}$$

A Figura 60 representa a conversão de Estrela para Triângulo, para determinar os valores de $R_{1,2}$, $R_{1,3}$ e $R_{2,3}$ devemos calcular a partir das equações disposta abaixo da figura. Na conversão de Triângulo para Estrela, para determinar os valores de R_1 , R_2 e R_3 devemos utilizar as equações dispostas abaixo da Figura 61.

Atividade Explicativa

No circuito da figura 62, determine a resistência equivalente e a corrente fornecida pela fonte de alimentação.

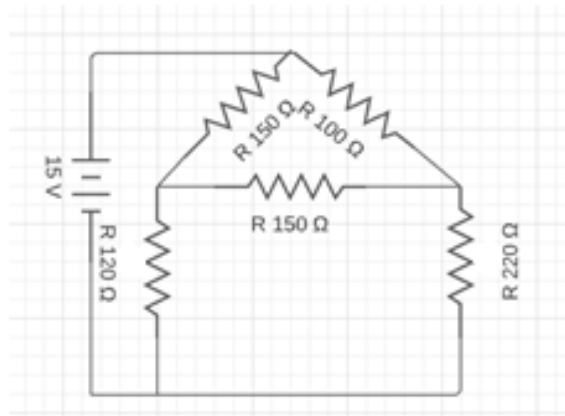
Figura 62- Associação de resistores



Fonte: Adaptado de Markus (2001, p.52).

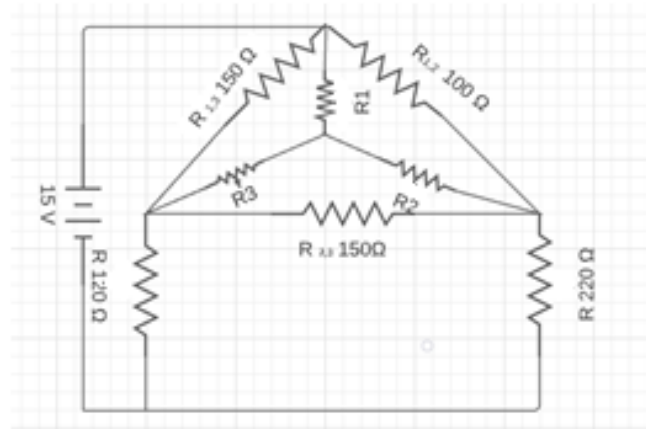
Para determinar a resistência equivalente iremos utilizar a conversão Triângulo- Estrela, redesenhando o circuito, respectivamente, conforme a figura 63 e 64:

Figura 63- Representação do redesenho da associação de resistores



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 64- Representação do redesenho da associação de resistores, conversão Triângulo Estrela



Fonte: Autoria própria (2021).

Seguindo a conversão Triângulo – Estrela, temos na figura 65:

$$R_1 = \frac{R_{1,2} \cdot R_{1,3}}{R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}}$$

$$R_1 = \frac{100 \cdot 150}{100 + 150 + 150}$$

$$R_1 = \frac{15000}{400}$$

$$R_1 = 37,5\Omega$$

$$R_2 = \frac{R_{1,2} \cdot R_{2,3}}{R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}}$$

$$R_2 = \frac{15000}{400}$$

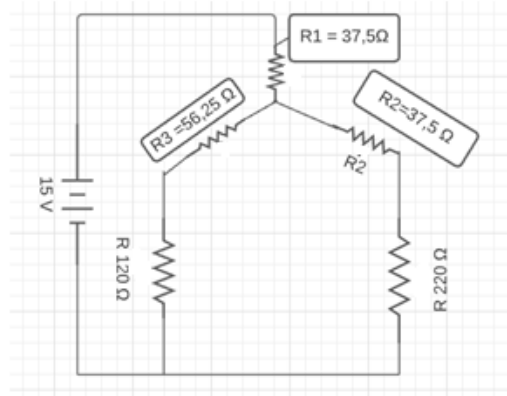
$$R_2 = 37,5\Omega$$

$$R_3 = \frac{R_{1,3} \cdot R_{2,3}}{R_{1,2} + R_{1,3} + R_{2,3}}$$

$$R_3 = \frac{150 \cdot 150}{100 + 150 + 150} \quad R_3 = \frac{22500}{400}$$

$$R_3 = 56,25\Omega$$

Figura 65- Representação do redesenho da associação de resistores



Fonte: Autoria própria (2021).

Resolvendo a associação em série dos resistores temos:

$$R_{\text{série}} = R_3 + R$$

$$R_{\text{série}} = 56,25 + 120$$

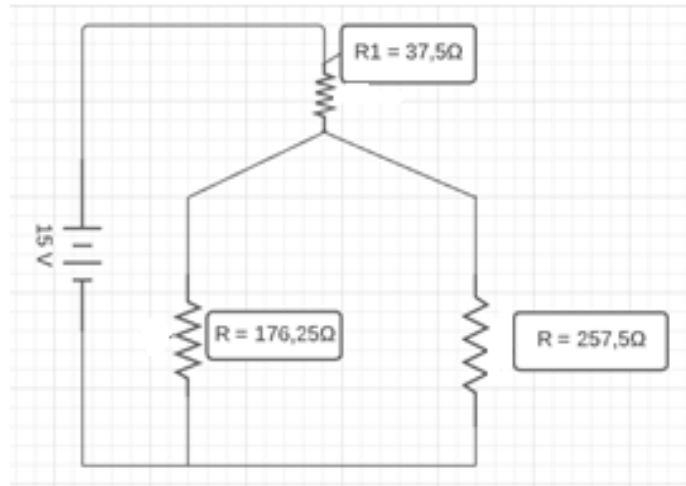
$$\mathbf{R_{\text{série}} = 176,25\Omega}$$

$$R_{\text{série}} = R_2 + R$$

$$R_{\text{série}} = 37,5 + 220$$

$$\mathbf{R_{\text{série}} = 257,5\Omega}$$

Figura 66- Representação do redesenho da associação de resistores



Fonte: Autoria própria (2021).

Resolvendo a associação em paralelo temos:

$$R_{eq.} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

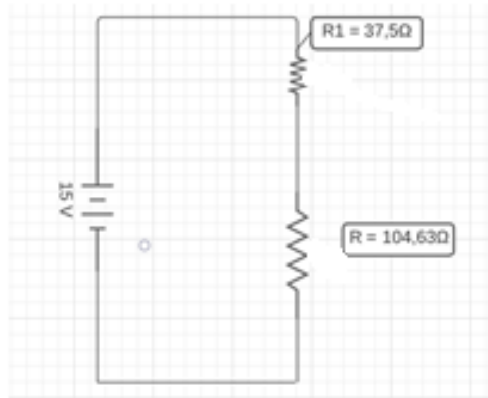
$$R_{eq.} = \frac{176,25 \cdot 257,5}{176,25 + 257,5}$$

$$R_{eq} = \frac{45384,37}{433,75}$$

$$R_{eq} = 104,63\Omega$$

Redesenhando, temos a figura 67:

Figura 67- Representação do redesenho da associação de resistores



Fonte: Autoria própria (2021).

Resolvendo a associação em série, temos:

$$R = R_1 + R$$

$$R = 37,5 + 104,63$$

$$R = 142,13\Omega$$

Para determinar a intensidade da corrente temos:

$$R_{eq} = \frac{U}{i}$$

$$142,13 = \frac{15}{i}$$

$$i = 1,05 \cdot 10^{-1} A$$

ATIVIDADE PRÁTICA CONFIGURAÇÃO ESTRELA-TRIÂNGULO

Nesta simulação é essencial que o professor observe e oriente o redesenho de cada configuração simulada pelos alunos, retomando os conceitos de associação de resistores em série e paralelo.

Objetivos:

- Identificar uma associação de resistores, onde há a necessidade de utilizar as conversões Triângulo- Estrela ou Estrela- Triângulo;
- Compreender as características da associação de resistores por meio do Simulador – DC- Circuitos elétricos;
- Relacionar os valores obtidos com os resultados da simulação.

Prática: Utilizando o simulador PhET Colorado como laboratório virtual, construiremos uma representação da associação de resistores que necessite a conversão Triângulo- Estrela ou Estrela- Triângulo.

- **1º Passo:** Clique no *link* abaixo para acessar o simulador. Aparecerá uma tela conforme a figura 68:

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

Figura 68- Representação da tela inicial do simulador Kit para montar circuito DC- PhET Colorado

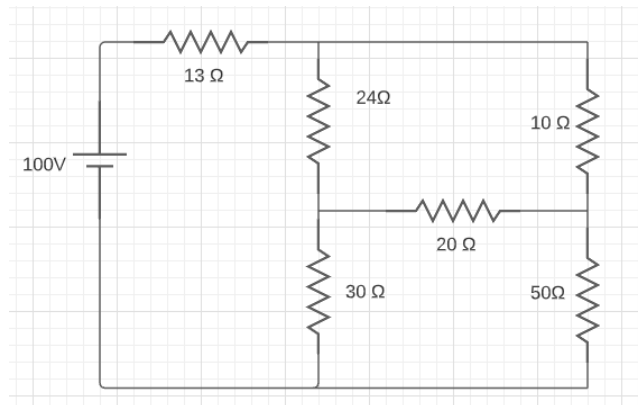


Fonte: KIT (2020).⁴⁹

2º Passo: Construa uma associação de resistores conforme a figura 69 utilizando os materiais disponíveis do simulador:

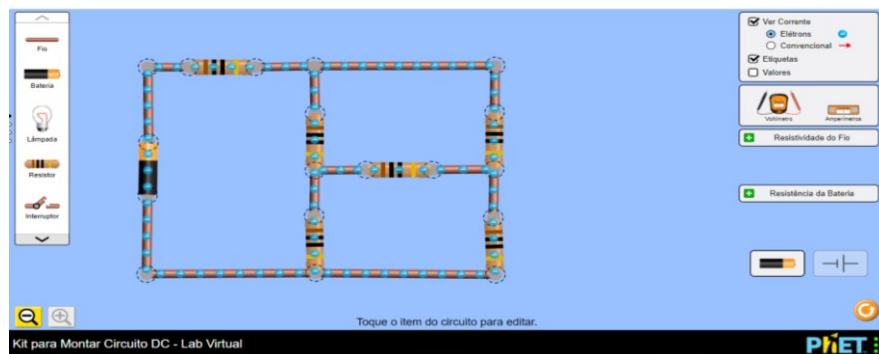
⁴⁹ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

Figura 69- Representação da associação de resistores em um circuito elétrico



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 70- Representação da associação de resistores no simulador Kit para montar circuito DC- PhET Colorado

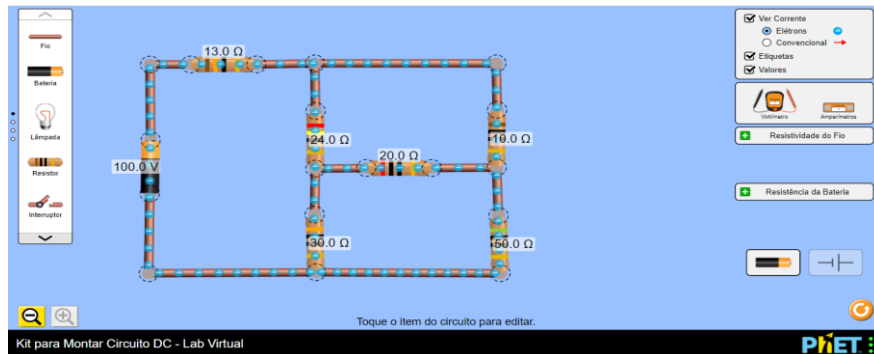


Fonte: Kit (2020).⁵⁰

3º Passo: Faça a alteração para os valores dos resistores e diferença de potencial elétrico. Em seguida do lado direito da tela selecione a opção valores (Figura 71):

⁵⁰ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

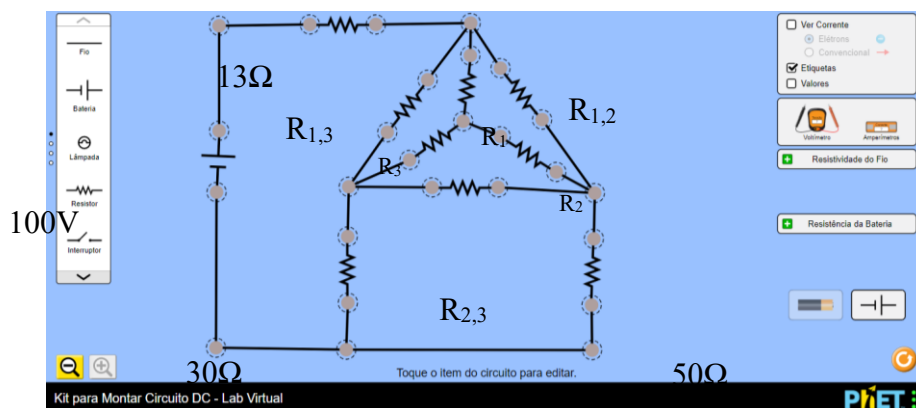
Figura 71: Representação da associação de resistores no simulador Kit para montar circuito DC- PhET Colorado



Fonte: Kit (2020).⁵¹

4º Passo: Redesenhe o circuito utilizando a conversão Triângulo – Estrela no simulador, mudando os resistores de posição mantendo as características elétricas do circuito. Utilize a opção de representação dos elementos localizado do lado direito inferior da tela do simulador, conforme Figura 72.

Figura 72- Representação do redesenho utilizando a conversão Triângulo – Estrela indicando valores no simulador PhET Colorado

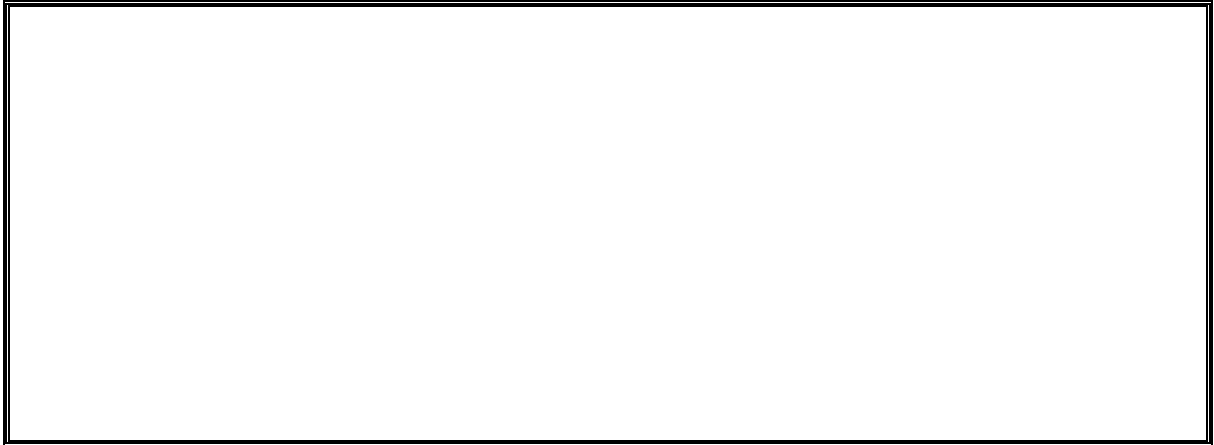


Fonte: Kit (2020).⁵²

⁵¹ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

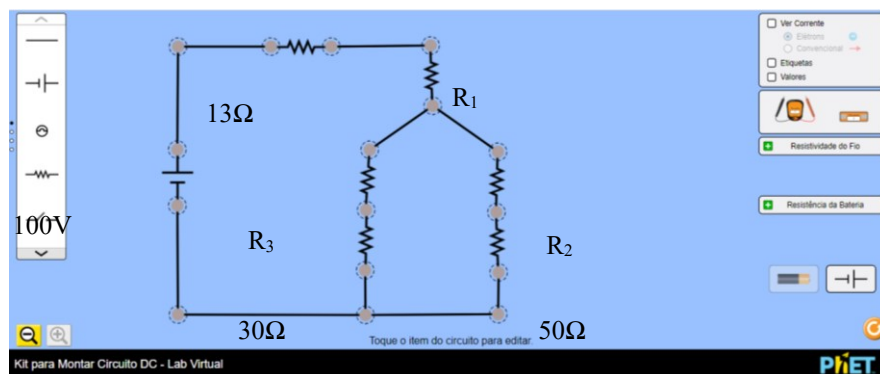
⁵² KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

5º Passo: Utilizando a conversão Triângulo – Estrela, determine o valor das resistências para os resistores R_1 , R_2 e R_3 , registrando seus cálculos e valores obtidos no quadro abaixo.



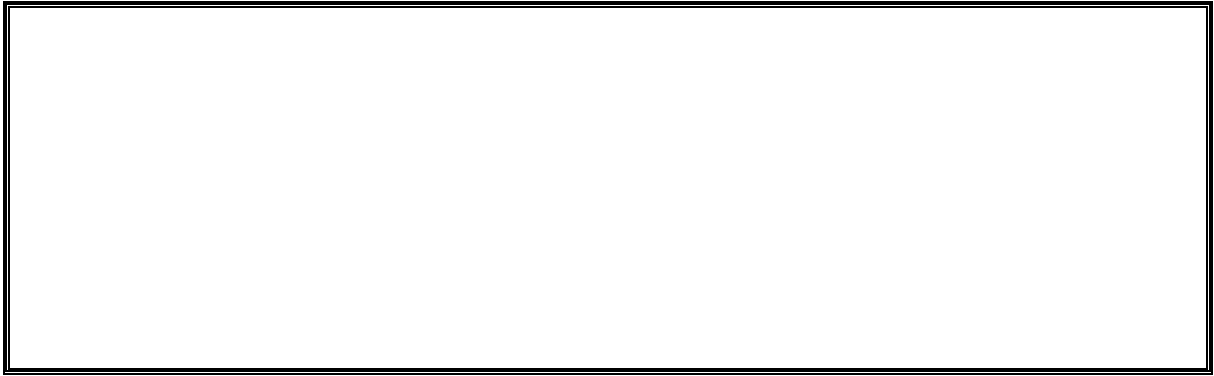
6º Passo: Redesenhe a associação de resistores, mantendo as características elétricas do circuito e resolva as associações que ficaram evidente, registrando os valores obtidos no quadro abaixo, conforme Figura 73.

Figura 73- Representação do redesenho após a conversão Triângulo – Estrela no simulador PhET Colorado



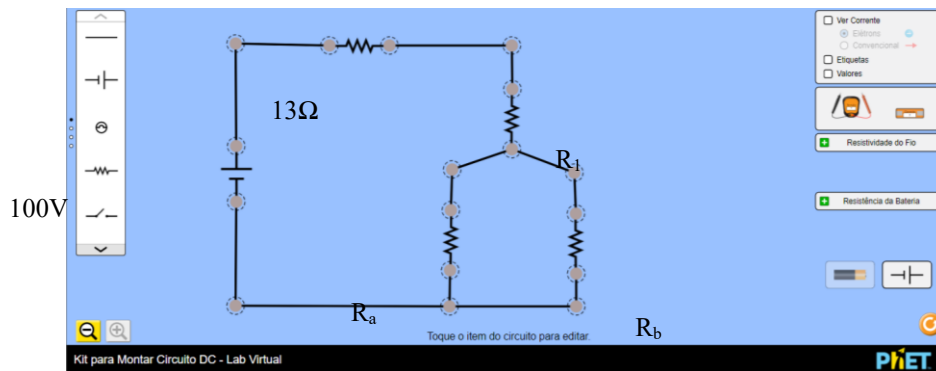
Fonte: Kit (2020).⁵³

⁵³ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

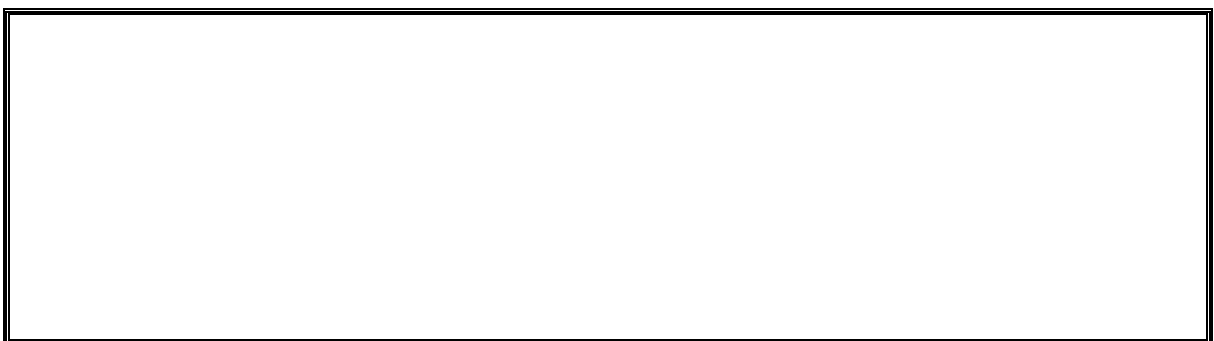


7º Passo: Redesenhe a associação de resistores, mantendo as características elétricas do circuito e resolva a associação que está evidente, registrando o valor obtido no quadro abaixo, observando a Figura 74:

Figura 74- Representação do redesenho da associação de resistores no simulador Kit para montar circuito DC- PhET Colorado



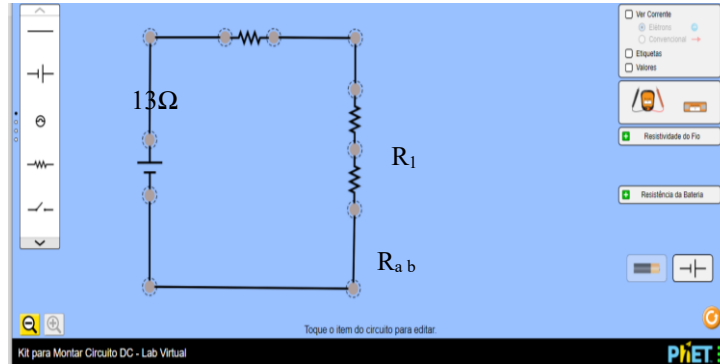
Fonte: Kit (2020).⁵⁴



⁵⁴ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

8º Passo: Redesenhe o a associação de resistores e determine o valor da resistência equivalente do circuito simulado, registrando o cálculo e resultado obtido no quadro abaixo, a partir da Figura 75:

Figura 75- Representação do redesenho da associação de resistores no simulador PhET Colorado



Fonte: Kit (2020).⁵⁵

9º Passo: Determine a intensidade da corrente fornecida pela fonte de alimentação. Utilize o quadro abaixo para registrar seu cálculo e valor obtido.

⁵⁵ KIT Para Montar Circuito DC. **PhET – Physics Education Technology**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

Importante:

- 1) A resistência equivalente de uma associação em série é sempre maior que qualquer resistor associado.
- 2) A resistência equivalente de uma associação em paralelo é sempre menor que qualquer resistor associado.
- 3) Um resistor equivalente é um resistor que tem as mesmas propriedades da associação de resistores. (BATISTA; BATISTA, 2016 p. 150).

ATIVIDADE DE CONSTRUÇÃO INDIVIDUAL DE UM MAPA MENTAL

Neste momento, para a construção do mapa mental por parte dos alunos é essencial que o professor abra uma roda de discussão sobre os resultados e dados coletados nas simulações, retomando conceitos e realizando apontamentos nos comentários feitos pelos alunos e as relações que os educandos fazem de tudo que foi visto com o cotidiano.

Essa atividade será rica para diagnosticar se os subsunçores anteriores sofreram avanços significativos, evidenciando assim que houve aprendizagem.

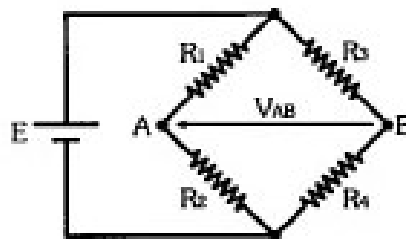
Com base nas sequências de atividades realizadas e simuladas por você, construa um mapa mental destacando os principais conceitos que norteiam os conteúdos abordados.

5.10 PROPOSTA DE AMPLIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Segundo Markus (2001), a ponte de Wheatstone é um circuito de uso comum em instrumentação eletrônica por permitir a possibilidade de medir outras grandezas físicas, como por exemplo temperatura e pressão com o auxílio de sensores ou transdutores que realizam a conversão das grandezas mediadas em resistência elétrica.

Um exemplo da Ponte de Wheatstone é ilustrado pela Figura 76.

Figura 76- Representação da Ponte de Wheatstone

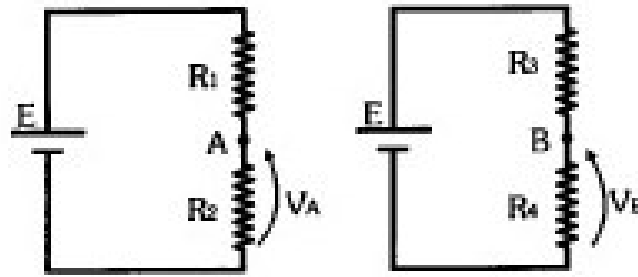


Fonte: Markus (2001, p. 54).

- Na ponte de Wheatstone, temos uma divisão de corrente elétrica em cada ramo formando um divisor de tensão.
- O ponto que devemos ter como ponto de atenção é sobre a tensão entre os pontos **AB**, das extremidades que não estão conectados a fonte de alimentação.

Para melhor análise, dividimos em duas partes formando um divisor de tensão conforme a Figura 77.

Figura 77- Representação da divisão da Ponte de Wheatstone



Fonte: Markus (2001, p. 54).

As tensões em cada parte são dadas:

Dizemos, portanto, que a condição de equilíbrio da ponte é dada pela igualdade entre os produtos das suas resistências opostas.

$$V_A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E$$

$$V_B = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot E$$

Para que a ponte esteja em equilíbrio $V_{AB} = V_A - V_B = 0$, ou seja

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot E \rightarrow R_2(R_3 + R_4) = R_4(R_1 + R_2) \rightarrow R_1 \cdot R_4 + R_2 \cdot R_4 \rightarrow$$

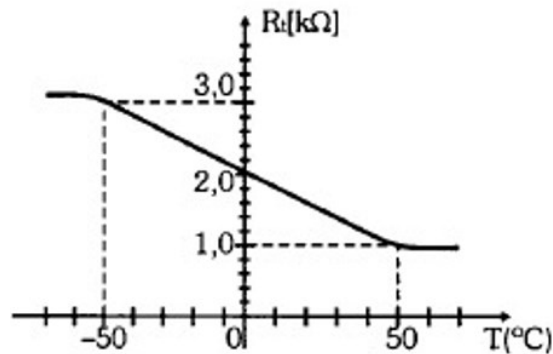
$$R_2 \cdot R_3 = R_1 \cdot R_4$$

Atividade Explicativa da ponte de Wheatstone

Antes de realizar as simulações com uma situação-problema simples, vamos entender como é possível trabalhar com a ponte de Wheatstone de uma maneira mais ampla. Vamos considerar o seguinte problema, adaptado de Markus (2001):

Desejamos construir um termômetro digital a partir de três resistores preestabelecidos (R_2 , R_3 e R_4), e uma resistência que varia linearmente com a temperatura, o R_T , que representa uma função $R_T = R_T(T)$, conforme apresentada na Figura 78.

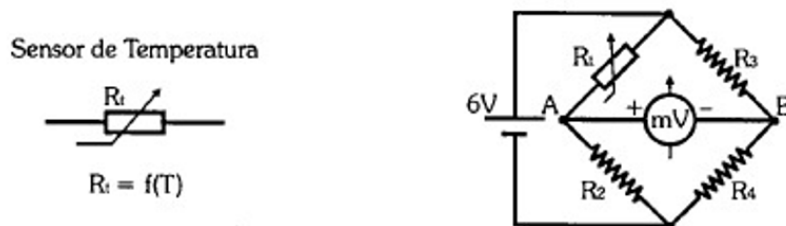
Figura 78-Gráfico da temperatura versus resistência



Fonte: Markus (2001, p. 57).

Imagine que desejamos construir um termômetro que opere de -40 a 40 °C, cuja leitura se baseia na diferença de tensão entre os pontos **A** e **B**, apresentada no galvanômetro central (Figura 79).

Figura 79- Ponte de Wheatstone



Fonte: Markus (2001, p. 57).

Desta forma, conforme a temperatura varia, a resistência R_T se altera, criando um desequilíbrio no sistema, e assim, fazendo surgir uma diferença de tensão entre os pontos. Para trabalhar este sistema, vamos adotar que a ponte se encontra em equilíbrio quando a temperatura é 0 °C, ou seja, com $R_T(0) = 2,0$ k Ω . Adotando que $R_2 = 6,0$ k Ω , $R_3 = 4,0$ k Ω e $R_4 = ?$ k Ω .

Qual será a diferença de potencial que marca o galvanômetro quando tivermos as temperaturas extremas (-40 e 40 °C)? Somos capazes de criar uma função que nos dirá a d.d.p para cada temperatura? Se sim, formule esta equação.

Como o problema já nos fornece que o sistema está em equilíbrio quando em $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, podemos então determinar o valor da resistência R_4 . Sabendo que quando em equilíbrio nós trabalhamos com $R_T \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$, podemos então determinar:

$$\begin{aligned} R_t \cdot R_4 &= R_2 \cdot R_3 \\ 2,0\text{ k}\Omega \cdot R_4 &= 6,0\text{ k}\Omega \cdot 4,0\text{ k}\Omega \\ 2,0\text{ k}\Omega \cdot R_4 &= 24,0\text{ k}\Omega \\ R_4 &= \frac{24,0}{2,0}\text{ k}\Omega \\ \mathbf{R_4} &= \mathbf{12,0\text{ k}\Omega} \end{aligned}$$

Dessa forma, sabemos agora todos os valores das resistências fixas do sistema.

O próximo passo é determinar qual será a resistência de R_T para cada temperatura, uma vez que não temos um gráfico que nos indica isso diretamente. Para fazer isso devemos lembrar da equação de reta:

$$R_T (T) = a T + b$$

Na qual **a** representa o coeficiente angular da reta, ou sua inclinação, e **b** representa o coeficiente linear da reta, ou seja, o ponto no qual ela cruza o eixo y.

Vamos determinar primeiramente o valor de **b**.

$$\begin{aligned} R_T (T = 0) &= a (0) + b \\ 2,0\text{ k}\Omega &= 0 + b \\ \mathbf{b} &= \mathbf{2,0\text{ k}\Omega} \end{aligned}$$

E para determinar o valor do coeficiente angular, fazemos

$$a = \text{tg} (\theta) = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Onde nosso Δy representa o eixo da resistência $R_T(T)$, e Δx representa o eixo da temperatura.

Dessa forma, ao escolher 2 pares de pontos conhecidos, é possível determinar nosso coeficiente angular. Nesse caso, podemos utilizar os pontos $-50\text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 3,0\text{ k}\Omega$ e o ponto $+50\text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 1,0\text{ k}\Omega$.

$$a = \frac{R(50^\circ\text{C}) - R(-50^\circ\text{C})}{(50^\circ\text{C}) - (-50^\circ\text{C})}$$

$$a = \frac{1,0\text{ K}\omega - 3,0\text{ K}\omega}{100\text{ }^\circ\text{C}}$$

$$a = \frac{-2\text{ K}\omega}{100\text{ }^\circ\text{C}}$$

$$a = -0,02\text{ k}\Omega/^\circ\text{C}$$

Chegando assim a uma expressão para R_T dada por

$$R_T(T) = -0,02T + 2 \quad (\text{k}\Omega)$$

Ou seja, temos em mãos uma expressão que nos permite saber o valor da resistência para cada valor de temperatura que desejarmos, desde que esta esteja entre -50 e $50\text{ }^\circ\text{C}$, uma vez que esta é a região na qual o gráfico se comporta linearmente.

$$R_T(T = -40^\circ\text{C}) = -0,02 \cdot (-40) + 2$$

$$R_T(-40) = 0,8 + 2$$

$$\mathbf{R_T(-40) = 2,8\text{ k}\Omega}$$

$$R_T(T = 40^\circ\text{C}) = -0,02 \cdot (40) + 2$$

$$R_T(40^\circ\text{C}) = -0,8 + 2$$

$$\mathbf{R_T(40) = 1,2\text{ k}\Omega}$$

Portanto, para a temperatura de -40°C obtemos um valor de para a resistência de $2,8\text{k}\Omega$ e para 40°C tem um valor de $1,2\text{k}\Omega$.

ATIVIDADE PRÁTICA PONTE DE WHEATSTONE

A proposta de atividade da ponte de Wheatstone consiste-se em uma possibilidade de ampliação do produto educacional com a flexibilidade de o professor a adaptar conforme a necessidade e realidade da turma trabalhada.

Objetivos:

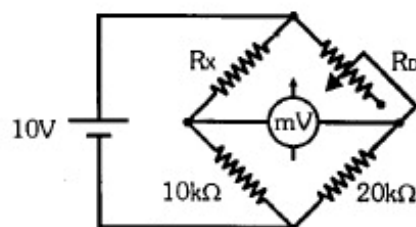
- Identificar uma associação de resistores em uma configuração de Ponte de Wheatstone;
- Compreender as condições de equilíbrio da Ponte de Wheatstone.

Prática: Utilizando o simulador PhET Colorado como laboratório virtual, construiremos uma representação da ponte de Wheatstone.

Atividade 1: Resolva a questão proposta e, em seguida, com os dados obtidos realize a simulação deste exercício comparando os dados obtidos com os dados simulados.

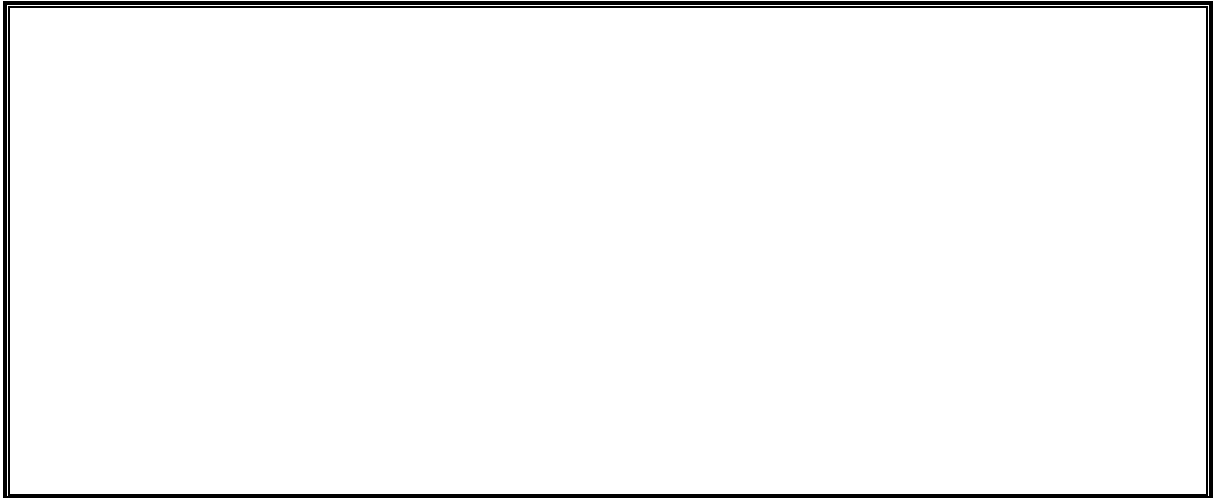
Segundo Markus (2001), na ponte de Wheatstone, Figura 80, qual é o valor de R_x , sabendo que no seu equilíbrio $R_D = 18\text{k}\Omega$?

Figura 80- Ponte de Wheatstone



Fonte: Markus (2001, p. 57).

Resolução da Atividade 1 proposta:



- **1º Passo:** Clique no *link* abaixo para acessar o simulador. Aparecerá uma tela conforme a Figura 81:

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

Figura 81- Representação da tela inicial do simulador Kit para montar circuito DC- PhET Colorado

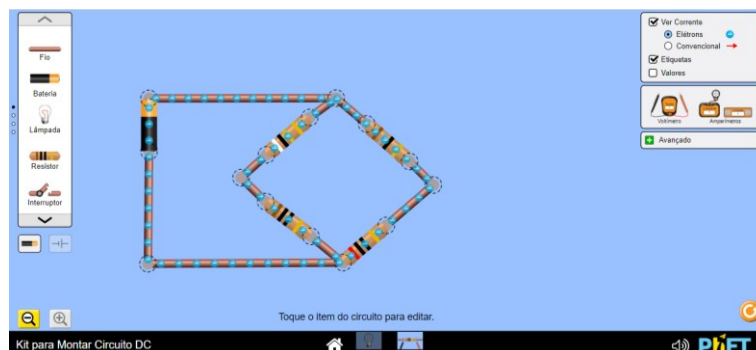


Fonte: Kit (2020).⁵⁶

⁵⁶ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

2º Passo: Construa um circuito da Ponte de Wheatstone, conforme a Figura 82, utilizando os materiais disponíveis do simulador:

Figura 82- Representação de um circuito na configuração de Ponte de Wheatstone

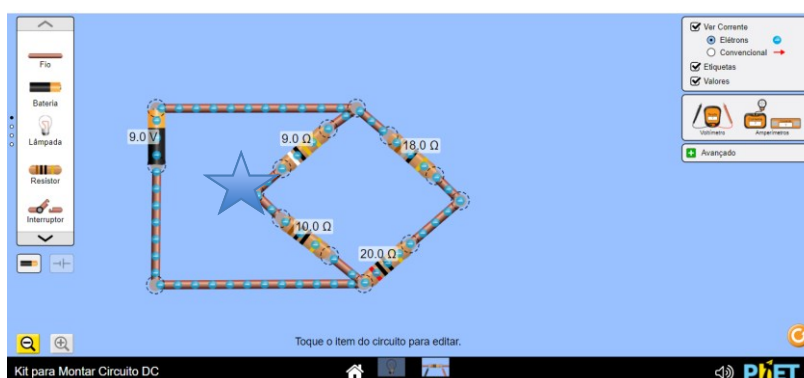


Fonte: Kit (2020).⁵⁷

3º Passo: Selecione a opção valores localizado do lado direito da tela e atribua valores para as resistências $10\text{k}\Omega$, $20\text{k}\Omega$, $18\text{k}\Omega$ e para o resistor R_x atribua o valor encontrado por você na atividade 1, conforme a Figura 83.

Atenção: Os valores estão na unidade de $\text{k}\Omega$, porém o simulador tem uma limitação de valores. Considere a unidade em sua análise.

Figura 83- Representação de um circuito na configuração de Ponte de Wheatstone



Fonte: Kit (2020).⁵⁸

⁵⁷ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

⁵⁸ KIT Para Montar Circuito DC. PhET – Physics Education Technology. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DE ENSINO E APRENDIZAGEM

A presente proposta busca superar a aprendizagem mecânica ofertada por séculos nas escolas e, para tanto, usa a perspectiva de ensino pautada na Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel e de Joseph Novak, que consideram como aprendizagem significativa a interação de conhecimentos prévios especificamente relevantes com o novo conhecimento (MOREIRA, 2011, 2012). Nessa teoria, os conhecimentos especificamente relevantes são denominados subsunçores e podem ser um símbolo, um conceito, uma imagem ou um modelo mental que o aluno tenha adquirido anteriormente e que será utilizado como âncora para a ampliação do conhecimento e a construção de novos significados. Assim, “subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto” (MOREIRA, 2011, p.14).

No caso de os alunos não possuírem subsunçores adequados que possibilitem a esses educandos atribuírem significados aos novos conhecimentos, cognitivamente é lançado mão dos organizadores prévios, elementos que funcionam como recursos metodológicos integradores e contextualizados. Segundo Moreira (2011), temos dois tipos de organizadores prévios: o expositivo utilizado quando o material apresentado não é familiar ao aluno e os organizadores comparativos que auxiliam o aluno a integrar novos conhecimentos à estrutura cognitiva já existente. “Em outras palavras organizadores prévios podem ser usados para suprir a deficiência de subsunçores ou para mostrar a relacionalidade e a discriminabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos já existentes, ou seja, subsunçores” (MOREIRA, 2011, p. 30-31).

Um exemplo de organizador prévio comparativo são as situações-problema. Uma situação-problema é uma situação didática na qual a realização da tarefa solicitada acarreta uma aprendizagem específica, na medida em que se vencem obstáculos pedagógicos (MEIRIEU, 1998). Isso acontece porque, segundo Fernandes (2011a), expor os estudantes a situações-problema permite a mobilização dos conhecimentos prévios. A situação-problema consegue dar sentido aos

conhecimentos novos e organizar um nível crescente de complexidade (MOREIRA, 2012).

Dessa forma, para os autores, quanto mais se sabe, mais se aprende, pois é preciso uma base para a continuação do percurso (FERNANDES, 2011b). Todavia, segundo Moreira (2011), existem duas condições primordiais para que a aprendizagem significativa realmente ocorra. Primeiramente, o material apresentado ao aluno deve ser potencialmente significativo. Vale ressaltar que não existe material significativo, visto que é o aluno que atribui significado aos materiais de aprendizagem. A segunda condição seria que o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. Portanto, o aluno precisa querer relacionar novos conhecimentos, de forma não-arbitrária e não literal. Essas condições apresentadas são essenciais para que a aprendizagem significativa realmente ocorra.

O que pode ser significativo para o educando? Como dar significado ao conteúdo a ser apresentado? Como despertar no aluno o gosto/vontade de aprender? Como criar elos, ligações entre os conteúdos ou estratégias que permitam ao conhecimento ser aprofundado? Quando essas questões passam a embasar o planejamento docente, rompe-se com os modelos tradicionais de aulas (MOREIRA, 2011, ZABALA, 1998), buscando diferentes metodologias didáticas que coloquem o educando como protagonista do ensino.

Organizar uma trajetória didática a partir dessas possibilidades é uma escolha que se relaciona com a aprendizagem significativa de David Paul Ausubel e de Joseph Novak (MOREIRA, 2011), pois organiza um planejamento com aulas que vão dar significação ao conteúdo, protagonismo ao estudante, e que se organizarão a fim de criar elo entre conteúdos e atividades, com estratégias que acionem subsunçores e que assim levem o educando a expansão de seu conhecimento.

Para tanto, o presente trabalho vai se valer de uma proposta didática focada na aprendizagem significativa. O termo “proposta didática” aqui se refere a escolha do planejamento pedagógico que escolha seus conteúdos, recursos e metodologias de forma a gerar aprendizagem e mudança de comportamento nos educandos (SAVIANI, 2008, GASPARIN, 2003, ZABALA, 1998), e que se valha de metodologias ativas de ensino com foco na área das Ciências, em especial da Física.

O uso de diferentes estratégias de ensino, por muitos, ainda é considerada um desafio. No entanto, a mudança de postura em sala de aula deve acontecer de forma gradativa, visto que as tendências pedagógicas acompanham o desenvolvimento da humanidade e inúmeras são as propostas pedagógicas que levam em consideração o uso de pedagogias afetivas e integradoras, sob à luz de uma docência acolhedora e reflexiva e uma prática transformadora e libertária. Porém, para que essa mudança ocorra, os professores devem assumir uma postura diferenciada em relação ao uso de estratégias para que possam proporcionar aulas com um novo olhar (LEÃO; DUTRA; ALVES, 2018, p. 25-26).

Assumindo esse objetivo no ensino da Física, este estudo vai se valer da organização de um percurso pedagógico que envolve o levantamento dos conhecimentos prévios dos educandos (ZABALA, 1998), por meio de questionários e a construção de mapas mentais (BUZAN, 2009). A apresentação de situações problemas, o desenvolvimento conceitual e experimental dos conteúdos selecionados, a avaliação e sistematização da aprendizagem a partir dos mapas mentais (MOREIRA, 2011, BUZAN, 1996, 2009). Tais estratégias fazem parte de um modelo educativo investigativo e comprobatório no qual todas as atividades de ensino são determinadas pelo motivo ou objetivo maior, ligadas ao problema da aprendizagem, mas correlacionadas em sua função, meta e suporte, de forma a incentivar o estudante a planejar ações para resolver as problemáticas que lhes são apresentada valendo-se de diferentes estratégias e ferramentas, sejam experiências, debates, leituras, saídas a campo, entrevistas ou resolução conjunta de problemas (AZEVEDO; ABIB; TESTONE, 2018).

A construção de modelos, o uso de experimentação, de mediação e interatividade tecnológica e de situações-problema já são metodologias comuns para o ensino de Física (BRASIL, 2017, PARANÁ, 2008). Já o uso dos mapas mentais vem sendo estimulados nas Ciências por serem estas estratégias de ensino capazes de auxiliar o aluno a relacionar e hierarquizar conceitos, criando assim uma representação mental visual de como o conhecimento pode ser estruturado (MOREIRA, 2011). Os mapas mentais “são um método de armazenar, organizar e priorizar informações (em geral no papel, usando palavras-chave e imagens-chave, que desencadeiam lembranças específicas e estimulam novas reflexões e ideias” (BUZAN, 2009, p. 9). Dessa forma, esse instrumento tanto organiza as ideias iniciais

(uma possibilidade para o levantamento inicial do que os alunos já sabem), bem como pode sistematizar as ideias reorganizadas ao final do processo educativo, podendo então também ser utilizado como ferramenta para explicações e avaliações.

Por fim, a opção pelo uso dos laboratórios virtuais se deve ao fato de que estes representam a fundamental relação entre a Física, a Ciência e a Tecnologia, exigência da área das Ciências da Natureza para a educação dos jovens no século XXI (BRASIL, 2017). Nos diferentes laboratórios virtuais são realizadas atividades e experiências replicando no ambiente virtual práticas antes apenas realizadas em laboratórios físicos tradicionais, trabalhando também o método científico, a prática investigativa, e o desenvolvimento dos conceitos próprios da disciplina (SANTOS; FREITAS; LOPES, 2020). Com isso, se garante a interatividade, o protagonismo estudantil, a democratização do ensino e o desenvolvimento da linguagem tecnológica nas Ciências (BRASIL, 2017).

7 REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M.N.; ABIB, M.L.V.S; TESTONE, L.A. Atividades investigativas de ensino: mediação entre ensino, aprendizagem e formação docente em Ciências. **Ciênc. educ.** (Bauru) 24 (2) Apr-Jun, 2018.

BATISTA, M. C.; BATISTA, D.C. **Física experimental**. Maringá: UniCesumar, 2016. "Graduação - EaD". 168 p.

BATISTA, M.C.; FUSINATO, P.A. (Org.). **Eletricidade Básica**: Caderno de Atividades Experimentais. 1ª Edição. Editora Massoni: Maringá, PR, 2014.

BATISTA, M. C.; SCHIAVON, G. J.; BATISTA, D. C. **Física geral**. Maringá-PR: Unicesumar, 2018. "Graduação - EaD". 247 p.

BONJORNO, J. R.; RAMOS, C. M.; PRADO, E. de P.; BONJORNO, V.; BONJORNO, M. A.; CASEMIRO, R.; BONJORNO, R. de F. S. A. **Física**: Eletromagnetismo – Física Moderna, Volume 3, 3ª Edição, São Paulo: FTD, 2016.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ensino Médio. MEC, 2017. Disponível em:

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em 10 de jun. de 2021.

BUZAN, T; BUZAN, B. **The Mind Map Book**. 2ª. ed. Plume, 1996.

BUZAN, T. **Mapas Mentais**: métodos criativos para estimular o raciocínio e usar ao máximo o potencial do seu cérebro. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

FERNANDES, E. Conhecimento prévio. Entenda por que aquilo que cada um já sabe é a ponte para saber mais. **Revista Nova Escola**, 01 de mar. de 2011(a). Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/1510/conhecimento-previo>. Acesso em jun. de 2021.

FERNANDES, E. David Ausubel e a aprendizagem significativa. **Revista Nova Escola**, 01 de dez. de 2011 (b). Disponível em:

<https://novaescola.org.br/conteudo/262/david-ausubel-e-a-aprendizagem-significativa>. Acesso em jun. de 2021.

FIS MATICA. Disponível em: <http://fismatica.com.br/>. Acesso em jun. de 2020.

FISICAEXE. **Exercício Resolvido de Leis de Kirchhoff**. Disponível em:

http://www.fisicaexe.com.br/fisica1/eletromagnetismo/kirchhoff/kirchhoff1_nm/kirchhoff1_nm.html. Acesso em jan. de 2021.

FVM LEARNING. Disponível em: <https://www.fvml.com.br/>. Acesso em jun. de 2020.

GASPAR, A. **Compreendo a Física, eletromagnetismo e Física Moderna**. Volume 3. Editora Ática: São Paulo, 2013.

GASPARIN, J. L. **Uma didática para a pedagogia histórico-crítica**. 2.ed. – Campinas, SP: Autores Associados, 2003.

GOUVEIA, R. **Leis de Kirchhoff**. Toda Matéria. Física. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/leis-de-kirchhoff/>. Acesso em jun. de 2020.

LEÃO, M. F.; DUTRA, M. M.; ALVES, A. C. T. (Orgs). **Estratégias didáticas voltadas para o ensino de Ciências**: Experiências pedagógicas na formação inicial de professores 1ª ed/ Uberlândia–MG: Edibrás, 2018.

LOPES, S. P. de M. **Laboratório de acesso Remoto**. 2007. Tese de Mestrado em Ensino da Física e Química – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra.p.147, 2007. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/144015094.pdf> . Acesso em março de 2021.

MARKUS, O. **Circuitos elétricos** – Corrente contínua e Corrente Alternada. 1º edição. Editora Érica, 2001.

MEIRIEU, P. **Aprender... sim, mas como?** 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? **Revista Currículum**, v. 25, p. 29-56, 2012.

MUNDO DA ELÉTRICA. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br>. Acesso em jun. de 2020.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica. Física**. SEED: Curitiba, 2008.

PHET.COLORADO. **PhET – Physics Education Technology**. KIT Para Montar Circuito DC. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html. Acesso em jun. de 2020.

QCONCURSOS. **Questões de concurso**. Disponível em: <https://www.qconcursos.com/questoes-de-concursos/questoes/82b4ebab-85>. Acesso em jun. de 2021.

SANTOS, C. S. dos.; FREITAS, P. da S.; LOPES, M. M. Ensino remoto e a utilização de laboratórios virtuais na área de ciências naturais. **12º SIEPE**. UNIPAMPA, 24 a 26 de nov. de 2020.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. 10. ed. rev. Campinas: Autores Associados, 2008.

SÓ FÍSICA. Disponível em: <https://www.sofisica.com.br/>. Acesso em jun. de 2020.

ZABALA, A. **A prática educativa:** como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.