

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



## **INTEGRAÇÃO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E VIRTUAIS NO ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS ATRAVÉS DO JOGO ELETRICGAME**

TATIANE LÚCIA ABREU DE FIGUEIREDO

MANAUS – AM  
2021

INTEGRAÇÃO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E VIRTUAIS NO ENSINO DE  
CIRCUITOS ELÉTRICOS ATRAVÉS DO JOGO ELETRICGAME

TATIANE LÚCIA ABREU DE FIGUEIREDO

Dissertação apresentada ao programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF – no Polo 4 do Instituto Federal do Amazonas – IFAM – promovido pela Sociedade Brasileira de Física – SBF – como requisito necessário à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. José Anglada Rivera.

MANAUS – AM  
2021

---

**Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro**

---

F475i Figueiredo, Tatiane Lúcia Abreu de.  
Integração de atividades experimentais e virtuais no ensino de circuitos elétricos através do jogo eletrigame / Tatiane Lúcia Abreu de Figueiredo. – Manaus, 2021.  
135 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). –  
Universidade Federal do Amazonas, Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2021.

Orientador: Prof. Dr. José Anglada Rivera.

Produto educacional incluso como apêndice intitulado: Coletânea de  
experimentos, de simulações e a produção do eletrigame.

1. Física. 2. Circuito elétrico. 3. Eletrigame. I. Rivera, José Anglada. (Orient.)  
II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III.  
Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530



## Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 4

### Ata da 40ª Defesa de Dissertação

Aos dezenove dia do mês de maio, do ano de dois mil e vinte e um, às nove horas, por web conferência, ocorreu a Defesa da Dissertação da mestranda Tatiane Lúcia Abreu de Figueiredo, intitulada “Integração de atividades experimentais e virtuais no ensino de circuitos elétricos através do jogo eletricgame”, do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 4 das instituições de Ensino Superior Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A Banca Examinadora foi composta pelo Prof. Dr. José Anglada Rivera, Prof. Dr. Erix Alexander Milán Garcés e Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto. O Professor Doutor José Anglada Rivera, Presidente, deu início aos trabalhos, convidando os membros a comporem a Banca Examinadora. O presidente fez a leitura dos procedimentos para defesa de dissertação, e convocou a mestranda para fazer a exposição de seu trabalho que, em seguida, foi arguido pelos membros da Banca Examinadora. Após a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se privativamente e decidiu pela aprovação do trabalho. Ao final, os presentes foram chamados para tomarem conhecimento do resultado da avaliação, o presidente da banca comunicou o interessado que feitas às devidas correções na dissertação, conforme sugestão da banca Examinadora, o discente é obrigado a entregar, na secretaria do polo 4, até sessenta (60) dias após a data da defesa, cinco (5) vias impressas e encadernadas no formato capa dura, e duas vias digitais em formato PDF, em CD, para os trâmites necessários à concessão do diploma, conforme Resolução N°.47 - CONSUP/IFAM de 13 de julho de 2015. Nada mais havendo a tratar, foi lavrado a presente ata que, após lida e aprovada, será assinada pelos presentes.

---

Prof. Dr. José Anglada Rivera  
Presidente- IFAM

---

Prof. Dr. Erix Alexander Milán Garcés  
Membro Externo - IFUSP

---

Minos Martins Adão Neto  
Membro Interno - UFAM

*Dedico este trabalho à Minha Vovó, Raimunda Dantas de Abreu, meus alunos que juntos dividem comigo essa linda jornada no ensino de Física e aos amigos que tanto me apoiaram e incentivaram nos momentos difíceis.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus pela proteção. Aos meus pais, Vera e Humberto por todo amor e dedicação, oferecendo condições emocionais na busca por desejado título de mestra em Ensino de Física.

Gratidão e respeito às minhas amigas Éllida, Marcele, Bárbara e Ariane, juntas na descontração, lazer e principalmente, no incentivo nos momentos de fragilidade. Não poderia deixar de agradecer à Gestora Sandra Maria Tavares de Souza, a Escola estadual Senador Petrônio Portella e todos os colaboradores dessa valiosa Instituição de Ensino. Agradeço aos meus amados alunos, maiores responsáveis pela incessante busca por diferentes formas de ensinar física.

Agradeço também à Sociedade Brasileira de Física que por meio do MNPEF oportunizou está conquista. E ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Quero destacar também, meus bravos amigos da turma de mestrado de 2017, nossa união fez toda a diferença. Cada um dos senhores exerceu papel fundamental nessa conquista. Raimundo Fredson era a força, se deslocando toda semana mais de 500 km, admiração total por você querido amigo; Wil era a razão e o auxílio, com excelentes colocações, reflexo da sua cordialidade e amizade; Sarinha, Edi e Luana eram nossos jovens inspiradores, inteligentes e perspicazes; Ronildo o educado, tímido, mas com conhecimentos absurdos; Por fim, o nosso garoto prodígio Camilo, além de excelente físico, programador, um amigo de mestrado desprendido de vaidade e maior incentivador para que eu retornasse e finalizasse esse projeto. Meu muito obrigada AMIGOS, sem vocês nada seria possível.

Agradeço ainda aos professores do MNPEF, em especial professor ex-coordenador Dr. Minos Adão e ex-coordenadora Dra. Soraya Aquino, a organização institucional alcançada nesse Mestrado na gestão dos senhores foi um marco e jamais será apagada; Professora Dra. Marisa, sua alegria e dinamismo na sala de aula me trouxe mais que conhecimento científico, levo seu entusiasmo para a vida; Dra. Rita de Cássia, sua sensibilidade ao saber da minha atual condição foi fundamental para essa continuidade; meu gentil Orientador Dr. José Anglada, sua generosidade, confiança e credibilidade durante esse período de trabalhos serve de

inspiração. Ser professor vai além dos conhecimentos científicos, professores estimulam e acentuam a vida dos seus alunos.

Meu agradecimento, em memoriam, para minha amada vovó Raimunda Dantas de Abreu, maior incentivadora durante toda minha trajetória profissional e de vida. Obrigada pelo amor de sempre.

## RESUMO

Esse projeto é fruto de pesquisa e aplicação para a conclusão do curso no Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física oferecido pela Sociedade Brasileira de Física e desenvolvido em conjunto com as instituições UFAM e IFAM. Ele tem como objetivo principal tornar as aulas de Física atrativas, eficientes e agradáveis. Elaborado para o assunto de Circuitos Elétricos procura-se a partir dele que os alunos consigam ser protagonistas em seu processo de aprendizagem significativa, para isso foram planejadas aulas expositivas com alternância entre quadro, experimentos e simuladores. Visando além do ensino de conceitos, teorias e formalismo matemático, a contextualização e aplicabilidade desses termos na vivência do aluno, ou seja, que a partir das dinâmicas estabelecidas, os estudantes possam enxergar a Física em seu mundo. Transitando por circuitos elétricos, corrente, diferença de potencial e resistores, todas as atividades culminaram em utilização de um jogo chamado *ElectricGame*, criado na plataforma *Scratch* pela própria autora desse trabalho, com a finalidade de revisar tudo o que foi aprendido e fortalecer o conhecimento obtido pelos discentes participantes.

**Palavras Chave:** Ensino de Física, Experimentos, Simuladores, Circuitos Elétricos.

## **ABSTRACT**

This project is the result of research and application for the conclusion of the course in the National Professional Master's in Physics Education offered by the Brazilian Physics Society and developed in conjunction with the institutions UFAM and IFAM. Its main objective is to make physics classes attractive, efficient and enjoyable. Prepared for the subject of Electrical Circuits, it is sought from it that students are able to be protagonists in their significant learning process, for this reason expository classes were planned with alternation between board, experiments and simulators. Aiming beyond the teaching of concepts, theories and mathematical formalism, the contextualization and applicability of these terms in the student's experience, that is, that from the established dynamics, students can see Physics in their world. Transiting electrical circuits, current, potential difference and resistors, all activities culminated in the use of a game called EletricGame, created on the Scratch platform by the author of this work, in order to review everything that was learned and strengthen the knowledge obtained by participating students.

**Keywords:** Physics Teaching, Experiments, Simulators, Electrical Circuits.

## LISTA DE SIGLAS

AM	Amazonas.
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior.
DDP	Diferença de Potencial.
FEM	Força Eletromotriz.
IFAM	Instituto Federal do Amazonas.
MIT	Massachussetts Institute of Technology.
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.
TIC's	Tecnologias de Informação e Comunicação.
UFAM	Universidade Federal do Amazonas.
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema representando os polos da experimentação.	21
Figura 2	Exemplo de jogo cognitivo.	24
Figura 3	Exemplo de circuito elétrico básico.	26
Figura 4	Volume arbitrário de integração	27
Figura 5	Ilustração da $fem.$	28
Figura 6	Campos elétricos internos e externos da $fem.$	30
Figura 7	Elemento $dV$ de um condutor elétrico	31
Figura 8	Trecho de um fio condutor	33
Figura 9	Analogia entre fluxo de um fluido com fluxo elétrico.	35
Figura 10	Constantes de resistividade elétrica em nível superior.	36
Figura 11	Constantes de resistividade elétrica em nível médio.	37
Figura 12	Resistor de carvão indicando as quatro faixas.	38
Figura 13	Representação real e ilustrada dos resistores.	39
Figura 14	Lâmpadas associadas em série.	40
Figura 15	Resistores em série.	40
Figura 16	Lâmpadas associadas em paralelo.	42
Figura 17	Resistores em paralelo.	42
Figura 18	Associação mista de resistores	43
Figura 19	Resolvendo uma associação mista de resistores (I).	44
Figura 20	Resolvendo uma associação mista de resistores (II).	44
Figura 21	Resolvendo uma associação mista de resistores (III).	45
Figura 22	Resolvendo uma associação mista de resistores (IV).	45
Figura 23	Resolvendo uma associação mista de resistores (V).	46
Figura 24	Gráfico $\mathcal{H}_c \times T$ para um super condutor do tipo I.	48
Figura 25	Gráfico $B \times \mathcal{H}$ para um super condutor do tipo II.	49
Figura 26	Montagem básica de um circuito elétrico.	54
Figura 27	Simulando a montagem básica de um circuito elétrico.	55
Figura 28	Simulando um curto circuito.	55
Figura 29	Experimento para comprovar a Lei de Ohm.	56
Figura 30	Simulador da Lei de Ohm.	56
Figura 31	Experimento de associação de lâmpadas em série.	57
Figura 32	Simulação de associação de lâmpadas em série (i).	57
Figura 33	Simulação de associação de lâmpadas em série (ii).	58
Figura 34	Experimento de associação de lâmpadas em paralelo.	58
Figura 35	Simulação de associação de lâmpadas em paralelo (i).	59
Figura 36	Simulação de associação de lâmpadas em paralelo (ii).	59
Figura 37	Experimento de associação mista de lâmpadas.	60
Figura 38	Simulação de associação mista de lâmpadas (i).	60

Figura 39	Simulação de associação mista de lâmpadas (ii).	61
Figura 40	Página de apresentação do EletricGame.	61
Figura 41	Level 1: Componentes elétricos.	62
Figura 42	Level 2: Circuito elétrico simples.	62
Figura 43	Level 3: Circuito elétrico com resistores em série.	63
Figura 44	Level 4: Lei de Ohm em circuito associado em série.	63
Figura 45	Level 5: Circuito com resistores associados em paralelo.	64
Figura 46	Level 6: Resistor equivalente de associações em paralelo.	64
Figura 47	Level 7: Lei de Ohm em circuitos elétricos com resistores em paralelo.	65
Figura 48	Level 7: Tela de encerramento do EletricGame.	66
Figura 49	Planejamento de aulas do 1º bimestre de 2019.	66
Figura 50	Planejamento de aulas do 3º bimestre de 2019.	67
Figura 51	Dinâmica de recapitulação de corrente e tensão elétrica.	72
Figura 52	Montando um circuito elétrico na tomada.	72
Figura 53	Montando um circuito elétrico com bateria	73
Figura 54	Circuito de lâmpadas led na bateria.	73
Figura 55	Circuito de lâmpadas em série	74
Figura 56	Circuito de lâmpadas led em paralelo na bateria	74
Figura 57	Circuito misto de lâmpadas.	75
Figura 58	Alunos interagindo com o EletricGame.	75
Figura 59	Disposição dos alunos em computadores (I).	76
Figura 60	Disposição dos alunos em computadores (II).	76
Figura 61	Experimentos extras reproduzidos por alunos.	70

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Código de cores dos resistores de carvão.	38
Quadro 2. Relação de avaliações e cores.	83
Quadro 3. Sobre a página de apresentação do EletricGame.	84
Quadro 4. Sobre a fase 1.	84
Quadro 5. Sobre a fase 2.	85
Quadro 6. Sobre a fase 3.	85
Quadro 7. Sobre a fase 4.	86
Quadro 8. Sobre a fase 5.	86
Quadro 9. Sobre a fase 6.	87
Quadro 10. Sobre a fase 7.	87
Quadro 11. Sobre a avaliação geral (parte 1).	88
Quadro 12. Sobre a avaliação geral (parte 2).	88
Quadro 13. Comentários e sugestões.	89

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Parâmetros anteriores da turma 1.	68
Gráfico 2. Parâmetros anteriores da turma 2.	69
Gráfico 3. Parâmetros anteriores da turma 3.	69
Gráfico 4. Parâmetros anteriores da turma 4.	70
Gráfico 5. Parâmetros anteriores da turma 5.	70
Gráfico 6. Parâmetros anteriores da turma 6.	71
Gráfico 7. Parâmetros posteriores da turma 1.	78
Gráfico 8. Parâmetros posteriores da turma 2.	78
Gráfico 9. Parâmetros posteriores da turma 3.	79
Gráfico 10. Parâmetros posteriores da turma 4.	79
Gráfico 11. Parâmetros posteriores da turma 5.	80
Gráfico 12. Parâmetros posteriores da turma 6.	80
Gráfico 13. Parâmetros posteriores das médias das seis turmas.	81
Gráfico 14. Recomendações por professores.	89

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	15
CAPÍTULO 1 – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA ATRAVÉS DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS E VIRTUAIS .....	19
<b>1.1 Atividades Experimentais</b> .....	20
<b>1.2 Atividades Virtuais</b> .....	22
CAPÍTULO 2 – CONCEITOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS .....	25
<b>2.1 Fonte de Força Eletromotriz</b> .....	26
<b>2.2 Resistência Elétrica e Lei de Ohm</b> .....	32
<b>2.3 Resistores Elétricos</b> .....	37
<b>2.4 Associação de Resistores em Série</b> .....	39
<b>2.5 Associação de Resistores em Paralelo</b> .....	41
<b>2.6 Associação mista de Resistores</b> .....	43
<b>2.7 Conceitos aplicados à Supercondutividade</b> .....	46
CAPÍTULO 3 – A UTILIZAÇÃO DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS E VIRTUAIS PARA A EFETIVAÇÃO DO CONHECIMENTO SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS. 53	
<b>3.1 Metodologia</b> .....	53
1ª Etapa: Coletânea de Experimentos, de Simulações e a Produção do EletricGame. ....	54
2ª Etapa: Mesclagem desse catálogo com os planejamentos semestral e bimestral de aulas na escola: .....	66
3ª Etapa: Levantamento do desempenho dos estudantes em atividades e provas anteriores como parâmetro de verificação do conhecimento prévio dos alunos. 68	
4ª Etapa: Implementação das atividades experimentais e a utilização do jogo EletricGame. ....	71
5ª Etapa: Análise da eficiência do projeto através do desempenho dos alunos posterior a ela. ....	77
6ª Etapa: Avaliação de docentes de Física sobre o EletricGame. ....	83
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	91
REFERÊNCIAS.....	93
ANEXO 1.....	96
ANEXO 2 (FICHA DE AVALIAÇÃO PARA DOCENTES).....	97
APÊNDICE A (PRODUTO EDUCACIONAL - COLETÂNEA DE EXPERIMENTOS, DE SIMULAÇÕES E A PRODUÇÃO DO ELETRICGAME) .....	111

## INTRODUÇÃO

A educação no Ensino Fundamental e Médio em escolas públicas, principalmente na área de Ciências, vem padecendo por falta de criatividade e de investimento. Gerando, por conseguinte, desinteresse dos estudantes pelas áreas de Ciências Exatas e da Natureza, assim, na Física não seria diferente. Alguns empecilhos se devem a determinadas temáticas muito abstratas e com difícil assimilação natural, como por exemplo, estudo de circuitos elétricos. Diante de tanta dificuldade, cabe ao educador procurar lecionar o conteúdo de maneira mais eficiente.

Essa experiência negativa foi presenciada enquanto docente na rede pública de ensino, após a conclusão do 1º bimestre letivo corrente ao ver o desempenho da turma através das médias, essenciais apenas para a aprovação, o que despertou o interesse em mudar a abordagem com a qual os assuntos poderiam ser ensinados. Esse resultado despertou o seguinte questionamento: como poderia sair do tradicionalismo predominante no período escolar citado e partir para métodos onde a aprendizagem se torna significativa? Primeiramente seriam necessárias ferramentas que possibilitassem essa transição. Chegou-se, então, nas metodologias mais citadas atualmente em periódicos e revistas do ramo: o uso de experimentos utilizando materiais de baixo custo e a utilização de softwares e simuladores.

O uso de experimentos no ensino de Física permite que os alunos consigam representar e visualizar o funcionamento dos fenômenos estudados, o manuseio e a interação com esses recursos facilitam a aplicabilidade dos conceitos vistos na aula expositiva com o cotidiano e contexto do aluno na sociedade. Quando utilizamos de materiais alternativos, ou de baixo custo, conseguimos contornar possíveis dificuldades estruturais e de materiais caros que uma escola pode apresentar, o que torna a prática experimental mais fácil de ser implementada.

Enquanto que o uso de softwares e simuladores de experimentos no ambiente virtual permite a maximização de controle sob as causas e efeitos de variáveis controláveis, e no caso das que serão descritas no trabalho, ajudam no processo de saída do imaginário e de total abstração para algo ao menos visualizável, aqui sendo o movimento de elétrons.

Uma metodologia não depende da outra, mas para esse trabalho pensou-se na possibilidade de como poderíamos unir aulas expositivas com atividades práticas e virtuais para a efetivação da aprendizagem significativa de Circuitos Elétricos? Surgiu a ideia e a necessidade da produção e promoção de uma coletânea de experimentos físicos e simuladores virtuais voltados para o ensino de Circuitos Elétricos que pudessem suprir dificuldades enfrentadas pela comunidade escolar em promover um ensino de qualidade e a partir daí concretizar um aprendizado mais eficiente, fugindo do “básico apenas para passar”.

Considerando tudo que foi exposto, o objetivo geral desse trabalho é desenvolver um texto didático em forma de coletânea com experimentos de baixo custo e simuladores virtuais voltados para o ensino de Circuitos Elétricos para o terceiro ano do Ensino Médio. Isso ocorrerá ao cumprirmos alguns objetivos específicos ao longo da aplicação dele, como: 1) formalizar o desempenho dos alunos antes e depois do projeto por meio das avaliações previstas no calendário escolar; 2) construir atividades experimentais de baixo custo como auxiliaadoras no processo de contextualização dos conceitos de Circuitos Elétricos no cotidiano; 3) utilizar os simuladores “Virtual Kit DC”, “Lei de Ohm” e “Resistência em um fio” para a visualização do comportamento dos elétrons, da corrente elétrica, da DDP e dos resistores em Circuitos Elétricos e uso do EletricGame para revisar tais conceitos; 4) avaliar a viabilidade do jogo EletricGame com base na análise de professores da área e disponibilizá-lo junto com o texto didático para a comunidade voltada ao ensino de Física.

Com essa roupagem em forma de coletânea, espera-se que ocorram algumas adaptações necessárias para a eficácia dela, por exemplo, atente-se mais para a proximidade da Física com a realidade dos estudantes, além do formalismo teórico e matemático; tenta-se também a aplicabilidade de ambos no dia-a-dia deles, com isso acredita-se na viabilidade de sua educação cidadã e crítica individual e coletiva. Para ocorrer a aproximação com a realidade da escola pública, procurou-se softwares gratuitos em plataformas comuns para a maioria, como computadores e smartphones, e além deles, foram usados materiais de baixo custo para que todos pudessem ter acesso e condições de confeccionarem experimentos propostos nas aulas.

Portanto, a aplicabilidade do estudo de Circuitos Elétricos ocorreu com execuções de aulas expositivas atreladas à práticas com experimentos reais criados em sala de aula e em conjunto com o manuseio de atividades virtuais no laboratório de Informática, em consonância com o conhecimento prévio dos estudantes. Com essa transcendência que extrapolava os limites do quadro e caderno, havia possibilidade de ver os fenômenos expostos na prática, de forma lúdica e participativa por parte dos alunos com montagem e manuseios, e também era possível visualizar o que acontece no microcosmo dos componentes elétricos, o movimento, a interação e o comportamento que não é possível a olho nu.

Então, em suma, essa dinâmica do projeto envolveu a realização de experimentos por meio de construção, análise e utilização de Circuitos Elétricos palpáveis, seguida da manipulação virtual em softwares on-line e do game *ElectricGame* desenvolvido pela própria produtora desse trabalho na plataforma *Scratch*. Essa alternância entre ambiente físico e virtual foi uma tentativa de dinamizar o ensino de Física e torná-lo mais atraente e prazeroso, oferecendo estratégias que tragam resultados satisfatórios aos processos de ensino e aprendizagem do aluno. De tal modo que não somente privilegie e perpetue o modelo de ensino tradicional, mas alavanque o padrão de qualidade do referido ensino dando um toque diferente e atual.

As aulas previstas nesse projeto foram ministradas no terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública de Manaus/AM, e se deram através de aulas mais atrativas e dinâmicas, afim de fixar e possibilitar a aplicação de tais concepções no cotidiano do discente, a ponto de avaliar e comparar o desempenho dos discentes antes e depois das ações desenvolvidas.

A escolha pela utilização das práticas físicas e virtuais provém do entendimento de que experimentos e simuladores proporcionam melhor entendimento por parte dos alunos. A fuga do tradicionalismo para a aplicação contextualizada permite a projeção da realidade do discente consolidando assim um dos pilares da aprendizagem significativa defendida por David Ausubel e Marco Antônio Moreira, dois grandes influenciadores e norteadores para o planejamento e desenvolvimento dessa pesquisa.

Vale ressaltar a possibilidade de flexibilizar as práticas a serem demonstradas aqui, de tal modo que possa ser facilmente adaptada à realidade escolar do docente inspirado por ela. A ponto de que a criatividade do mesmo possa viabilizar mecanismos contornando, por exemplo, falta de laboratório de Informática em sua instituição de ensino, bem como a possibilidade de utilização de materiais de baixo custo na eventual falta de equipamentos, experimentos e laboratório de Física.

Os ganhos dessas práticas ultrapassam as barreiras da disciplina na sala de aula e podem alcançar outros docentes que estejam dispostos a aplicarem tais metodologias e recursos, compatíveis com sua realidade, no seu ensino. E foi exatamente o que a conclusão desse projeto fomentou, através de entrevista com outros professores, analisou-se a execução do que fora feito aqui e até que ponto essa prática poderia ser recomendada em outras escolas para outros alunos.

## **Capítulo 1 – Aprendizagem Significativa Através de Práticas Experimentais e Virtuais**

Vamos compreender os motivos centrais pela escolha em desenvolver prática experimental e prática virtual através da formalização das teorias que nos subsidiou. Em primeiro lugar, devemos obrigatoriamente apontar a corrente de ensino-aprendizagem que norteia esse projeto desde sua idealização até a concretização através de sua aplicação aos alunos que fazem parte de seu público alvo. Fugindo, sempre que possível, do tradicionalismo de professor como detentor de todo conhecimento e a Física como ciência acabada, temos como ponto de partida o conceito de aprendizagem significativa feita por Moreira (2015, p.57):

No processo de aprendizagem significativa, na captação e internalização de significados, deve haver uma interação cognitiva entre conhecimentos novos e conhecimentos prévios. Nesse processo, conhecimentos prévios servem de “ancoradouro” cognitivo para novos conhecimentos, porém não é qualquer conhecimento prévio que pode viabilizar essa “ancoragem”.

De modo sintetizado, para Moreira o professor precisa considerar os conhecimentos prévios dos alunos e a partir disso, instigar o acréscimo um novo. Essa relação já era falada muitas décadas atrás, sobre problemas repassados aos alunos que seja necessário que haja continuidade de conteúdos, de modo que o mesmo possa associar o aprendido anteriormente com o problema atual, essa relação vai permitir que quando organizados, possam produzir aprendizado significativo a ponto de concretizar o que foi aprendido, como afirma Ausubel (1968, p.533):

Problem solving refers to any activity in which both the cognitive representation of prior experience and the components of a current problem situation are organized in order to achieve a designated objective.

A necessidade de abordar os assuntos da Física de maneira significativa é evidenciada por Sasseron (2010, p.1), quando ela instiga que estamos em uma sociedade cada vez mais tecnológica, em que a ciência é puramente aplicada em dispositivos cada vez mais sofisticados e mesmo assim na escola falamos de uma Física de séculos atrás sobre “pudim de passas”, ainda para ela, não podemos exigir que os alunos sejam capazes de relacionar tais conteúdos com suas vivências se ainda não fazemos deles, alunos críticos, tal status vindo de uma eficaz aprendizagem.

A seguir, vamos analisar as duas práticas desenvolvidas nesse trabalho que engajadas nas teorias de Ausubel, Moreira e Sasseron tentaram contribuir para a aprendizagem significativa dos alunos envolvidos.

### **1.1 Atividades Experimentais**

Muito se é falado da “vilania” da disciplina de Física no Ensino Médio, podendo ser entendida principalmente pela chegada repentina no primeiro ano. Resultado da soma de vários fatores desde a interpretação de texto deficiente, o aprendizado incompleto de operações matemáticas até a falta de preparo para raciocínio lógico, o sentimento de aversão do aluno é alimentado até o seu último ano no Ensino Regular, como afirma Gaspar (2008), “para que um exercício de Física seja resolvido, não basta apenas que o estudante saiba a teoria, ele precisa, além de tudo [...] deve saber interpretar o enunciado das questões, utilizar as expressões matemáticas necessárias, saber equacioná-las e resolvê-las”.

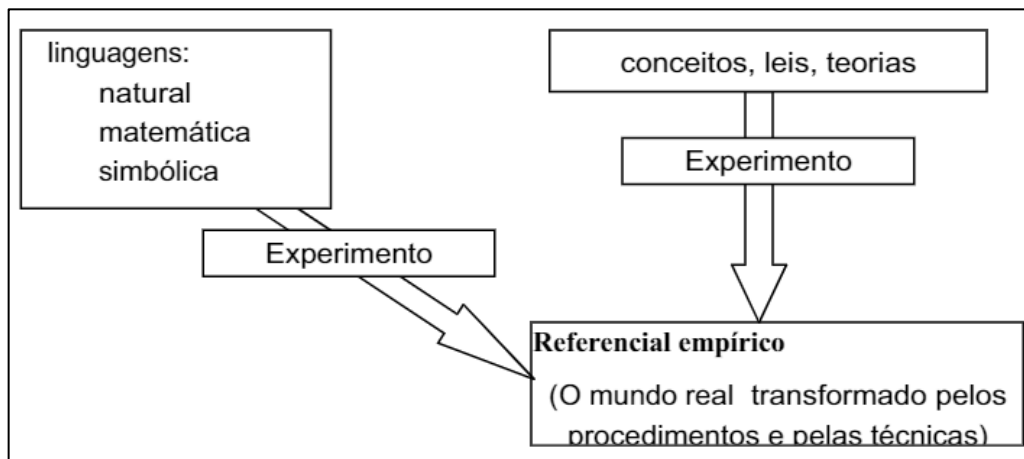
Então, como ensinar Física? Quem dera houvesse resposta pronta para isso. Ao invés disso, vamos nos perguntar: quais ferramentas podemos utilizar para ensinar Física? Aí temos uma variedade de oportunidades, vejamos as que contemplam nossa pesquisa que são experimentação prática e a utilização de software.

A utilização de experimentos para aprender Física se caracteriza como essencial na medida em que desperta o interesse dos estudantes em repetir um modelo e atingir objetivos, conforme Moraes (2000, p.239) os alunos que acompanham suas aulas teóricas com suporte experimental, apresentam melhores índices de aprendizagem.

Em alguns momentos como docentes, nos deparamos com as perguntas do tipo “onde eu vou usar isso na minha vida?”, esse questionamento surge, em parte, pela falta de transposição daquilo visto no livro didático para o mundo real, e a experimentação pode nos ajudar nisso, como diz Séré, Coelho e Nunes (2003, p.39), compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Ainda de acordo com Séré et al (2003, p.38-39), a prática experimental fortalece o aprendizado a medida em que para desvendar um fenômeno físico é necessária ainda mais teoria. E que esse processo estabelece a

relação três polos: o empírico; os conceitos; e as linguagens, como são ilustrados na figura 1.

**Figura 1 - Esquema representando os polos da experimentação.**



Fonte: Séré et al (2003, p. 39).

As demonstrações experimentais carregam consigo a possibilidade de mostrar a Física real, longe da abstração e idealidade que preenchem os livros didáticos em que muitas variáveis opostas são desprezadas. Ainda que sejam simples e direto na sala de aula, essas práticas têm a capacidade imitar a realidade daquele grupo, quiçá até falhas devido as circunstâncias possam despertar a dúvida e investigação, como pontuam Gaspar e Monteiro (2005, p.232):

A atividade de demonstração experimental em sala de aula, particularmente quando relacionada a conteúdos de Física, apesar de fundamentar-se em conceitos científicos, formais e abstratos, tem por singularidade própria a ênfase no elemento real, no que é diretamente observável e, sobretudo, na possibilidade simular no micro-cosmo formal da sala de aula a realidade informal vivida pela criança no seu mundo exterior.

Em um estudo de campo elaborado por Barreiro e Bagnato (1992, p.242) com objetivo de comparar aulas entre anos subsequentes sem e com experimentações em um curso de engenharia, trouxeram os seguintes comentários dos alunos: “*melhor do que no ano passado*”, “*ótima combinação de aulas teóricas, demonstrativas e de exercícios*”, “*mais empenho na preparação das aulas de exercícios*”, e, “*método bom, adequado, bem aplicado à matéria, aulas bem distribuídas*”. Mesmo que esse estudo fuja do ensino médio, a metodologia mostra seu louvor no objetivo instigar e motivar. Podemos observar, também, que pelo ano de publicação que a experimentação e demonstração não são práticas recentes.

Uma das maiores resistências quanto à prática experimental é a falta de estrutura em muitas escolas do país o que acaba desmotivando professores, em muitos casos a oportunidade de tal meio só ocorre com a extrema força de vontade do profissional em construir seus próprios experimentos com materiais alternativos. Axt e Moreira (1991, p.99) expressam pesar ao afirmarem o não constrangimento dos docentes a manufaturarem esses materiais que são de responsabilidade das autoridades e sociedade, porém afirmam que esses mesmos não podem esperar parados até que a escola possua laboratórios e materiais, esses “cavacos do ofício” podem ser contornados com coleta de materiais “aqui e acolá” envolvendo alunos e comunidade escolar.

Em consenso com o exposto anteriormente, Araújo e Abib (2003, p.176) contribuem ao concluírem que o uso de atividades experimentais tem sido apontado como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente.

## **1.2 Atividades Virtuais**

Com o boom da computação na sociedade os questionamentos sobre sua aplicabilidade na educação começaram a serem feitos, começamos nossa análise das atividades virtuais a partir desse paradigma, Papert<sup>1</sup> (1980 apud Fiolhais; Trindade, 2003, p.261) sendo um dos pioneiros nesse ramo viu os computadores como ferramentas que viabilizavam a exploração dos nutrientes cognitivos, ou seja, os elementos que compõem o conhecimento, e ainda, que deveria haver contato direto entre usuário e máquina aprimorando as interfaces. Esse embate apontado a mais de 40 anos atrás é de extrema relevância, pois estamos vivenciando e provando a cada dia.

Com o passar dos anos e das revoluções tecnológicas temos o encontro de gerações, por exemplo, pessoas que viram o nascimento do celular e pessoas que, de certo modo, já nasceram com celular, e mais, muitas vezes esses dois se encontram em uma sala de aula. Prensky (2001, p.2) em seu estudo nomeia o primeiro de Imigrante e o segundo de Nativo digital. Para ele, os nativos gostam de processos paralelos e multitarefas, eles preferem representações gráficas ao invés

---

<sup>1</sup> Professor que em 1980 criou a linguagem de computador “Logo” para crianças programarem e desenharem figuras matemáticas.

de texto escrito, priorizam o hipertexto e prosperam com gratificação instantânea e recompensas frequentes, coisas comuns em jogos. O que pode ser entendido também por Moran (2013, p.7):

As tecnologias nos ajudam nesta construção, facilitando a pesquisa, a interação e, principalmente, a personalização do processo [...] As tecnologias são cada vez mais multimídia, multi-sensoriais. As gerações atuais precisam mais do que antes do toque, da muleta audiovisual, do andaime sensorial. É um pondo de partida, uma condição de identificação, de sintonização para evoluir, aprofundar. O problema é que muitos, durante a vida toda, não ultrapassam a necessidade do apoio sensorial e permanecem nas dimensões mais aparentes da informação e do conhecimento. Permanecem na periferia das possibilidades do conhecimento. Permanecem num conhecimento “amarrado”,

Para reforçar a ideia na necessidade de transformação na forma de ensino para obter melhor aprendizado Oliveira e Pereira (2018, p.51) afirmam que estamos vivenciando um período de grandes revoluções no cenário educacional, e precisamos estar em busca da construção de novos saberes, em suma, elas indicam, por exemplo, para um professor de ciências não basta apenas o saber científico e pedagógico, o mesmo precisa buscar seu saber digital para que só assim ele possa facilitar a explanação de seus dois saberes antes existentes.

Como todas as metodologias, as TIC's não são milagrosas, é necessário que haja planejamento do docente, como se referem Sartori, Hung e Moreira (2016, p.140) ao criticarem as inserções abruptas de novas tecnologias nas escolas que podem trazer frustrações tanto para o corpo pedagógico, docente e discente. Podendo haver prejuízo quanto a utilização em cunho coletivo e individual, principalmente em âmbito público.

Nogueira (2006, p.451) se atentou em verificar, por exemplo, sobre a utilização de simuladores de experimentos dentro das universidades em países em desenvolvimento, para ele o investimento nesse ramo é de suma importância, pois o mercado de trabalho exige familiaridade com essa ferramenta. Podemos ampliar esse pensamento para a seguinte análise, basta um simulador virtual eficiente para suprir a falta de um experimento por falta de equipamentos? Ou ainda, e combinados, quais seriam as vantagens para o ensino aprendizagem?

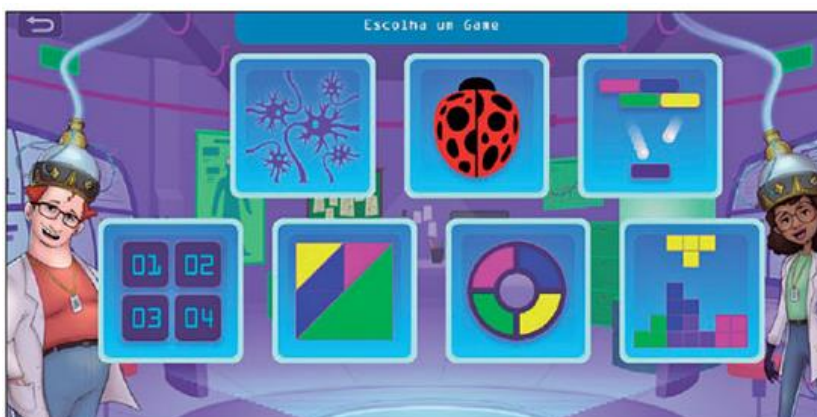
Eis que surge nosso objeto de implementação de atividade, considerando os pontos positivos da prática virtual em benefício do aprendizado, se oportunizou a

utilização da ferramenta Scratch, desenvolvida pelo grupo de pesquisa *Lifelong Kindergarten* no Laboratório de Mídias do Massachusetts Institute of Technology – MIT. A escolha por tal plataforma se deu após conhecê-la durante a disciplina de “Atividades Computacionais para o Ensino Médio e Fundamental I” no programa do MNPEF e ser de fácil entendimento, como bem destacam Dias e Serrão (2014, p.1477), por ser destinada à introdução de pessoas sem conhecimento em programação, inclusive crianças, foi muito acessível e de moderada facilidade para o desenvolvimento de um jogo autoral, o EletricGame.

Chegamos ao ponto crucial, unindo a aprendizagem significativa com as possibilidades virtuais, para Moreira (2015, p.58) os “ambientes virtuais apresentam um grande potencial para atender diferenças individuais não só em termos de conhecimentos prévios, mas também, por exemplo, em relação a estilos cognitivos”. Dessa maneira, foi pensado em um jogo com o objetivo de desafio e estímulo através de recompensas, a pontuação. No EletricGame, que será completamente explorado no capítulo 3, a cada nível com grau de dificuldade crescente é exigido ainda mais embasamento teórico cumulativo, essa forma lúdica de consolidação de conhecimento é evidenciada por Ramos (2013, p.30), e pode ser visto na figura 2.

[...] podemos reconhecer a contribuição que os jogos cognitivos oferecem ao desenvolvimento de aspectos cognitivos que são fundamentais para a aprendizagem. Assim, ao incluir o uso desse tipo de jogos na escola estamos favorecendo o desenvolvimento de habilidades que repercutem sobre o desenvolvimento dos alunos e com o seu processo de aprendizagem.

**Figura 2 - Exemplo de jogo cognitivo.**



Fonte: Ramos e Rocha (2016, p.134).

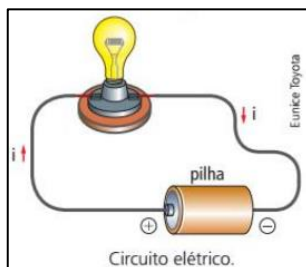
## Capítulo 2 – Conceitos de Circuitos Elétricos

Esse projeto teve embasamento do saber científico de acordo com os conceitos já conhecidos ao longo da construção acadêmica e docente da mestranda, inclusive, como suporte formal dos assuntos abordados usou-se o livro “Teoria do Eletromagnetismo”, volume II, com autoria de Kleber Daum Machado que fora utilizado durante a disciplina “Eletromagnetismo” no programa do MNPEF. Ainda em nível superior, foi utilizado o livro “Curso de Física básica 3 - Eletromagnetismo” do H. Moysés Nussenzveig, 1ª edição de 1997. Bem como, foi utilizada a obra “Física Conceitual” 12ª edição, de Paul G. Hewitt, que sempre acompanhou a então professora em seus planejamentos de aulas e projetos escolares. Por último, foi levado em consideração o “Física Aula por Aula” 3ª edição, de Benigno Barreto e Cláudio Xavier, esse último usado pelos alunos no período de aplicação das aulas e pesquisa.

Usando a mesma sequência de tópicos presente em ambos os livros, veremos nesse capítulo a explanação de temas dentro dos circuitos elétricos, e partindo do princípio do qual os estudantes já têm os conhecimentos prévios adquiridos através dos assuntos anteriores, como corrente e tensão elétrica, nosso aprofundamento iniciará a partir do entendimento de componentes de um circuito elétrico, compondo-o com resistores únicos ou associados em série, paralelo e misto matematizando-os através da 1ª Lei de Ohm.

Para ser configurado como circuito elétrico, Barreto e Xavier (2016, p. 87) afirmam que precisamos que haja um conjunto formado por fonte de tensão elétrica, conectada por condutores por onde passará uma corrente elétrica e um equipamento resistivo. Dessa maneira, Machado (2002, p.91) classifica esses componentes como geradores com a função de produzirem correntes elétricas, e receptores que utilizam dessas correntes produzidas para a transformação da energia de movimento dos elétrons em outras formas de energia. Podemos ver na figura 3 um circuito elétrico simples, nele há um gerador elétrico (pilha), condutor (fio metálico) conectado a um receptor (lâmpada) que transforma a energia elétrica em energia luminosa.

**Figura 3 - Exemplo de circuito elétrico básico.**



Fonte: Barreto; Xavier (2016, p.87).

O início do saber da Física para essa dissertação se dará pela determinação de correntes elétricas estacionárias, uma vez que Nussenzveig (1997, p.103) conceitua a elas o fluxo elétrico que não varia com o tempo, diferente de estático, afinal a corrente elétrica é associada a cargas em movimento. Machado (2002, p.29) evidencia a aplicação de um agente externo, que será determinado a seguir, capaz de produzir a variação de cargas em um condutor elétrico, segundo ele, sem esse agente as cargas elétricas ao serem introduzidas em um condutor atingiriam rapidamente o equilíbrio eletrostático, logo não se moveriam mais. Assim, de maneira constante, estacionária, os elétrons seriam sempre influenciados por um campo externo, o que originaria a corrente elétrica estacionária para um circuito elétrico.

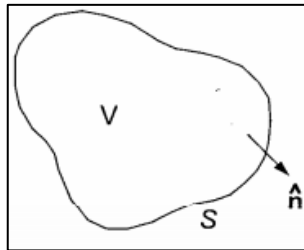
## **2.1 Fonte de Força Eletromotriz**

De acordo com Nussenzveig (1997, p.120), a passagem de uma corrente elétrica estacionária  $i$  através de uma diferença de potencial (tensão elétrica)  $V$  gera a cada unidade de tempo uma energia elétrica  $iV$  que pode ser convertida em outras formas de energia. Mas como ele mesmo questiona: de onde vem essa energia capaz de manter essa corrente estacionária?

Como já foi mencionado, agora Machado (2002, p.30) detalha que o responsável por esse “bombeamento” é a fonte de força eletromotriz – fonte de fem, essa força impede que haja equilíbrio eletrostático, pois sempre fará o transporte de cargas negativas. E ainda, Nussenzveig (1997, p.120) nos ressalta que essa fonte de fem precisa exercer uma força não-eletrostática, ele chega a essa conclusão após formalizar matematicamente através da lei de conservação da carga (equação

da continuidade), como veremos a seguir. Nussenzveig (1997, p.101) considera um volume arbitrário  $V$  limitado por uma superfície  $S$ , e seja  $\hat{n}$  o versor normal externa a  $S$ , como mostra a figura 4. Por definição de  $J$ , o fluxo  $\oint_S J \cdot \hat{n} dS$  representa a quantidade total de carga que sai de  $V$  por unidade de tempo através de  $S$ , num dado instante.

**Figura 4 - Volume arbitrário de integração.**



Fonte: Nussenzveig (1997, p.101).

A quantidade que sai durante um intervalo  $dt$  é:

$$dt \oint_S J \cdot \hat{n} dS$$

Pela lei de conservação da carga isso representa a redução  $-dq$  da carga total contida em  $V$ , ou seja,

$$\oint_S J \cdot \hat{n} dS = -\frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Porém, como a corrente elétrica é estacionária, devemos ter  $dq/dt = 0$ , logo o resultado da forma integral fica:

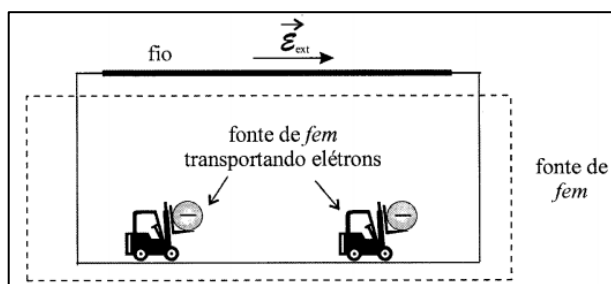
$$\oint_S J \cdot \hat{n} dS = 0 \quad (2)$$

Isso implica, segundo Nussenzveig (1997, p.120), que seguindo uma relação análoga à lei de condução do calor, porém referida à densidade de corrente  $J$ , a condutividade do material  $\sigma$  e o campo elétrico  $E$ :  $J = \sigma E$ ; as linhas de força de  $E$  precisariam ser fechadas, o que é incompatível para o qual  $\oint E \cdot dl = 0$ . Finalizando, então, essa ideia de que a fonte de fem é de fato uma força não eletrostática para que a corrente seja estacionária. Assim, o autor ainda evidencia que Alessandro Volta foi o primeiro físico a demonstrar essa transferência de cargas elétricas ao produzir correntes elétricas estacionárias a partir da conversão de reações químicas em terminais de zinco e cobre, conhecida como pilha voltaica.

Hewitt (2015, p.432) pontua que pilhas e baterias químicas são exemplos de fontes de *fem*, responsáveis pela criação da “pressão elétrica” que move os elétrons pelo circuito a partir da “voltagem” criada em seus terminais bipolares.

Dessa maneira, para explicar o funcionamento de uma fonte de *fem*, Machado (2002, p.30) supõe que haja um fio condutor horizontal de certo tamanho *L* submetido a um campo elétrico externo  $\vec{\mathcal{E}}_{ext}$  constante, da esquerda para a direita, como mostra a figura 5. Pela configuração, há um acúmulo de elétrons à esquerda e falta na direita, correspondendo à extremidade “negativa” e “positiva” respectivamente. O autor estima então, que a fonte de *fem* é um mecanismo que transporta as cargas negativas em excesso de um lado para o outro, de modo que impeça o equilíbrio eletrostático, para isso realizam algum trabalho sobre as cargas devido a alguns processos internos ao aparelho.

Figura 5 - Ilustração da *fem*.



Fonte: Machado (2002, p.30).

Quando nos referimos às fontes de tensão elétrica, falamos do efeito recorrente à Diferença de Potencial – ddp – definida lá na Eletrostática, através da ddp as cargas negativas fluem quando são bombeadas para longe das cargas positivas (Hewitt 2015, p.432). Como reforça Machado (2002, p.31), a fonte de *fem* vai existir com ou sem condutor externo, vai produzir em suas extremidades (terminais) essa separação de cargas, tornando-se sempre uma fonte de ddp, de modo que um terminal terá potencial elétrico maior, chamado ânodo (+), e outro menor, chamado cátodo (-). Dessa maneira, a *fem* realiza trabalho sobre as cargas positivas, transferindo-as do cátodo para o ânodo, assumindo que a energia potencial é dada por:

$$\Delta U = Q(\mathbb{V}_{\hat{a}nodo} - \mathbb{V}_{c\hat{a}todo}) \quad \text{sendo:} \quad \mathcal{V} = (\mathbb{V}_{\hat{a}nodo} - \mathbb{V}_{c\hat{a}todo})$$

Assim,

$$\Delta U = Q\mathcal{V}$$

O aumento da energia potencial é obtido mediante trabalho interno da fonte de  $fem$ , então:

$$\Delta U = W_{fem}$$

Nesse sentido, o trabalho da fonte de  $fem$  equivale à variação de energia potencial elétrica:

$$W_{fem} = Q\mathcal{V}$$

Agora, temos que a força eletromotriz  $\mathcal{E}$  é definida por meio da integral

$$\mathcal{E} = \oint_C \vec{f}_{int} \cdot d\vec{l} \quad (3)$$

Onde  $\vec{f}_{int}$  representa as forças internas à fonte de  $fem$  por unidade de carga, que dever ser feita sobre todo o circuito, considerando-se um percurso fechado  $C$ , (Machado 2002, p.32).

$$\mathcal{E} = \int_{cátodo}^{\hat{a}nodo} \vec{f}_{int} \cdot d\vec{l} \quad (4)$$

Dentro de uma fonte de  $fem$  as cargas são transferidas em equilíbrio, de modo que a soma da força total nas cargas é nula, resultante da força produzida pela fonte de  $fem$  e da força elétrica por unidade de carga:

$$\vec{f}_{int} + \vec{\varepsilon} = 0$$

Onde  $\vec{\varepsilon}$  é o campo elétrico dentro da fonte de  $fem$ , portanto:

$$\vec{f}_{int} = -\vec{\varepsilon}$$

Substituindo a expressão 4:

$$\mathcal{E} = - \oint_{cátodo}^{\hat{a}nodo} \vec{\varepsilon} \cdot d\vec{l} \quad (5)$$

Em definição, Machado (2002, p.33) utiliza a segunda lei de Maxwell na forma integral<sup>2</sup>:

$$\mathbb{V}(\vec{r}) = \mathbb{V}(\vec{r}_{ref}) - \int_{\vec{r}_{ref}}^{\vec{r}} \vec{\varepsilon} \cdot d\vec{l}$$

De modo que,  $\vec{r}$  corresponde ao ânodo e  $\vec{r}_{ref}$  ao cátodo, temos:

<sup>2</sup> Presente em capítulos anteriores que não condizem ao parâmetro estabelecido nessa pesquisa.

$$V_{\hat{a}nodo} - V_{c\hat{a}todo} = - \int_{c\hat{a}todo}^{\hat{a}nodo} \vec{\epsilon} \cdot d\vec{l}$$

Inserindo a expressão 5:

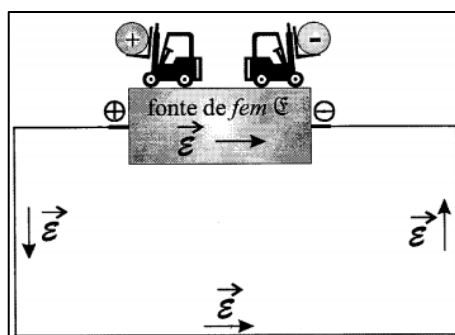
$$V_{\hat{a}nodo} - V_{c\hat{a}todo} = \mathcal{E}$$

Considerando novamente  $\mathcal{V} = (V_{\hat{a}nodo} - V_{c\hat{a}todo})$ , temos:

$$\mathcal{V} = \mathcal{E}$$

Machado (2002, p.33-35) conclui que em uma fonte de *fem* ideal, ou seja, sem dissipação de energia, o valor dessa força eletromotriz se equivale à diferença de potencial. Em seguida, por analogia, o autor remete à possibilidade do trabalho ser exercido sobre cargas negativas, transferindo-as do ânodo para o cátodo, concluindo que  $\mathcal{E}' = -\mathcal{V}$ , ou seja, em módulo as situações são numericamente iguais, e a *fem* não necessita de sinal, pois a situação em que transfere caras positivas ou negativas é a mesma. Isso resulta na seguinte situação, caso um condutor elétrico seja preso nas extremidades da fonte de *fem*, haverá o transporte simultâneo das duas cargas dentro dela, e, ocasionará no material conectado uma força proveniente do campo elétrico  $\vec{\epsilon}$  que será oposto do campo na fonte de *fem*, como é visto na figura 6:

**Figura 6 - Campos elétricos internos e externos da *fem*.**



Fonte: Machado (2002, p.35).

Aproveitando a oportunidade, Machado (2002, p.36) e Nussenzveig (1997, p.99) ainda evidenciam que desse fenômeno descrito há o surgimento da “Corrente Elétrica” (expressão 6).

$$i = \frac{dQ}{dt} \tag{6}$$

Ainda definido por Nussenzveig (1997, p.99) como *Coulomb/segundo*, estima que em uma passagem de  $1\text{Coulomb}$  a cada  $1\text{segundo}$  equivale a:

$$\frac{1C}{e} = \frac{1C}{1,6 \cdot 10^{-19}C} \approx 6,2 \cdot 10^{18} \text{ elétrons}$$

Machado (2002, p.36) aponta que a convenção aceita no sistema internacional é definido pelo movimento das cargas positivas livres, considerando o valor positivo da corrente elétrica. Obedece o sentido do campo elétrico dentro do fio, ou seja, fora da fonte de *fem*, em outras palavras, o sentido convencional da corrente elétrica é oposto ao movimento das cargas negativas. Dessa maneira, a velocidade de arrastamento  $\vec{v}_a$  de uma carga positiva deve ser constante pois a corrente é constante, e como a velocidade dela vai na mesma direção e sentido do campo externo, escreve-se:

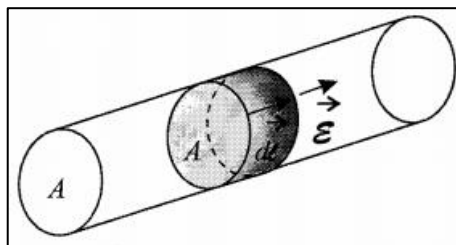
$$\vec{v}_a = v_a \hat{\varepsilon} \quad (7)$$

Onde  $\hat{\varepsilon}$  é um versor que acompanha a mesma direção e sentido em cada ponto do fio. Machado(2002, p.37) considera uma seção transversal de um fio cuja área é  $A$  e por ela passa uma quantidade de carga  $dQ$  em um intervalo de tempo  $dt$ , expressa por:

$$dQ = \rho dV \quad (8)$$

Sendo  $\rho$  a densidade volumétrica de carga móvel e  $dV$  um elemento de volume do fio correspondente a:  $dV = A|d\vec{l}|$ , como vemos na figura 7:

**Figura 7 - Elemento  $dV$  em um condutor elétrico.**



Fonte: Machado (2002, p.37).

Assumindo, devido a expressão 7, que  $d\vec{l} = |d\vec{l}|\hat{\varepsilon}$ , temos:

$$dQ = \rho A d\vec{l} \cdot \hat{\varepsilon} \quad (9)$$

Usando a expressão da corrente elétrica (6):

$$i = \frac{dQ}{dt}$$

$$i = \rho A \left( \frac{d\vec{l}}{dt} \right) \cdot \hat{\epsilon}$$

$$i = \rho A \vec{v}_a \cdot \hat{\epsilon} \quad (10)$$

Adequando com a expressão 7, Machado (2002, p.38) determina:

$$i = \rho A v_a \quad (11)$$

Em uma suposição, o autor usa como exemplo o sentido real da corrente elétrica, ou seja, diferente do convencional descrito anteriormente, agora vamos acompanhar um elétron se movendo, portanto,  $\rho_- = -\rho$ , por implicação, temos também  $\vec{v}_{a_-} = -\vec{v}_a$ , assim a equação 10 fica:

$$i_- = \rho_- A \vec{v}_{a_-} \cdot \hat{\epsilon}$$

$$i_- = (-\rho) A (-\vec{v}_a) \cdot \hat{\epsilon}$$

$$i_- = \rho A \vec{v}_a \cdot \hat{\epsilon}$$

$$i_- = i$$

Portanto, tanto as cargas positivas quanto negativas irão produzir a mesma corrente elétrica em situações em que o fio é homogêneo.

## 2.2 Resistência Elétrica e Lei de Ohm

Uma analogia que pode ser feita sobre a corrente elétrica é a semelhança com o fluxo de fluidos, quanto à viscosidade do segundo temos a resistência elétrica do primeiro. Os principais fatores vêm das características físicas e moleculares dos materiais usados, desde o comprimento e área até temperatura, pressão e estado físico dos materiais (Machado, 2002, p.42). Dessa maneira, como a produção de fluxo elétrico ( $i$ ) está intimamente ligada à produção de uma tensão elétrica ( $V$ ), pode-se inferir que há uma possibilidade de proporcionalidade direta entre:

$$i \propto V$$

Que a princípio será substituída por uma constante de proporcionalidade  $\mathfrak{G}$ ,

$$i = \mathfrak{G}V \quad (12)$$

Constante essa conhecida como condutância de um material, que indica, caso seja alta: a facilidade com a qual a corrente elétrica o percorre; caso seja baixa:

a dificuldade. Sua unidade é ampère por volt (A/V), e recebeu no nome de Siemens<sup>3</sup> (S), usando a definição mostrada por Machado (2002, p.43) temos:

$$1 S = \frac{1 A}{1 V}$$

Então reescrevemos a expressão 12 em função da corrente elétrica:

$$V = \frac{1}{\mathcal{G}} i$$

Por trivialidade, se temos uma condutibilidade, podemos supor que a resistência  $\mathcal{R}$  é o recíproco dela:

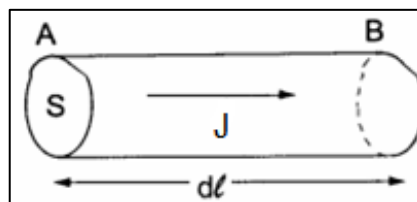
$$\mathcal{R} = \frac{1}{\mathcal{G}}$$

Logo:

$$V = \mathcal{R}i \tag{13}$$

Enquanto isso, Nussenzveig (1997, p.104) estabelece o surgimento da equação 13 a partir da consideração de um trecho  $dl$  de um fio condutor de secção transversal  $S$  sobre o qual a corrente  $\mathbf{J}$  é longitudinal e homogênea. Na situação mostrada na figura 8 os pontos A e B do fio fica sujeito à uma diferença de potencial inicial e final, respectivamente.

**Figura 8 - Trecho de um fio condutor.**



Fonte: Nussenzveig (1997, p.104).

A resistência  $\mathcal{R}$  e a condutância  $\mathcal{G}$  são grandezas macroscópicas, que dependem da forma geométrica e do tipo do material. Quanto maior a área  $A$  da seção transversal, maior a quantidade de carga transportada e maior a corrente elétrica, e quanto mais curto  $L$ , mais rápido a carga ultrapassa, Machado (2002, p.45) assume as proporcionalidades:

$$\mathcal{G} \propto A \qquad \text{e} \qquad \mathcal{G} \propto \frac{1}{L}$$

Inclui uma constante de proporcionalidade  $\varepsilon$  independente de  $A$  e  $L$ , obtém-se a relação:

<sup>3</sup> Em homenagem ao engenheiro elétrico Sir William Karl Wilhelm von Siemens.

$$\mathcal{G} = \varsigma \frac{A}{L} \quad (14)$$

Reescrevemos a expressão 12 como:

$$i = \varsigma \frac{A}{L} V$$

Então, Machado (2002, p.45) define a densidade superficial de corrente  $J$  como sendo a quantidade de corrente  $i$  que atravessa um corte transversal da área  $A$ :

$$J = \frac{i}{A}$$

Logo,

$$J = \varsigma \frac{V}{L} \quad (15)$$

Nesse ponto, opta-se pela escolha de Nussenzveig (1997, p.104) em relação à figura 8 para a integral da ddp entre os pontos  $A$  e  $B$  do fio de comprimento  $L$

$$V_A - V_B = dV = \int_A^B \vec{\varepsilon} \cdot d\vec{l} \quad (16)$$

Essa equivalência ocorre, pois o campo elétrico  $\varepsilon$  é uniforme e paralelo. Em seguida, o mesmo autor usa a definição da intensidade da corrente elétrica que atravessa esse trecho do fio:

$$V = \varepsilon \int_A^B dl$$

$$V = \varepsilon L$$

Ou,

$$\varepsilon = \frac{V}{L} \quad (17)$$

Combinando 17 com 15, temos:

$$J = \varsigma \varepsilon \quad (18)$$

Interpreta-se esse resultado como a densidade de corrente elétrica proporcional a fluxo de campo elétrico no fio condutor.

$$i = \int_S \mathbf{J} \cdot \hat{\mathbf{n}} dS = J \cdot S = \sigma ES \quad (19)$$

Dessa maneira, chega-se:

$$dV = \frac{i}{\sigma S} dl \quad (20)$$

Ele conclui o raciocínio considerando o fio com secção constante, obtendo a expressão:

$$V_A - V_B = V = \mathcal{R}i \quad (21)$$

As equações 13 e 21 são idênticas, estabelecem a Lei de Ohm<sup>4</sup>. Ela evidencia, por exemplo, (Hewitt, 2015, p.434) “um dado circuito onde a resistência é constante a corrente e a voltagem são proporcionais entre si [...] quanto maior a voltagem, maior a corrente”. Como se fosse água fluindo em uma mangueira grossa e outra estreita quando ligadas em uma mesma pressão, quanto mais larga, mais água atravessa a mesma, em uma analogia feita na figura 9.

**Figura 9 - Analogia entre fluxo de um fluido com fluxo elétrico.**



Fonte: Hewitt (2015, p.434).

Partindo do princípio de que a Resistência  $\mathcal{R}$  é o inverso da condutância  $\mathcal{G}$ , temos a definição de que a resistividade  $r$  também sendo inversa à condutividade  $s$ , ou seja:

$$r = \frac{1}{s}$$

E seguindo o que foi feito quanto a relação 14 fica:

$$\begin{aligned} \mathcal{G} &= s \frac{A}{L} \\ \frac{1}{\mathcal{R}} &= \frac{1}{r} \frac{A}{L} \\ \mathcal{R} &= r \frac{L}{A} \end{aligned} \quad (22)$$

E dessa forma, podemos escrever a expressão 18 como:

$$\varepsilon = r \cdot J \quad (23)$$

Os resistores regidos por essa lei são chamados de ôhmicos, para esses, o fator temperatura, entre outros moleculares, não é alterado, ficando apenas dependente do material usado e suas características dimensionais (macroscópicas), como afirma Machado (2002, p.44). Analisando a analogia feita por Hewitt, fica fácil

<sup>4</sup> Em homenagem ao físico George Simon Ohm, primeiro a estudar sobre a relação entre corrente e tensão elétrica nos materiais. A unidade de medida dos resistores é  $\Omega$ .

deduzir que uma carga elétrica terá menos dificuldade em passar por um condutor com grande área  $A$  (inversamente proporcional), e essa mesma carga demorará mais tempo para percorrer caso o condutor tenha grande comprimento  $L$  (diretamente proporcional), logo a resistência  $\mathcal{R}$  do material.

Assumindo que em um caso não-ôhmico, teremos um fator que não depende das dimensões, adicionamos uma constante de proporcionalidade  $r$ , chamado de resistividade<sup>5</sup> que não depende de  $A$  e  $L$ , mas sim da temperatura. De acordo com Machado (2002, p.48) e Nussenzveig (1997, p.105), a resistividade depende da temperatura do condutor, a medida que ele se encontra a temperatura ambiente ou maior, ela aumenta. Para expressar melhor esse comportamento, Machado (2002, p.49) através de sucessivas operações presentes no anexo 1 obtém a expressão 24, onde  $r_0$  é a resistividade na temperatura  $T_0$  (que geralmente  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ ),  $\alpha$  é o coeficiente de resistividade térmica e  $T$  é a temperatura na qual o condutor se encontra:

$$r = r_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (24)$$

Em termos gerais, tanto a resistividade em  $T_0$  quanto o coeficiente de resistividade térmica são valores determinados após testes e experimentos diversos, dessa maneira, são colocados nos livros como “valores tabelados”, tanto no nível superior presentes na figura 10, quanto médio ilustrados na figura 11 mudando apenas as grandezas relevantes a cada fase.

**Figura 10 - Constantes de resistividade elétrica em nível superior.**

	Material	$\rho$ a $20^\circ\text{C}$ em $\Omega \cdot \text{m}$	$\alpha$ (a $20^\circ\text{C}$ )
Metais	Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$	$\sim 4 \times 10^{-3}$
	Prata	$1,6 \times 10^{-8}$	$\sim 4 \times 10^{-3}$
	Alumínio	$2,8 \times 10^{-8}$	$\sim 4 \times 10^{-3}$
	Ferro	$10 \times 10^{-8}$	$\sim 5 \text{ a } 6 \times 10^{-3}$
	Chumbo	$22 \times 10^{-8}$	$\sim 4 \times 10^{-3}$
Semicondutores	Silício puro	$\sim 3 \times 10^3$	$\sim -7 \times 10^{-2}$
	Germânio	$\sim 10$	$\sim -5 \times 10^{-2}$
Isolantes	Vidro	$\sim 10^{10}$ a $10^{14}$	
	Quartzo fundido	$\sim 10^{16}$	
	Papel	$\sim 10^{12}$ a $10^{16}$	
	Borracha dura	$\sim 10^{16}$	

Fonte: Nussenzveig (1997, p.105).

<sup>5</sup> Nos livros didáticos do Ensino Médio, essa constante é representada por  $\rho$  (letra Rô).

**Figura 11 - Constantes de resistividade elétrica em nível médio.**

Resistividade elétrica (20 °C)	
Material	$\rho$ ( $\Omega \cdot m$ )
prata	$1,6 \cdot 10^{-8}$
cobre	$1,7 \cdot 10^{-8}$
alumínio	$2,8 \cdot 10^{-8}$
platina	$11 \cdot 10^{-8}$
ferro	$10 \cdot 10^{-8}$
constantan (60% Cu, 40% Ni)	$5,0 \cdot 10^{-1}$
chumbo	$22 \cdot 10^{-8}$
mercúrio	$96 \cdot 10^{-8}$
nicromo (80% Ni, 20% Cr)	$1,1 \cdot 10^{-6}$
carvão	$1537 \cdot 10^{-8}$

Fonte: Barreto; Xavier (2016, p.88).

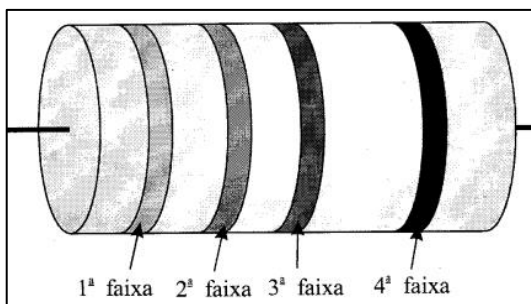
### 2.3 Resistores Elétricos

Nussenzveig (1997, p.104) diz sobre resistores (ôhmicos) sobre a obediência deles quanto a Lei de Ohm e sua proporcionalidade ao ser atravessado por uma corrente elétrica  $i$  e com *queda de potencial* ( $V \equiv V_1 - V_2$ ).

Agora, vamos dar um pouco mais de evidência ao componente resistor elétrico enquanto equipamento, dando espaço para outras características. Barreto e Xavier (2016, p.86) afirmam que o resistor é usado para controlar a corrente elétrica de um circuito, Machado (2002, p.109) informa que esse componente é fabricado com objetivo de dissipar energia elétrica em forma de energia térmica, tal processo denominado “Efeito Joule”. E nesse momento, Hewitt (2015, p.434) faz a menção de que qualquer dispositivo conectado em um circuito inclusive lâmpadas já se caracteriza como resistor. De acordo com esses mesmos autores, os resistores podem ser produzidos de fio para altas intensidades elétricas e o de carvão para baixas.

Destacando os resistores de carvão, o fabricante imprime em sua superfície quatro faixas coloridas que ajudam na identificação do valor de sua resistência e assim evitar danos ao componente e até ao circuito elétrico, Machado (2002, p.110) faz a ilustração dessa sinalização através da figura 12:

**Figura 12 - Resistor de carvão indicando as quatro faixas.**



Fonte: Machado (2002, p.110).

Para saber a diferença entre a 1ª e 4ª (início e fim), basta começar a contar pelo lado que tiver mais faixas agrupadas. Elas serão preenchidas pelos valores numéricos que cada cor representa no quadro de códigos estipulada pelos fabricantes. A 1ª e 2ª faixas representam os dois dígitos de um número, a 3ª faixa indica a ordem de grandeza em uma base 10, por fim, a 4ª faixa indica a tolerância do dispositivo. Machado (2002, p.110) aponta para o seguinte exemplo: vamos supor que um resistor de carvão tem a seguinte sequência de cores: verde, cinza, laranja e prata. Para determinar a resistência desse item, basta consultar no quadro abaixo:

**Quadro 1. Código de cores dos resistores de carvão.**

1ª, 2ª e 3ª Faixas		4ª Faixa	
Cor	Valor	Cor	Valor
Ouro	-1	Ouro	±5%
Prata	-2	Prata	±10%
Preto	0	Sem cor	±20%
Marrom	1	-	-
Vermelho	2	-	-
Laranja	3	-	-
Amarelo	4	-	-
Verde	5	-	-
Azul	6	-	-
Violeta	7	-	-
Cinza	8	-	-
Branco	9	-	-

Fonte: Machado (2002, p.110-111). [modificada]

A resistência desse dispositivo será dada por:

$$\mathcal{R} = \overset{\text{verde}}{\underset{\sim}{5}} \underset{\text{cinza}}{\underset{\sim}{8}} \cdot 10^{\overset{\text{laranja}}{\underset{\sim}{3}}} \pm \underset{\text{prata}}{\underset{\sim}{10}} \% \Omega$$

Ou seja:

$$\mathcal{R} = 58 \cdot 10^3 \pm \underbrace{10\%}_{\text{prata}} \Omega$$

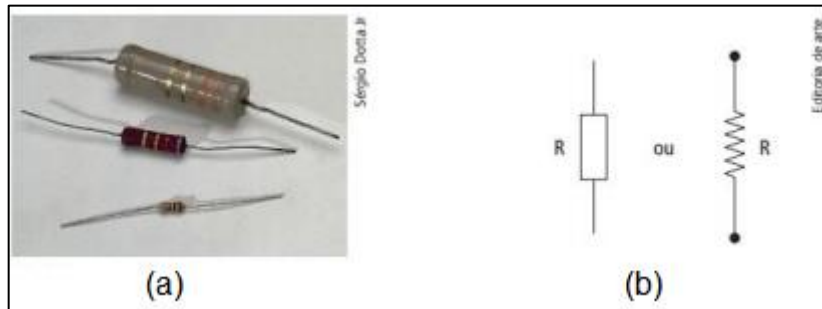
Tendo como resultado:

$$\mathcal{R} = 58000 \pm 5800 \Omega$$

Dessa maneira, a resistência dele fica entre 52000  $\Omega$  e 63800  $\Omega$ .

Em critério didático, Barreto e Xavier (2015, p.87) ilustram os resistores na figura 13 em seu formato real (a) e como eles são representados nos livros de Física (b), sendo mais comum o formato em “zig zag”.

**Figura 13 - Representação real e ilustrada dos resistores.**



Fonte: Barreto; Xavier (2016, p.87).

Quando falamos de resistores, é interessante lembrar e ressaltar aos nossos alunos que no cotidiano dele todo e qualquer equipamento eletrônico e eletrodoméstico pode ser considerado como resistor, e ainda, a casa desse mesmo se comporta como um grande circuito elétrico em que um ou mais item pode estar funcionando em determinados momentos. Dessa forma, Barreto e Xavier (2016, p.93) evidenciam que aquilo que ocorre em nossas casas só é possível porque podemos conectar mais de um resistor simultaneamente, podendo estar associados em série, paralelo ou misto.

#### **2.4 Associação de Resistores em Série**

Segundo Hewitt (2015, p.442), para ser considerada uma associação em série, os resistores envolvidos precisam estar conectados ponta a ponta formando um único caminho por onde os elétrons podem fluir, como podemos ver na figura 14, qualquer interrupção um dos equipamentos ligados resultará em desligamento de todos que estão conectados.

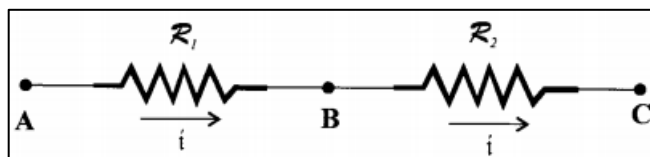
**Figura 14 - Lâmpadas associadas em série.**



Fonte: Barreto; Xavier (2016, p.93). [modificada]

Ainda sobre isso, Machado (2002, p.112) diz que pelos resistores circula a mesma corrente elétrica  $i$ , ou seja, a mesma carga que percorre 1 obrigatoriamente precisa transitar por 2 já que está na sequência, justificando assim a dependência entre ambos, afinal, em um possível rompimento do circuito não haveria a conexão entre as duas extremidades da fonte geradora de tensão, e conseqüentemente não ocorreria uma ddp, vejamos isso em detalhe na figura 15.

**Figura 15 - Resistores em série.**



Fonte: Machado (2002, p.111).

Com a devida identificação da lâmpada 1 e 2 como  $\mathcal{R}_1$  e  $\mathcal{R}_2$  (devido a ordem de chegada de  $i$  em ambas), respectivamente, vamos nomear as extremidade da primeira como A e B, da segunda como B e C, e pensando no conjunto todo como A e C. Vamos adotar a Lei de Ohm (equação 21) a cada par de terminais para determinar o potencial elétrico deles, temos para  $\mathcal{R}_1$ :

$$V_{A,B} = \mathbb{V}_A - \mathbb{V}_B = \mathcal{R}_1 i$$

E para  $\mathcal{R}_2$ :

$$V_{B,C} = \mathbb{V}_B - \mathbb{V}_C = \mathcal{R}_2 i$$

E para o sistema todo:

$$V_{A,C} = \mathbb{V}_A - \mathbb{V}_C = \mathcal{R}i$$

Por igualdade, tem-se:

$$V_{A,C} = (V_{A,B} + \mathbb{V}_B) - (-V_{B,C} + \mathbb{V}_B) = \mathcal{R}i$$

$$V_{A,B} + V_{B,C} = \mathcal{R}i$$

$$\mathcal{R}_1i + \mathcal{R}_2i = \mathcal{R}i \quad (25)$$

Dessa maneira, Machado (2002, p.112) indica que para o caso analisado, podemos substituir os dois resistores por um resistor equivalente  $\mathcal{R}$ , dado pela seguinte equação:

$$\mathcal{R} = \mathcal{R}_1 + \mathcal{R}_2 \quad (26)$$

Ainda de acordo, por generalização, podemos deduzir que em caso de N resistores associados em série, a resistência equivalente pode ser dada por meio do somatório:

$$\mathcal{R} = \sum_{i=1}^N \mathcal{R}_i \quad (27)$$

Outro fato interessante, é que nesse tipo de associação a ddp fornecida ao sistema se divide de acordo com cada resistência, e da mesma forma que acontece com o resistor equivalente, através da equação abaixo podemos fazer com a tensão de disponibilizada para cada elemento:

$$V_{A,C} = V_{A,B} + V_{B,C} \quad (28)$$

## 2.5 Associação de Resistores em Paralelo

Segundo Hewitt (2015, p.443-444), os resistores estão associados em paralelo quando todos estão conectados aos mesmos pontos de um circuito elétrico, como vemos na figura 16, nessa modalidade a corrente  $i$  se divide para todos os dispositivos fazendo com que cada um seja independente do outro, ou seja, se houver interrupção para um, os outros continuarão a funcionar normalmente.

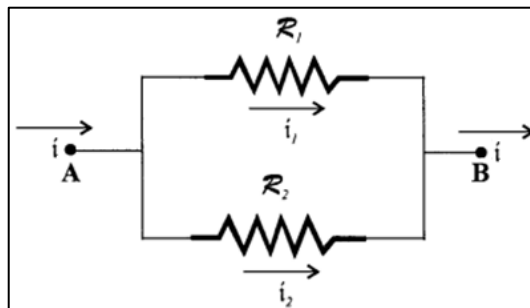
**Figura 16 - Lâmpadas associadas em paralelo.**



Fonte: Barreto; Xavier (2016, p.94). [modificada]

Machado (2002, p.114) indica que as duas lâmpadas recebem a mesma ddp, afinal estão conectadas aos mesmos, usando a nomenclatura 1 para a mais distante e 2 para a mais próxima da fonte de voltagem, temos  $\mathcal{R}_1$  e  $\mathcal{R}_2$  respectivamente, como vemos na figura 17.

**Figura 17 - Resistores em paralelo.**



Fonte: Machado (2002, p.114). [modificada]

Assim fica fácil observar a resistência  $\mathcal{R}_1$  recebendo uma corrente elétrica denominada  $i_1$ , da mesma forma  $\mathcal{R}_2$  sendo percorrido por  $i_2$ . E novamente usando a Lei de Ohm (21), temos para ambos conectados nos mesmos pontos A e B:

$$V_{A,B} = \mathcal{R}_1 i_1$$

E

$$V_{A,B} = \mathcal{R}_2 i_2$$

Conseguimos visualizar também que a mesma corrente no ponto A que origina as duas nos resistores é a mesma que sai no ponto B, afinal, não houve ganhos ou perdas de cargas no circuito elétrico, obtemos:

$$i = i_1 + i_2$$

Reduzindo o circuito para um resistor equivalente  $\mathcal{R}$ , para os terminais A e B temos:

$$\begin{aligned} V_{A,B} &= \mathcal{R}i \\ V_{A,B} &= \mathcal{R}(i_1 + i_2) \\ V_{A,B} &= \mathcal{R}\left(\frac{V_{A,B}}{\mathcal{R}_1} + \frac{V_{A,B}}{\mathcal{R}_2}\right) \end{aligned}$$

Obtendo a equação do resistor equivalente para associação em paralelo:

$$\frac{1}{\mathcal{R}} = \frac{1}{\mathcal{R}_1} + \frac{1}{\mathcal{R}_2} \quad (29)$$

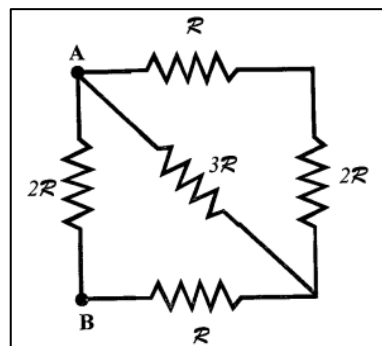
E de forma generalizada para N resistores em paralelo, podemos adotar:

$$\frac{1}{\mathcal{R}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\mathcal{R}_i} \quad (30)$$

## 2.6 Associação mista de Resistores

Podemos entender como um circuito que possui elementos da associação em série e em paralelo simultaneamente, como dizem Barreto e Xavier (2016, p.94). Essa modalidade é muito encontrada em placas eletrônicas em que um filamento pode ou não depender de outro. Suponha que você tenha um dispositivo de multimídia e que apenas o sistema de som foi danificado, você poderia continuar a usá-lo desde que não necessite de algo relacionado a áudio. Machado (2002, p.116) exemplifica um circuito desse tipo através da figura 18.

**Figura 18 - Associação mista de resistores.**

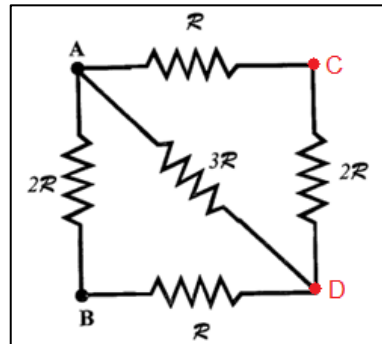


Fonte: Machado (2002, p.118).

Para a resolução desse circuito elétrico em razão de deixar um único resistor equivalente hipotético entre os pontos A e B, podemos iniciar com nomenclatura de

cada extremidade de todos os resistores a título de facilitação didática, como mostra a figura 19:

**Figura 19 - Resolvendo uma associação mista de resistores (I).**



Fonte: Machado (2002, p.118). [modificado]

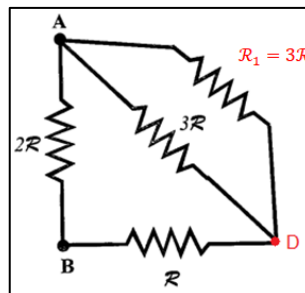
Em um segundo momento deve-se observar se há alguma associação em série ou paralelo em algum trecho. Nesse caso temos os resistores  $\mathcal{R}$  e  $2\mathcal{R}$  em série conectados através do ponto C, faremos o equivalente deles chamando-o de  $\mathcal{R}_1$  usando a equação 26:

$$\mathcal{R}_1 = \mathcal{R} + 2\mathcal{R}$$

$$\mathcal{R}_1 = 3\mathcal{R}$$

Redesenhando o circuito temos a configuração ilustrada na figura 20:

**Figura 20 - Resolvendo uma associação mista de resistores (II).**



Fonte: Machado (2002, p.118). [modificado]

Em um terceiro passo, deve-se observar se há alguma associação em paralelo, ou seja, se existem dois ou mais resistores compartilhando exatamente dos mesmos pontos. Tem-se  $\mathcal{R}_1 = 3\mathcal{R}$  e  $3\mathcal{R}$ , reduziremos a apenas um equivalente através da equação 29, chamado de  $\mathcal{R}_2$ :

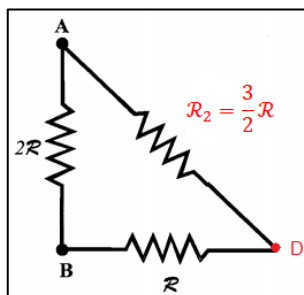
$$\frac{1}{\mathcal{R}_2} = \frac{1}{3\mathcal{R}} + \frac{1}{3\mathcal{R}}$$

$$\frac{1}{\mathcal{R}_2} = \frac{2}{3\mathcal{R}}$$

$$\mathcal{R}_2 = \frac{3}{2}\mathcal{R}$$

Redesenhando o circuito temos a configuração presente na figura 21.

**Figura 21 - Resolvendo uma associação mista de resistores (III).**



Fonte: Machado (2002, p.119). [modificado]

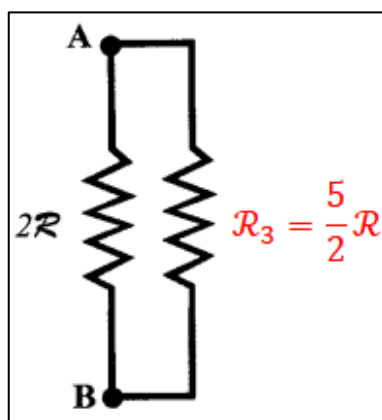
Volta-se a analisar se há associação em série ou paralelo, nesse instante, tem uma conexão no ponto D entre  $\mathcal{R}_2$  e  $\mathcal{R}$  se caracterizando como em série, novamente usamos (10) para obter agora o equivalente  $\mathcal{R}_3$ :

$$\mathcal{R}_3 = \mathcal{R} + \frac{3}{2}\mathcal{R}$$

$$\mathcal{R}_3 = \frac{5}{2}\mathcal{R}$$

Redesenhando o circuito com essa nova configuração vista na figura 22:

**Figura 22 - Resolvendo uma associação mista de resistores (IV).**



Fonte: Machado (2002, p.120). [modificado]

Pela última vez, vamos analisar se há associação em série ou paralelo, os dois que restaram estão conectados juntos nos pontos A e B (os iniciais do

problema), configurando assim uma em paralelo, vamos determinar através da expressão 29 o equivalente total que especialmente será chamado de  $\mathcal{R}_e$ :

$$\frac{1}{\mathcal{R}_e} = \frac{1}{2\mathcal{R}} + \frac{1}{\frac{5}{2}\mathcal{R}}$$

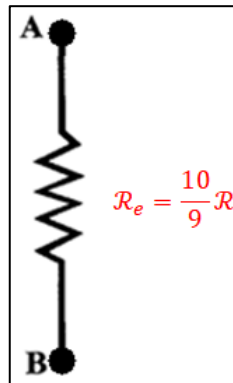
$$\frac{1}{\mathcal{R}_e} = \frac{1}{\mathcal{R}} \left( \frac{1}{2} + \frac{2}{5} \right)$$

$$\frac{1}{\mathcal{R}_e} = \frac{9}{10\mathcal{R}}$$

$$\mathcal{R}_e = \frac{10}{9}\mathcal{R}$$

Podendo ser finalmente representado por apenas um único resistor  $\mathcal{R}_e$ , o problema finaliza com a configuração feita na figura 23:

**Figura 23 - Resolvendo uma associação mista de resistores (V).**



Fonte: Machado (2002, p.122). [modificado]

## 2.7 Conceitos aplicados à Supercondutividade

Como já foi demonstrado na expressão 24, a resistividade de um material varia de acordo com a variação de temperatura, em teoria, com o aumento da temperatura aumenta a resistência elétrica desse meio condutor. Foi até que em 1911, segundo Machado (2002, p.757), que H. Kammerlingh Onnes além de reforçar essa teoria, também estipulou um novo ramo mais especializado dentro dos circuitos elétricos, o da Supercondutividade.

Em uma análise conceitual e qualitativa desse ramo, podemos destacar o feito de Onnes usando seu experimento com mercúrio. Na ocasião, percebeu-se a diminuição da resistividade do material conforme a temperatura dele era reduzida,

até que, após ultrapassar para menos da temperatura crítica  $T_c = 4,5 K$  a resistência elétrica do mercúrio ficava na ordem de  $10^{-12}$  vezes quando comparada com o estado normal, ou seja, abaixo da temperatura estipulada o mercúrio se tornou um supercondutor.

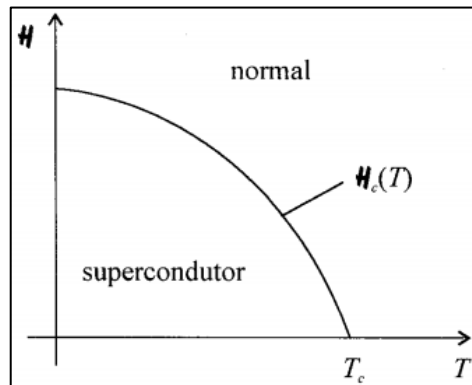
Após o resultado do mercúrio, buscou-se aplicabilidade para outros materiais, tanto no ponto de vista científico quanto tecnológico, de acordo com Machado (2002, p.758) os resultados de temperaturas críticas para materiais puros ficam em ordem de  $10 K$ , e para compostos é de  $30 K$ . As temperaturas extremamente baixas são um empecilho, afinal, para atingir tais valores o aparato se torna caro. Devido a isso, a nova etapa para o estudo desse ramo é a implementação sob temperatura ambiente.

Ainda, de acordo com Machado (2002, p.758), a temperatura não é o único fator decisivo quando se trata de supercondutividade, ele atenta para a corrente elétrica, aqui chamada de *supercorrente* ou *corrente persistente*, que se mantém indefinidamente sem necessitar de fontes externas de energia, e assim a resistência elétrica é imensurável, nula. Bem como, ao aplicar um campo elétrico alternado em um supercondutor, com baixa frequência, não haverá dissipação de energia, indicando que as cargas nesse material possuem uma aceleração não-nula, e que, nesse caso há a emissão de radiação proveniente da carga presente nele.

Machado (2002, p.759) aponta que em 1933 os cientistas Meissner e Oschenfeld descobriram que materiais possíveis supercondutores apresentam dois efeitos relacionados a campos magnéticos externos aplicados neles. O primeiro é quando submetidos a esse tipo de campo não muito intenso durante seus resfriamentos, enquanto a temperatura é  $T$  em seu estado normal o campo externo consegue penetrar o material, porém, existe certa temperatura  $T_c$  abaixo da temperatura da supercondutividade do mesmo em que o material se torna um diamagneto perfeito, fazendo com que seu interior seja magneticamente neutro. O segundo é relacionado à resistência nula, que não significa a não obrigatoriedade de ser perfeitamente diamagnético. Ou seja, de acordo com as duas, essas propriedades são verificadas, estão relacionadas, mas não são causa direta uma da outra.

Em seguida, Machado (2002, p.761) classifica os supercondutores em dois tipos: tipo I e tipo II. Os do tipo I são compostos por materiais que sofrem transição de supercondutor para o estado normal em um valor definido de campo magnético crítico  $\vec{H}_c(T)$ , conforme o gráfico da figura 24.

**Figura 24 - Gráfico  $\mathcal{H}_c \times T$  para um supercondutor do tipo I.**



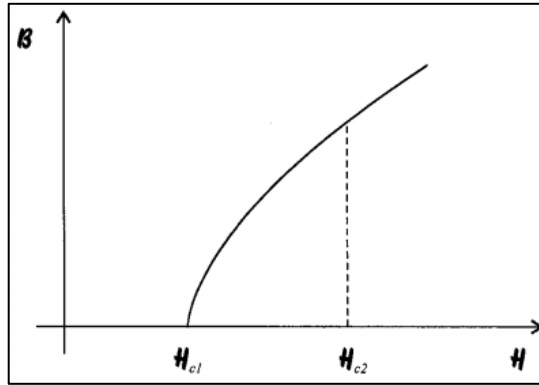
Fonte: Machado (2002, p.762).

O comportamento desses supercondutores é escrito conforme a expressão 31. Em que  $\mathcal{H}_0$  é o campo auxiliar para  $T = 0$ . Esse campo é influenciado por impurezas e imperfeições presentes na amostra. Em geral, os campos magnéticos dos supercondutores do tipo I são da ordem de  $\mathcal{H} = 10^{-2} T$ .

$$\mathcal{H}_c(T) = \mathcal{H}_0 \left[ 1 - \left( \frac{T}{T_0} \right) \right]^2 \quad (31)$$

Machado (2002, p. 762) define os do tipo II são caracterizados por terem dois campos críticos, o inferior  $\vec{H}_{1c}(t)$  e o superior  $\vec{H}_{2c}(t)$ . Abaixo do inferior eles se comportam como supercondutores do tipo I e o campo magnético não penetra na amostra. Acima do superior eles se comportam como um material normal, e o campo magnético penetra normalmente. De modo que a com intensidade de campo entre o inferior e o superior há uma penetração parcial do fluxo magnético no interior da amostra supercondutora, e nela existem regiões macroscópicas supercondutoras e regiões normais chamadas vórtices, formando estruturas bastante complexas conhecidas como estados mistos. Nos do tipo II o campo magnéticos críticos podem atingir ordem de  $B = 10 T$  e eles são indicados para aplicações que utilizam campos muito intensos. O comportamento do campo magnético  $\vec{B}$  dentro de um supercondutor em função do campo  $\vec{H}$  é mostrado no gráfico na figura 25.

Figura 25 - Gráfico  $B \times \mathcal{H}$  para um supercondutor do tipo II.



Fonte: Machado (2002, p.763).

Para finalizar essa abordagem qualitativa, Machado (2002, p.763) aponta que a temperatura tem um efeito marcante nesse fenômeno, sugerindo que as vibrações dos átomos, moléculas, íons, etc. são relevantes para a supercondutividade, até que em 1950 a partir de cristais supercondutores formados por isótopos diferentes de um mesmo elemento indicaram que a temperatura crítica varia de acordo com a massa atômica  $M$  do isótopo, como vemos na expressão 32.

$$M^{\frac{1}{2}}T_C = A \quad (32)$$

Onde  $A$  é uma constante, e quando  $M \rightarrow \infty$ , ou seja, o isótopo é pesado a ponto de não vibrar, a temperatura crítica  $T_C$  tende a zero, e não ocorre supercondutividade.

Em uma explanação quantitativa, Machado (2002, p.770) introduz que existem duas interpretações iniciais sobre os supercondutores. A primeira consiste em supor que dentro do material o campo magnético  $\vec{B} = 0$ , e que há uma magnetização  $\vec{M}$  dentro do material, e que pode ser relacionada a  $\vec{\mathcal{H}}$  através da expressão 33.

$$\vec{B} = \mu_0(\vec{\mathcal{H}} + \vec{M}) \quad (33)$$

E então,

$$\vec{\mathcal{H}} = -\vec{M}$$

A magnetização é proveniente de correntes de magnetização dadas através da densidade volumétrica:

$$\vec{J}_M = \nabla \times \vec{M}$$

E pela densidade superficial:

$$\vec{J}_S = \vec{M} \times \hat{n}$$

Ambas geradas por cargas elétricas com efeitos similares aos provocados por correntes reais de mesmo valor.

A segunda interpretação consiste em escolher  $\vec{B} = \vec{H} = \vec{M} = 0$  dentro do supercondutor, invocando uma densidade de corrente real  $\vec{J}_l$  na superfície do material, para dar conta dos efeitos magnéticos no interior do condutor, como vemos na expressão 34.

$$\vec{J}_l = \hat{n} \times \vec{H}_f \quad (34)$$

As duas interpretações são distintas, porém são equivalentes, Machado (2002, p.771) conclui que tanto as correntes reais quanto correntes de magnetização podem gerar campos magnéticos  $\vec{B}$ , mas apenas as correntes reais são fontes de  $\vec{H}$ . em um material normal, as correntes reais são dissipativas devido ao efeito Joule, ao passo que correntes de magnetização não apresentam esse efeito por não serem reais. Entretanto, em um supercondutor, as correntes reais não dissipam energia, de modo que esse critério não pode ser utilizado para determinar a veracidade das correntes. Para concluir o enfoque quantitativo, Machado (2002, p.786) evidencia que as duas aproximações feitas servem para todos os materiais normais, e que para explicar com mais precisão os fenômenos relacionados à supercondutividade é recomendado considerar as equações de London, que serão explanadas a seguir.

Segundo Machado (2002, p.786), para descrever mais efeitos relacionados à supercondutividade, Fritz London e Hans London estudaram as propriedades magnéticas dos materiais supercondutores e obtiveram uma maneira a partir das equações de Maxwell usuais. Em consonância com isso, Pureur (2012, p.2) enfatiza os métodos usados pelos dois para descrever o efeito Meissner, que em suma baseia-se em um modelo de dois fluidos, no qual uma fração de elétrons se comportam de forma normal, enquanto que os restantes são responsáveis pelo comportamento supercondutor, ou seja, uma fração  $n_s$  da densidade total dos elétrons é constituída por super-elétrons, tais partículas não estão sujeitas às leis de

Ohm, e quando submetidas a um campo elétrico são aceleradas, sem dissipação, de acordo com a equação do movimento descrita na expressão 35.

$$m^* \frac{d\vec{v}_s}{dt} = e^* \vec{E} \quad (35)$$

Onde  $m^*$ ,  $e^*$  e  $\vec{v}_s$  são massa, carga e velocidade dos portadores de cargas supercondutoras, respetivamente. E ainda, tem-se que  $m^*$  e  $e^*$  são a massa e carga de um par de Cooper, ou seja,  $m^* = 2m$  e  $e^* = 2e$ , relacionadas à massa e carga do elétron. E ainda, a densidade de corrente associadas às super-partículas é:

$$\vec{J}_s = n_s e^* \vec{v}_s \quad (36)$$

E obedece à seguinte expressão 37, denominada 1ª equação de London

$$\frac{d\vec{J}_s}{dt} = \frac{n_s e^{*2}}{m^*} \vec{E} \quad (37)$$

Aplicando o rotacional em ambos os lados dela, temos a expressão 38.

$$\frac{d}{dt} (\nabla \times \vec{J}_s) = \frac{n_s e^{*2}}{m^*} \nabla \times \vec{E} \quad (38)$$

Usando a lei de Faraday.

$$\nabla \times \vec{E} = -\mu_0 \frac{\partial \vec{h}}{\partial t} \quad (39)$$

Obtemos a expressão 40, segundo Pureur (2012, p.3).

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \nabla \times \vec{J}_s + n_s \frac{\mu_0 e^{*2}}{m^*} \vec{h} \right) = 0 \quad (40)$$

Nas equações acima, a indução magnética microscópica e local foi representada como  $\vec{B}_{mic} = \mu_0 \vec{h}$ , uma notação usual. Vamos juntar a expressão 40 com a lei de Ampère.

$$\nabla \times \vec{h} = \vec{J}_s \quad (41)$$

Resultando em:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \nabla \times \nabla \times \vec{h} + n_s \frac{\mu_0 e^{*2}}{m^*} \vec{h} \right) = 0 \quad (42)$$

Vamos restringir as soluções da expressão 42 somente aos resultados em a própria expressão entre parênteses seja nula, ou seja:

$$\nabla \times \vec{J}_s + n_s \frac{\mu_0 e^{*2}}{m^*} \vec{h} = 0 \quad (43)$$

Também chamada de 2ª equação de London, e que caracteriza a eletrodinâmica dos supercondutores, diferenciando-as de hipotéticos condutores perfeitos. A equação pode ser simplificada com o uso da lei de Gauss do magnetismo, ficando em forma de:

$$\nabla^2 \vec{h} = \frac{1}{\lambda_L^2} \vec{h} \quad (44)$$

Onde  $\lambda_L$  é chamado de comprimento de penetração de London, o qual constitui num dos parâmetros mais importantes do supercondutor, e é definido pela expressão 45, conforme Pureur (2012, p.4).

$$\lambda_L = \left( \frac{m^*}{n_s \mu_0 e^{*2}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (45)$$

## **Capítulo 3 – A utilização de práticas experimentais e virtuais para a efetivação do conhecimento sobre circuitos elétricos.**

Já estabelecidas as fundamentações teóricas que embasam esse projeto em caráter pedagógico e do saber físico, o objetivo de concretizar a construção do aprendizado significativo teve como mecanismo uma sequência didática a ser descrita nesse capítulo. Nele ocorre o detalhamento da construção e demonstração dos experimentos relacionados a circuitos elétricos, e da utilização do jogo de desenvolvimento próprio por parte dos alunos afetados pela intervenção dessa pesquisa.

### **3.1 Metodologia.**

Partindo do princípio de que o assunto principal abordado é “circuitos elétricos”, os principais impactados por essa dinâmica educacional são estudantes do terceiro ano do Ensino Médio Regular, obviamente não por exclusividade, afinal outra fase poderia participar dependendo da transposição didática. Para a implementação da mesma foi selecionada a Escola Estadual Senador Petrônio Portella localizada no bairro Dom Pedro II em Manaus – AM. Ao decorrer do segundo semestre de 2019, mais precisamente entre setembro e dezembro. Os alunos participantes corresponderam a aproximadamente 250 alunos distribuídos em seis turmas nas quais a desenvolvedora era lotada como docente de Física.

A vivência dessa atividade pedagógica será detalhada e disponibilizada em forma de um catálogo (apêndice A) intercalando teoria com as práticas experimental e virtual, esse material produzido poderá ser usado tanto por alunos, para estudo do assunto, quanto por professores, com a finalidade de ser um incentivo e um guia para esse docente programar junto a sua escola outras ações que possam incentivar o ensino-aprendizagem.

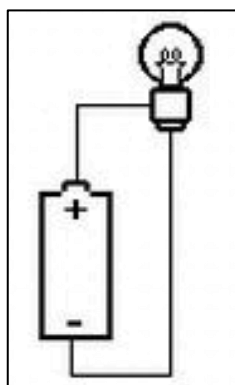
O projeto foi dividido em seis etapas: 1ª) a catalogação de experimentos de baixo custo, simulações e construção do jogo *ElectricGame* na plataforma virtual *Scratch*, ambos inspirados em produtos já existentes no ramo de circuitos elétricos; 2ª) a mesclagem desse catálogo com os planejamentos semestral e bimestral de aulas na escola; 3ª) o levantamento do desempenho dos estudantes em atividades e provas anteriores como parâmetro de verificação do conhecimento prévio dos

alunos; 4ª) a implementação das atividades experimentais, em sala de aula ou em locais externos a ela dentro da escola, intercaladas às aulas teóricas expositivas e participativas, e a utilização do jogo de autoria própria; 5ª) a análise e conclusão da eficiência do projeto através do desempenho dos alunos posterior a ela; 6ª) avaliação de docentes de Física sobre o EletricGame.

### **1ª Etapa: Coletânea de Experimentos, de Simulações e a Produção do EletricGame.**

a) **Construindo e simulando um circuito elétrico simples:** em seu roteiro, o professor Daniel Ventura (2010) ilustra a montagem básica de um circuito na figura 24 contendo uma fonte de tensão (pilha), condutor elétrico (fio metálico) e um resistor (lâmpada). Com esse experimento o aluno tem a possibilidade de compreender os tipos de fonte de ddp e sua polaridade, de saber ligar uma lâmpada corretamente e de entender a produção de luz e calor a partir da corrente elétrica.

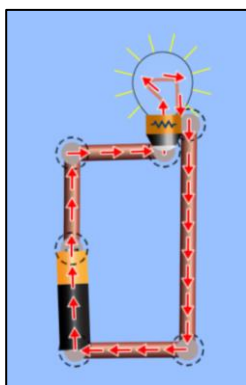
**Figura 26 - Montagem básica de um circuito elétrico.**



Fonte: Ventura.

A partir da simulação *Kit para montar Circuito DC* foi possível ilustrar exatamente o mesmo circuito mostrado acima com o bônus de representar o percurso exato do sentido convencional da corrente elétrica, bem como a partir das linhas amarelas (na lâmpada) é possível verificar que as ligações estão corretas “acendendo-a” como mostra a figura 25.

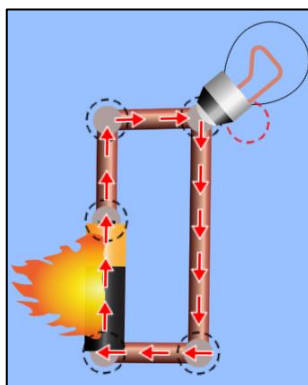
**Figura 27 - Simulando a montagem básica de um circuito elétrico.**



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

O simulador permite que o usuário tenha a noção de quando erra, por exemplo, ao conectar os dois terminais da pilha na mesma extremidade de uma lâmpada o resultado seria um curto-circuito mostrado na figura 26.

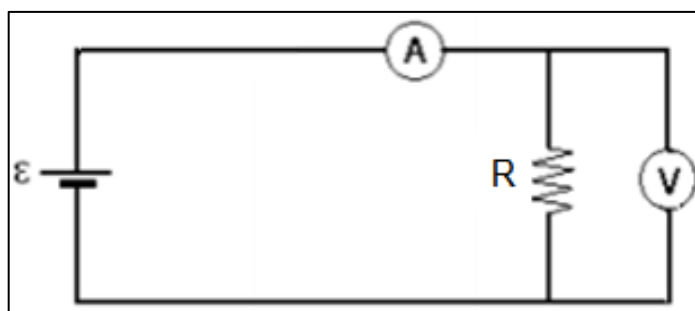
**Figura 28 - Simulando um curto-circuito.**



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

**b) Lei de Ohm:** em nível de Ensino Médio a prioridade é a trabalhar apenas com resistores ôhmicos, então vamos nos limitar a esse tipo. Em um roteiro de práticas de laboratório da Universidade Federal de Rio Preto – UFOP – temos como objetivo a comprovação da relação entre tensão, corrente e resistor elétrico a partir da utilização de uma fonte  $\varepsilon$ , resistor  $R$ , fios condutores, amperímetro  $A$  (medidor corrente) e voltímetro  $V$  (medidor de voltagem), como podemos ver na figura 27. Com os dados coletados a cada mudança de tensão, registra-se o valor da corrente. Em seguida a comprovação pela Lei de Ohm (equação 6) da funcionalidade do resistor.

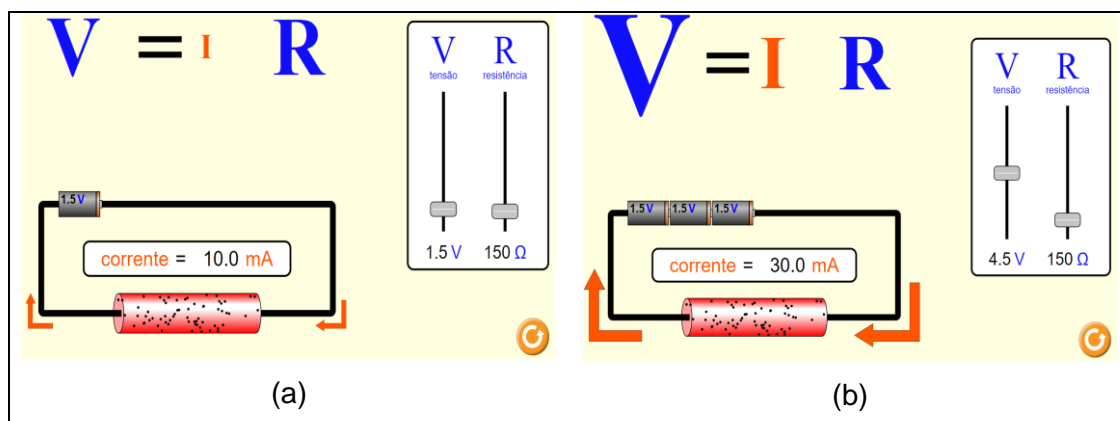
Figura 29 - Experimento para comprovar a Lei de Ohm.



Fonte: UFOP [modificado]

Com o auxílio do simulador *Lei de Ohm* ilustrado na figura 28 é possível verificar um resistor ôhmico em funcionamento. Em um primeiro momento (a) vemos as proporções iniciais de  $V$  e  $i$ . Após triplicar a tensão (b), sem alterar o resistor, podemos observar que a corrente também foi triplicada.

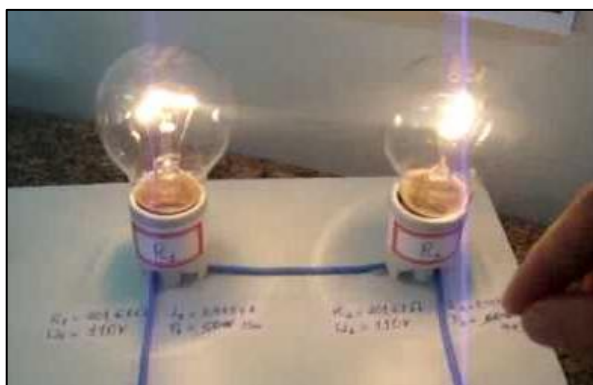
Figura 30 - Simulador da Lei de Ohm.



Fonte: *Lei de Ohm*, com montagem da autora desse projeto.

**c) Construindo e simulando um circuito elétrico com associação de resistores em série:** colocando vários resistores em sequência uns dos outros faz com que a ddp vá diminuindo a medida que a corrente passa por eles. Um experimento desse tipo usando lâmpadas na figura 29 consegue ilustrar que o brilho é diferente caso fosse apenas uma.

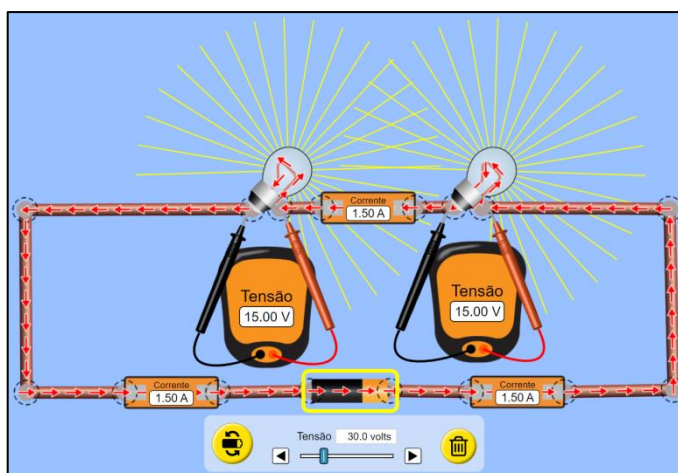
**Figura 31 - Experimento de associação de lâmpadas em série.**



Fonte: Física animada – Associação de resistores (Lâmpadas)

Utilizando o *Kit para montar Circuito DC* novamente, agora usando duas lâmpadas idênticas em série e fornecendo ao circuito uma tensão de  $30\text{ V}$ , podemos ver com exatidão que a ddp de cada uma será metade ( $15\text{ V}$ ). Observamos também que a corrente elétrica ( $1,5\text{ A}$ ), independente do trecho analisado, sempre será igual, como podemos ver na figura 30.

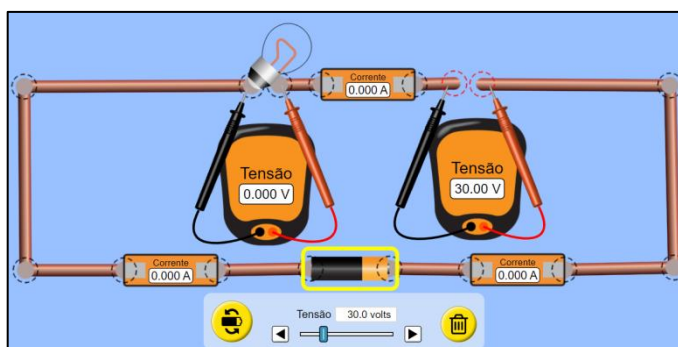
**Figura 32 - Simulação de associação de lâmpadas em série (i).**



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

Um dos princípios da associação em série é a dependência entre os resistores, a retirada ou queima de um deles resulta no desligamento total do circuito da figura 31, pois a corrente não consegue percorrer o condutor até chegar na outra extremidade.

Figura 33 - Simulação de associação de lâmpadas em série (ii).



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

d) **Construindo e simulando um circuito elétrico com associação de resistores em paralelo:** nesse conteúdo o objetivo é que os estudantes consigam enxergar a importância e aplicação dele na sua casa. Nesse tipo, cada equipamento recebe a mesma tensão, fazendo com que tenham o mesmo brilho caso sejam iguais, como na figura 32.

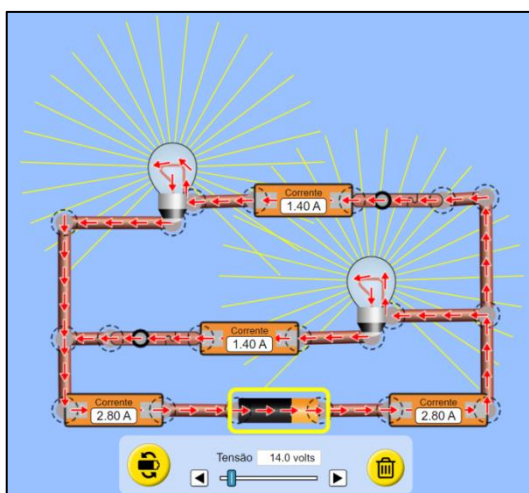
Figura 34 - Experimento de associação de lâmpadas em paralelo.



Fonte: Física animada – Associação de resistores (Lâmpadas).

Ao construir um circuito paralelo no *Kit para montar Circuito DC* usando duas lâmpadas idênticas ao fornecer a ddp de  $14\text{ V}$  a corrente elétrica gerada será de  $2,8\text{ A}$ , resultando em cada trecho de lâmpada uma corrente de  $1,4\text{ A}$ , que após percorrer ambas as lâmpadas retorna ao valor da corrente inicial presente na figura 33.

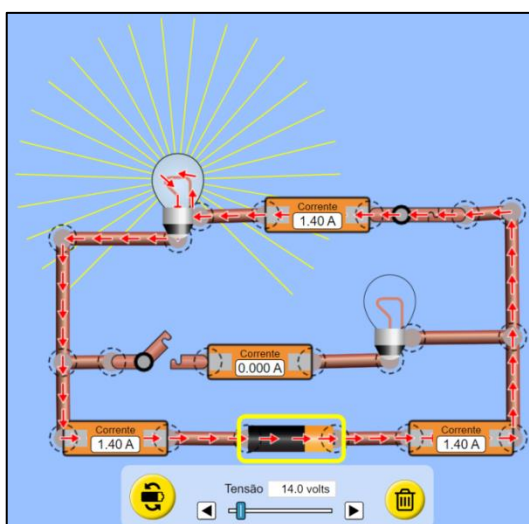
**Figura 35 - Simulação de associação de lâmpadas em paralelo (i).**



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

Fazendo a exemplificando da situação cotidiana de desligar a lâmpada de um cômodo e a de outro continuar ligada, mesmo estando ligadas na mesma rede principal temos a situação da figura 34. Usando uma chave, basta abri-la, percebemos que nesse momento a corrente elétrica do circuito baixa pela metade, o que o podemos relacionar, quanto mais equipamentos ligados em paralelo, maior a corrente elétrica do circuito, esse fato faz com que extensões e benjamins sejam desaconselhados por risco de superaquecimento.

**Figura 36 - Simulação de associação de lâmpadas em paralelo (ii).**



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

**e) Construindo e simulando um circuito elétrico com associação mista de resistores:** basicamente temos um experimento que possibilita a união

das duas outras associações simultaneamente. Nela podemos observar variação no brilho de algumas lâmpadas usadas da maneira vista na figura 35.

**Figura 37 - Experimento de associação mista de lâmpadas.**



Fonte: Arte e Ciência.

Na associação mista sempre teremos lâmpadas com seus brilhos máximos, as que estão apenas paralelas umas as outras, e, teremos lâmpadas com suas potências reduzidas por estarem em série, como podemos ver na figura 36. Vemos que as lâmpadas apenas em paralelo exigem mais corrente do que as duas juntas em série, e que a mesma corrente elétrica do início também é no final.

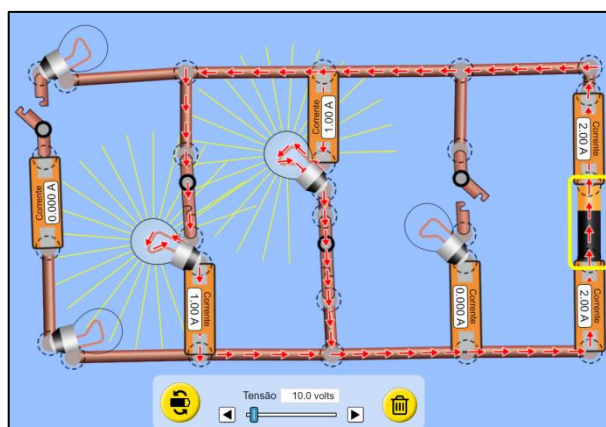
**Figura 38 - Simulação de associação mista de lâmpadas (i).**



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

Mais comum em eletroeletrônicos onde alguns componentes são dependentes e outros não, podemos ver na exemplificação essas relações na figura 37, ao desligarmos a chave de alguns ramos temos como principal reflexo a diminuição da corrente elétrica do circuito.

Figura 39 - Simulação de associação mista de lâmpadas (ii).



Fonte: Kit para montar circuito DC, com montagem da autora desse projeto.

f) **Confecção do *EletricGame*:** As tecnologias sempre estão presentes na prática docente da pesquisadora, para o projeto não teria como ser diferente. Além das aulas expositivas, da prática experimental, projeção de simuladores descritos acima, para consoar com todo o exposto foi desenvolvido para a aplicação dessa pesquisa um Quiz na plataforma *Scratch* chamado *EletricGame* visto na figura 38. Nesse jogo cognitivo o objetivo é revisar os conceitos sobre circuitos elétricos obtidos nas aulas e atividades mostradas anteriormente.

Figura 40 - Página de apresentação do *EletricGame*.

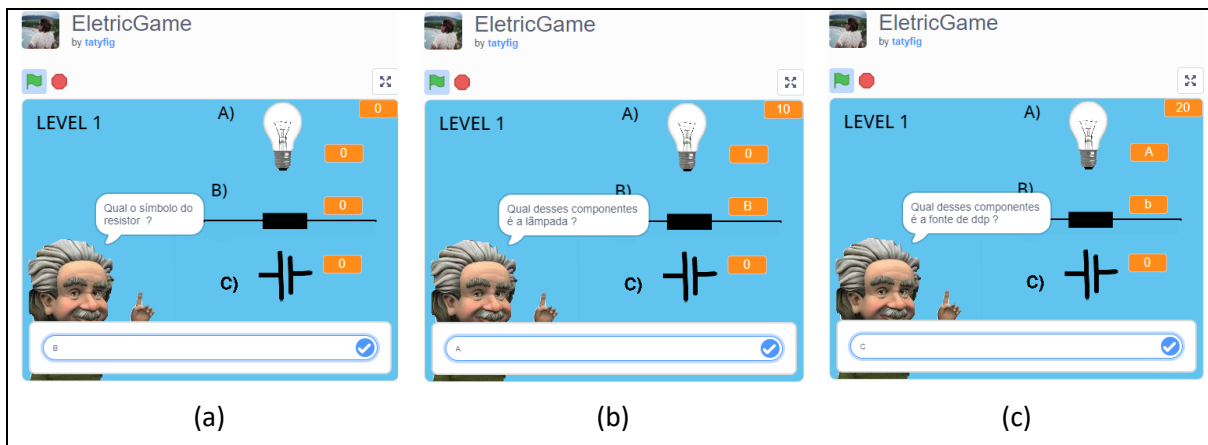


Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Ao iniciar o *game*, o estudante é direcionado ao *level 1* como é apresentada na figura 39 em que são perguntados sobre componentes elétricos, são mostrados três deles e o jogador precisa classificar um de cada vez como “símbolo do resistor” (a), “lâmpada” (b) e “fonte de ddp” (c). As respostas devem ser escritas na caixa de

digitação localizada na parte de baixo através do teclado, cada acerto tem valor de 10 pontos que são contados na parte superior direita da tela.

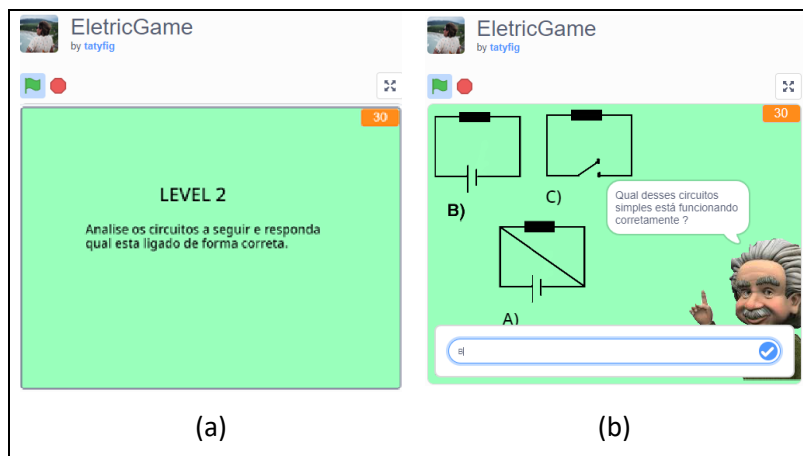
**Figura 41 - Level 1: Componentes elétricos.**



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Tendo acertado tudo, há o direcionamento ao *level 2* com sua interface mostrada na figura 40, nele o objetivo é a identificação do circuito elétrico corretamente construído (a), nas figuras mostradas o aluno precisa identificar um que possua no mínimo ddp e resistor identificados, mas que estejam conectados corretamente (b), fugindo por exemplo, do curto-circuito.

**Figura 42 - Level 2: Circuito elétrico simples.**



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Ao avançar para o *level 3*, como mostra a figura 41, o desafio é o cálculo da resistência equivalente  $\mathcal{R}$  de uma associação de resistores em série (a). Para responder corretamente a questão, o aluno deve usar a equação 25 e em seguida digitar a resposta correta na caixa inferior da tela (b).

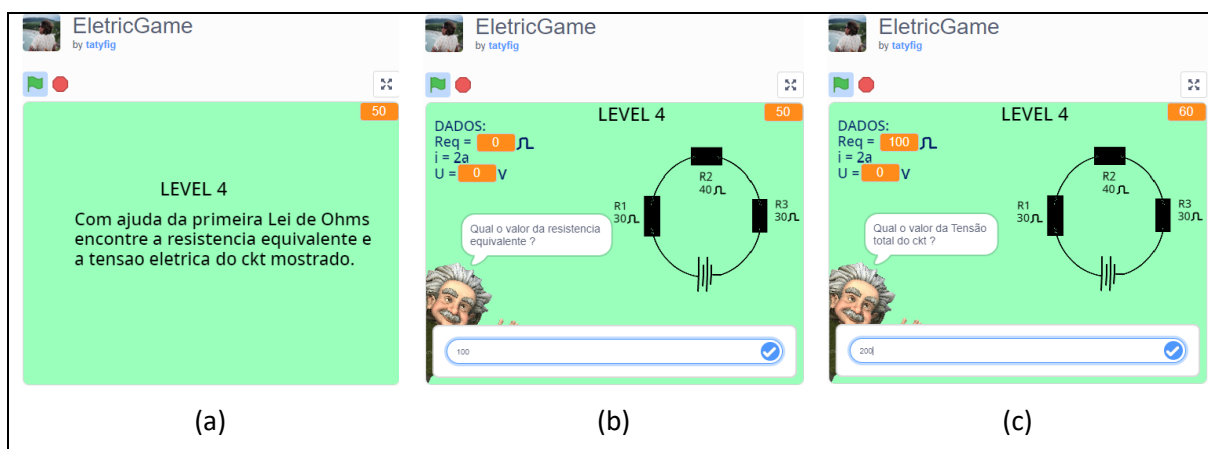
Figura 43 - Level 3: Circuito elétrico com resistores em série.



Fonte: *EleticGame*, produção própria da autora.

Chegando ao *level 4*, ilustrado na figura 42, principal é encontrar o valor da tensão através da primeira Lei de Ohm (equação 21), porém, é necessário primeiro achar a equivalência da associação de resistores em série (a) para assim encontrar a ddp (b), cada resposta vale 10 pontos.

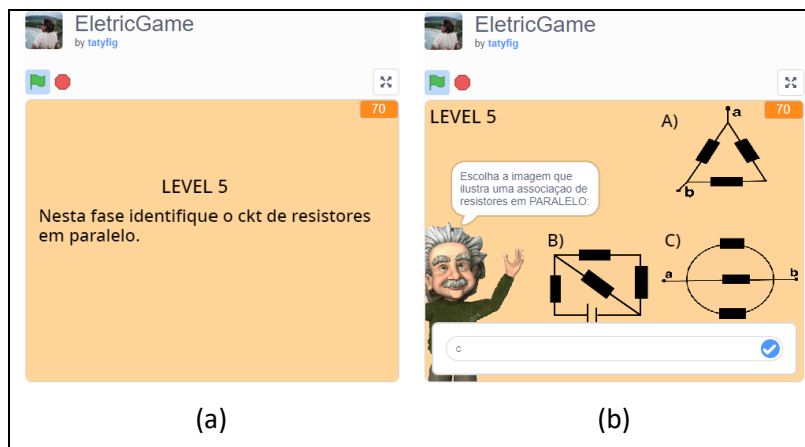
Figura 44 - Level 4: Lei de Ohm em circuito associado em série.



Fonte: *EleticGame*, produção própria da autora.

A necessidade de atenção por parte dos alunos faz com que o *level 5* como mostra a figura 43, seja importante, nele é pedido que os alunos identifiquem qual dos circuitos apresentados possui apenas associação em paralelo (a). Há, no entanto, alguns circuitos que podem gerar confusão e até debates sobre suas similaridades com o tema pedido (b).

Figura 45 - Level 5: Circuito com resistores associados em paralelo.



Fonte: EletricGame, produção própria da autora.

O level 6 visto na figura 44 exige do aluno conhecimento sobre resistor equivalente em circuitos com associação paralela (a). Para realizar a tarefa é necessária a utilização da equação 30 a cada circuito que se revela o cálculo é obrigatório, seja para todos iguais (b), apenas dois diferentes (c) e para um circuito resistivo mais elaborado (d).

Figura 46 - Level 6: Resistor equivalente de associações em paralelo.



Fonte: EletricGame, produção própria da autora.

Para finalizar, temos o *level 7* que vemos na figura 45, cuja finalidade é o cálculo da resistência equivalente, identificação da corrente elétrica total e cálculo da tensão fornecida para o circuito elétrico (a). Para efetuar os três objetivos, é pedido o valor do resistor equivalente (b), por meio de dedução lógica é encontrado o valor da corrente elétrica do ramo intermediário  $i_2 = 5 A$ , para assim chegar ao resultado da corrente elétrica do sistema (c), e então, com os dois valores obtidos, por meio da Lei de Ohm chega-se ao valor da tensão do circuito (d).

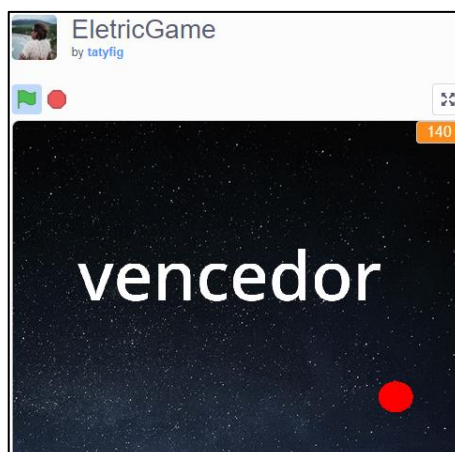
**Figura 47 - Level 7: Lei de Ohm em circuitos elétricos com resistores em paralelo.**



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Cumprindo o Quiz corretamente, finalizam-se os sete *levels* após quatorze perguntas de dez pontos cada, totalizando cento e quarenta pontos. O aluno terá a sensação de conquista ao final e a recompensa pessoal de ter compreendido os assuntos. O jogo encerra a sua proposta com uma palavra motivacional e exibe a pontuação total daquela rodada, como mostra a figura 46.

Figura 48 - Level 7: Tela de encerramento do *EletricGame*.




Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

## 2ª Etapa: Mesclagem desse catálogo com os planejamentos semestral e bimestral de aulas na escola:

Ao iniciar o ano letivo de 2019 foi requerido pela gestão pedagógica da escola, como todo ano, o planejamento de aulas bimestrais de cada professor. Ainda com o tema em desenvolvimento para a dissertação, e recém-finalizada a disciplina de Atividades Computacionais para o Ensino Médio e Fundamental I, a visão de utilização de jogos e desenvolvimento do *EletricGame* não estava consolidada, refletindo no plano de aulas para o 1º bimestre ainda não contemplava tais práticas educacionais, como podemos visualizar na figura 47.

Figura 49 - Planejamento de aulas do 1º bimestre de 2019.

<p style="text-align: center;">                       GOVERNO DO ESTADO DO  <b>AMAZONAS</b>                      Secretaria de Estado de Educação e Qualidade do Ensino-SEDUC                      Secretaria Executiva Adjunta Pedagógica- SEAP                      Departamento de Políticas e Programas Educacionais- DEPPE                 </p> <p style="text-align: center;"><b>PLANEJAMENTO BIMESTRAL DE AULAS</b></p> <p>Escola: <u>Senador Petrônio Portella</u> CDE: <u>03</u></p> <p>Professor(a): <u>Tatiane Lúcia Abreu de Figueiredo</u> Ano/Fase /Série: <u>3º 1 à 06</u></p> <p>Componente Curricular: <u>Física</u> Turno: <u>Integral</u> Período: <u>06/02 a 22/04/2019</u></p>						
Data limite para a realização da AV-01: 20/03/2019		Data limite para a realização da AV-02: 03/04/2019		Data limite para a realização da AV-03: 16/04/2019		
EIXO/UNIDADE TEMÁTICA	COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	CONTEÚDOS	ATIVIDADES	RECURSOS	AVALIÇÃO
Eletricidade e Magnetismo – Uma única ciência.	- Dominar a linguagem física; - Compreender os conceitos de eletrostática e sua aplicação às tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.	- Usar corretamente na prática, os conceitos de carga, campo, potencial e força elétrica; - Identificar os mecanismos das correntes elétricas, considerando a representação de cargas, átomos e ions.	- Noção de cargas elétricas pontuais e extensas; - Noção de campo elétrico e linhas de interação; - Princípios da eletrostática; - Processos de Eletrização; - Comentários históricos e abordagem teórica qualitativa - A Lei Coulomb e o Campo Elétrico.	- Aula expositiva, atividade individual e em grupo; - Contextualização com o cotidiano; - Demonstrando o conceito de carga elétrica por meio do processo de eletrização; - Resolução lista no quadro; - Resolução lista no caderno.	- Quadro branco; - Livros didáticos; - Lista de exercício.	- Atividades orais e escritas; - Participação. Relatório; - Simulado Institucional; - Pesquisas; - Caderno de atividades.
_____ Professor(a)		_____ Pedagogo (a) / Apoio Pedagógico		_____ Gestor(a)		

Fonte: Própria da autora.

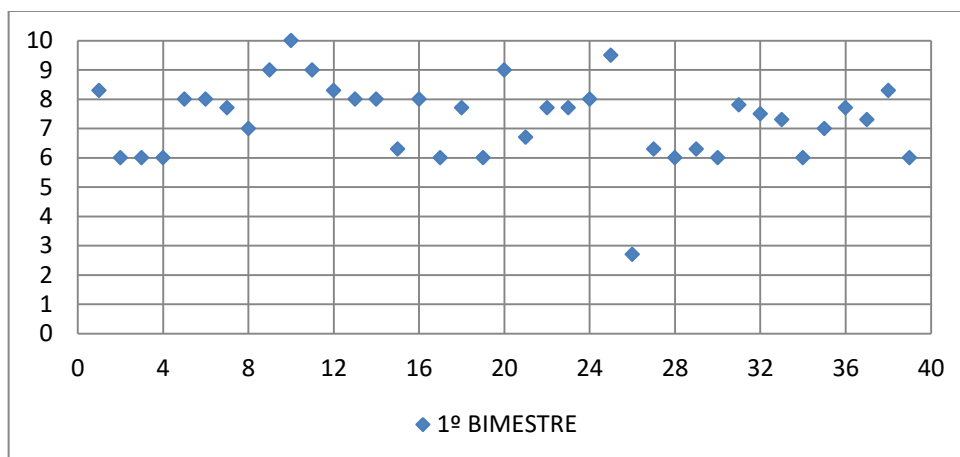


### 3ª Etapa: Levantamento do desempenho dos estudantes em atividades e provas anteriores como parâmetro de verificação do conhecimento prévio dos alunos.

Pelo fato de que a pesquisadora foi professora das turmas envolvidas ao decorrer de todo o ano letivo, não havia necessidade de aplicar questionário específico para coletar dados sobre conhecimento prévio dos conceitos abordados, ao invés dessa ferramenta, usaram-se as notas do 1º bimestre que como foi visto não teve nenhuma influência do projeto em seu planejamento e desenvolvimento. Dito isso, temos as médias de cada turma por aluno na sequência de gráficos que relaciona nota por aluno.

A *turma 1* foi composta por 39 alunos, e como mostra no gráfico 1 tem como notas mais expressivas, a máxima de 10 e a mínima de aproximadamente 3. Somando as notas de todos e fazendo a média, temos  $MÉDIA_{1TURMA1} = 7,28$ .

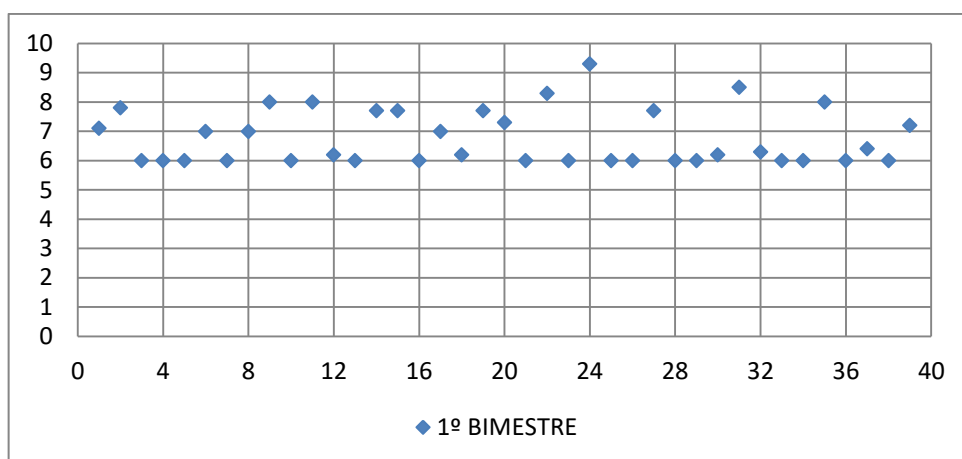
**Gráfico 1. Parâmetros anteriores da turma 1.**



Fonte: Própria da autora.

Com total de 39 alunos, a *turma 2* no gráfico 2 se destaca por não ter tido nenhuma nota “vermelha”, tendo como valor  $MÉDIA_{1TURMA2} = 6,78$ .

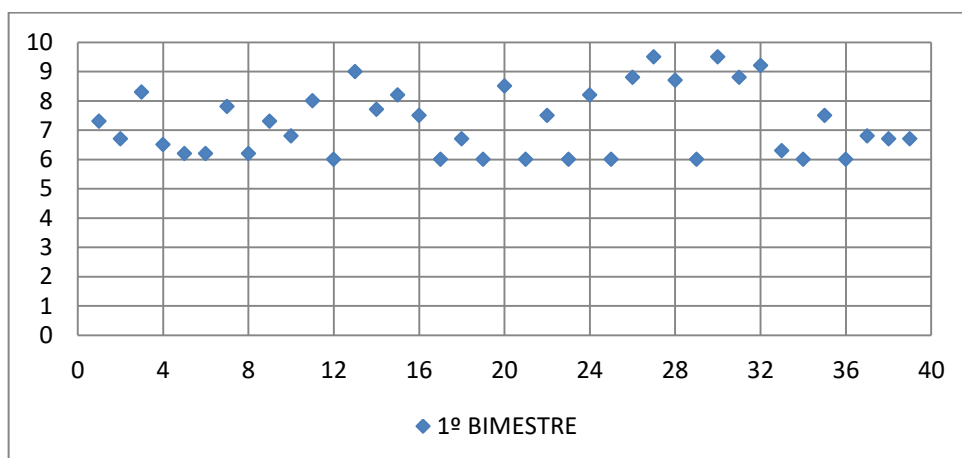
**Gráfico 2. Parâmetros anteriores da turma 2.**



Fonte: Própria da autora.

Com total de 39 alunos, a *turma 3* no gráfico 3 se destaca por não ter tido nenhuma nota “vermelha” e por ter tido várias notas acima de 9, tendo como valor  $MÉDIA_{1TURMA3} = 7,26$ .

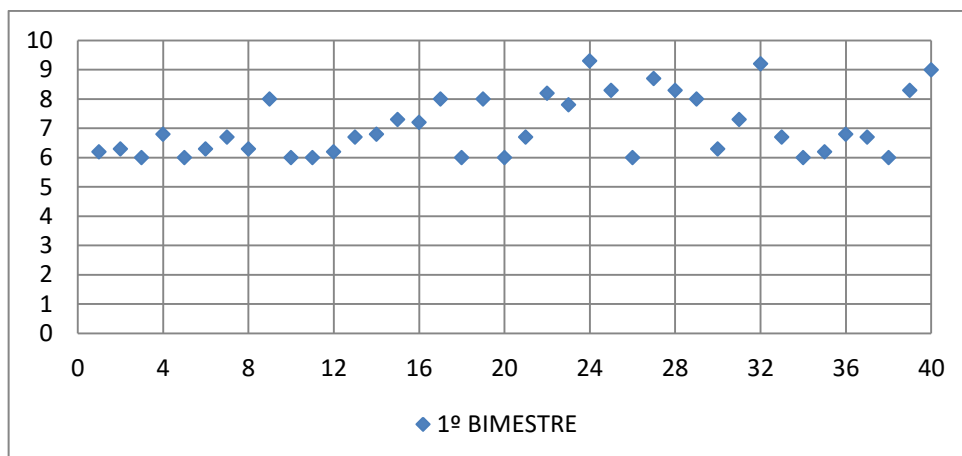
**Gráfico 3. Parâmetros anteriores da turma 3.**



Fonte: Própria da autora.

Com total de 40 alunos, a *turma 4* no gráfico 4 se destaca por não ter tido nenhuma nota “vermelha” e a grande maioria com nota entre 6 e 8, tendo como valor  $MÉDIA_{1TURMA4} = 7,07$ .

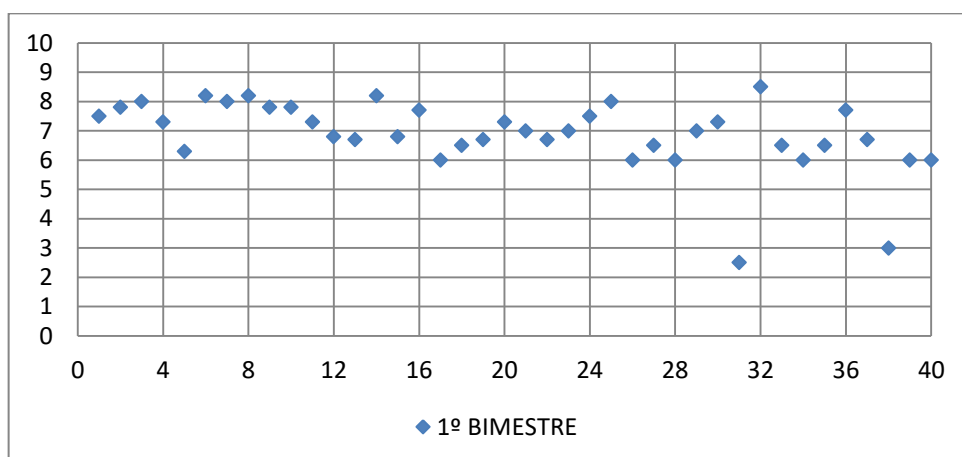
**Gráfico 4. Parâmetros anteriores da turma 4.**



Fonte: Própria da autora.

Com total de 40 alunos, a *turma 5* no gráfico 5 se destaca por ter tido duas notas abaixo de 6 e todas abaixo de 9, tendo como valor  $MÉDIA_{1TURMA5} = 6,88$ .

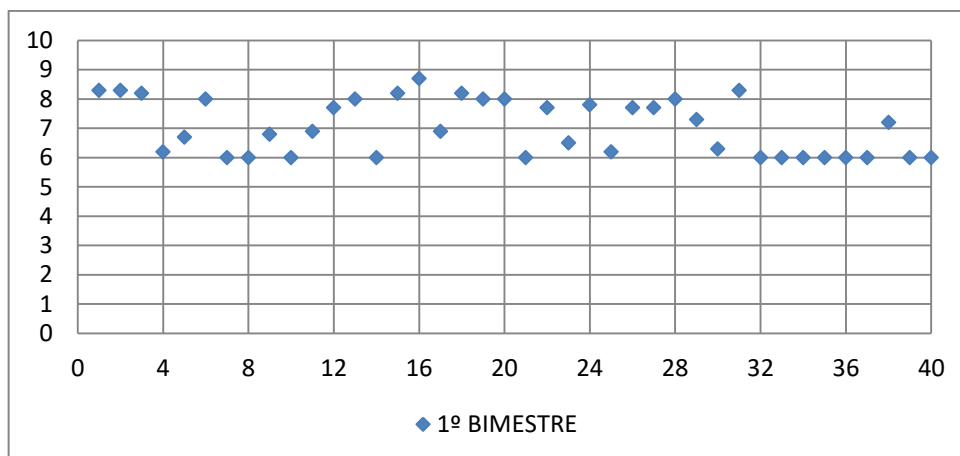
**Gráfico 5. Parâmetros anteriores da turma 5.**



Fonte: Própria da autora.

Com total de 40 alunos, a *turma 6* no gráfico 6 se destaca por não ter tido notas abaixo de 6, todas abaixo de 9 com muita frequência o 6, assim o valor  $MÉDIA_{1TURMA6} = 7,05$ .

**Gráfico 6. Parâmetros anteriores da turma 6.**



Fonte: Própria da autora.

Essas informações da média de notas geral de cada turma serão usadas como comparativo na 5ª etapa, logo após a análise de desempenho no final do 3º bimestre quando houve aplicação do projeto.

#### **4ª Etapa: Implementação das atividades experimentais e a utilização do jogo *EletricGame*.**

Chegado o momento de aplicação dos assuntos descritos aqui, vamos descrever as ações realizadas que estavam previstas no planejamento. Lembrando que as atividades experimentais foram feitas durante as aulas expositivas, muitas delas na própria sala na medida em que o assunto ia sendo abordado. E a utilização se deu no laboratório de informática no turno da tarde, essa segunda dinâmica foi possível graças a escola ser de turno integral.

Em um momento de recapitulação do assunto de corrente elétrica e tensão, foi pedido que os alunos fizessem uma “corrente humana”, dando as mãos uns aos outros como vemos na figura 49, cujo objetivo era demonstrar a fluidez dos elétrons e a diferença de potencial provinda de uma fonte de energia elétrica, tendo em vista que todos sentiam uns “choquinhos”. A intensidade da corrente era controlada com a utilização de um potenciômetro para garantir a segurança de todos.

**Figura 51 - Dinâmica de recapitulação de corrente e tensão elétrica.**



Fonte: Própria da autora.

Nessa mesma aula foi demonstrada a montagem de um circuito elétrico simples como mostra a figura 50, para isso foi utilizando uma extensão, fios condutores, bocal e lâmpada. O intuito disso é orientar os estudantes quanto a importância da ligação correta dos terminais para evitar possíveis curtos-circuitos nas futuras montagens feitas por eles, e do bom isolamento para evitar choques elétricos nas conexões.

**Figura 52 - Montando um circuito elétrico na tomada.**



Fonte: Própria da autora.

Em outra aula, com o auxílio de uma bateria e pequenas lâmpadas led, houve a montagem de circuitos elétricos por partes dos alunos como mostra a figura 51. Repetindo a ideia da montagem anterior, porém com corrente e tensão extremamente baixas, teve o âmbito de familiarizar os alunos com as ligações antes do contato com a ddp habitual das tomadas de 110 V, e assim, evitar acidentes elétricos.

**Figura 53 - Montando um circuito elétrico com bateria.**



Fonte: Própria da autora.

Ainda com a bateria e leds, após a aula expositiva de associação de resistores, acrescentamos o uso de um resistor de carvão em série no circuito, com essa manipulação pode-se observar a alteração do brilho da luz dessas lâmpadas na figura 52.

**Figura 54 - Circuito de lâmpadas led na bateria.**



Fonte: Própria da autora.

Após o entendimento da associação em série de resistores e a confiança dos alunos em manipular a tensão fornecida pela tomada convencional, foi requerido dos mesmos que montassem circuitos elétricos em série usando lâmpadas convencionais, como pode ser observado na figura 53. Com o auxílio de um voltímetro mediu-se os valores de ddp a cada terminal delas para mostrar a alteração do valor em relação ao inicial.

**Figura 55 - Circuito de lâmpadas em série.**



Fonte: Própria da autora.

De modo análogo, em outra oportunidade, com a conclusão do conceito de associação em paralelo de resistores, os estudantes construíram um circuito simulando o que foi exposto, mostrado na figura 54. Com o uso de uma bateria e vários leds, mostrou-se que nesse tipo, mesmo com várias lâmpadas ao mesmo tempo, o brilho se mantém o mesmo de se elas estivessem sozinhas.

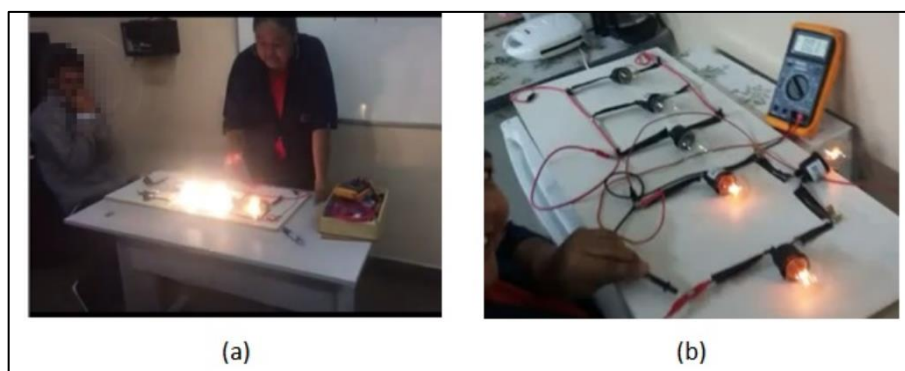
**Figura 56 - Circuito de lâmpadas led em paralelo na bateria.**



Fonte: Própria da autora.

Para concluir as dinâmicas experimentais de resistores, chegamos à prática de associação mista presente na figura 55. Um pouco mais elaborada a armação, foi pedido que os alunos construíssem um circuito desse tipo. Na exibição temos o funcionamento em duas etapas, todas as lâmpadas ligadas (a) e no outro, apenas as lâmpadas em série ligadas (b).

**Figura 57 - Circuito misto de lâmpadas.**



Fonte: Própria da autora.

Com a conclusão das aulas expositivas com experimentações práticas dos assuntos envolvidos, chega-se na ação com uso do jogo de desenvolvimento próprio. No laboratório de informática da escola mostrado na figura 56, fez-se a divulgação dele e deram-se as instruções iniciais para seu uso, foi incentivado o uso do caderno para alguns cálculos que o quiz exige.

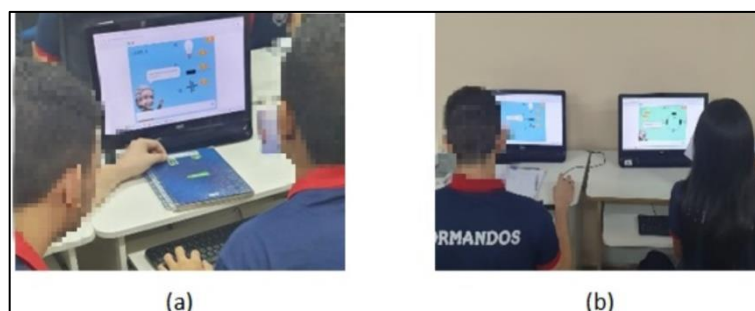
**Figura 58 - Alunos interagindo com o *EletricGame*.**



Fonte: Própria da autora.

Com o jogo iniciado, os alunos foram avançando a cada nível para revisar o conteúdo abordado ao longo das aulas passadas. De acordo com a disponibilidade das máquinas em relação ao número de alunos por série alguns estudantes compartilharam a mesma máquina (a) e outros puderam utilizar sozinhos (b), como podemos ver na figura 57.

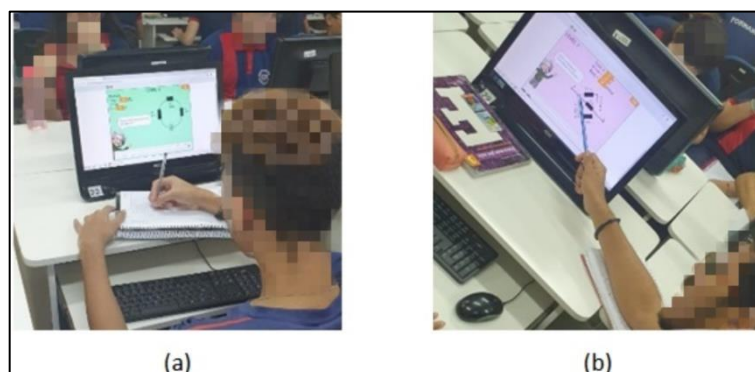
**Figura 59 - Disposição dos alunos em computadores (I).**



Fonte: Própria da autora.

A disposição ora isolada ora compartilhada de alunos em computadores fez com que surgissem situações em que o aluno teve seu próprio tempo e método de resolução (a), e situações em que ocasionou debates e discussões entre os alunos a partir de pontos diversificados sobre a mesma questão (b), vistos na figura 58.

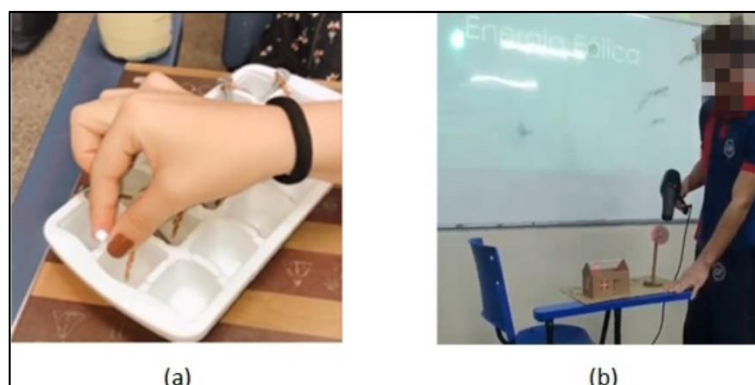
**Figura 60 - Disposição dos alunos em computadores (II).**



Fonte: Própria da autora.

Com o término de toda a dinâmica que envolvia a pesquisa para a dissertação do mestrado do MNPEF alguns alunos se aprofundaram para além do visto e reproduziram experiências para uma feira de ciências naturais da escola cujo tema principal era fontes de energia. Tendo como alguns dos resultados disso as seguintes demonstrações vistas na figura 59. Uma aluna reproduziu um método que possibilitava a demonstração da condutividade de materiais diferentes despostos em compartimentos de um material isolante eletricamente, usou uma forma plástica de gelo (a). Outro aluno utilizou dos conceitos obtidos sobre circuito elétrico e reproduziu uma maquete simulando a transformação da energia eólica em energia elétrica, que por assim, ligou uma lâmpada conectada ao circuito (b).

**Figura 61 - Experimentos extras reproduzidos por alunos.**



Fonte: Própria da autora.

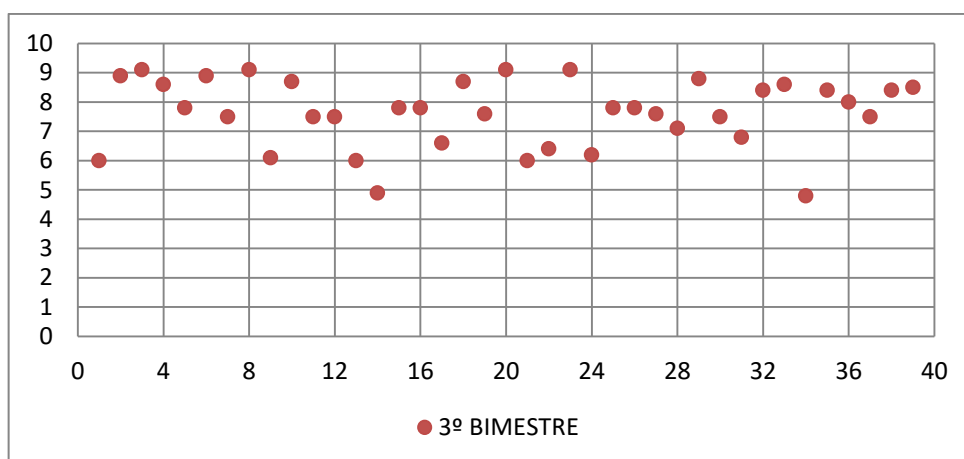
### **5ª Etapa: Análise da eficiência do projeto através do desempenho dos alunos posterior a ela.**

Para a análise após a aplicação do projeto foram utilizadas as notas de cada aluno ao final do 3º bimestre, no qual houve sua aplicação. Dessa forma, poderemos ver o desempenho dos alunos após as mudanças metodológicas que permearam a prática docente nesse período. Para fidelidade dos dados foram usados sempre a mesma quantidade de alunos do 1º bimestre, desprezando aqueles que saíram ou chegaram depois, esses valores podem ser vistos por cada estudante de cada turma na sequência de gráficos a seguir.

É interessante adiantar que em alguns casos das turmas houve baixa na nota de alguns alunos, porém houve em todas, aumento na média geral de cada turma. Aquele sentimento de individualidade foi substituído por uma sentido de coletividade, afinal, as dinâmicas em muitos casos oportunizaram o trabalho conjunto.

A *turma 1*, tem como destaque duas notas “vermelhas” de aproximadamente 5 e nenhuma nota 10, tendo como desempenho a  $MÉDIA_{2TURMA1} = 7,64$  como mostra o gráfico 7.

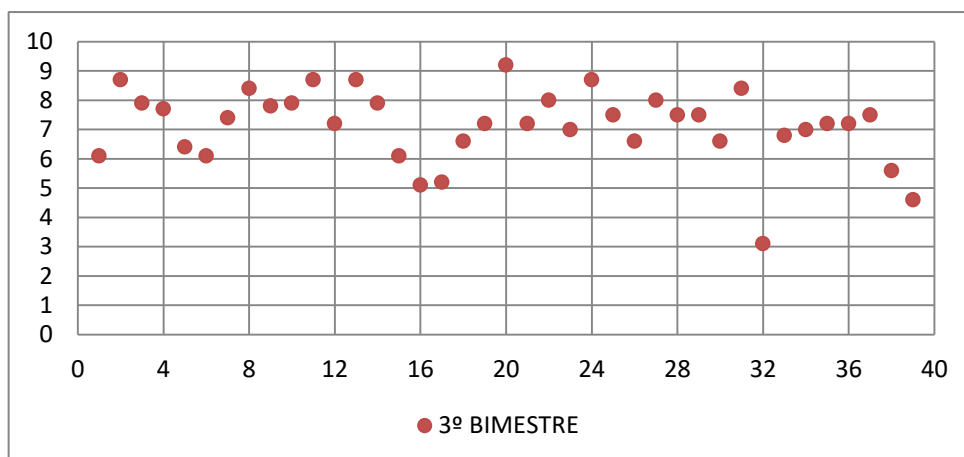
**Gráfico 7. Parâmetros posteriores da turma 1.**



Fonte: Própria da autora.

A turma 2 tem como destaque cinco notas “vermelhas” de aproximadamente 5 e nenhuma nota 10, tendo como desempenho a  $MÉDIA_{2TURMA2} = 7,14$  como vemos no gráfico 8.

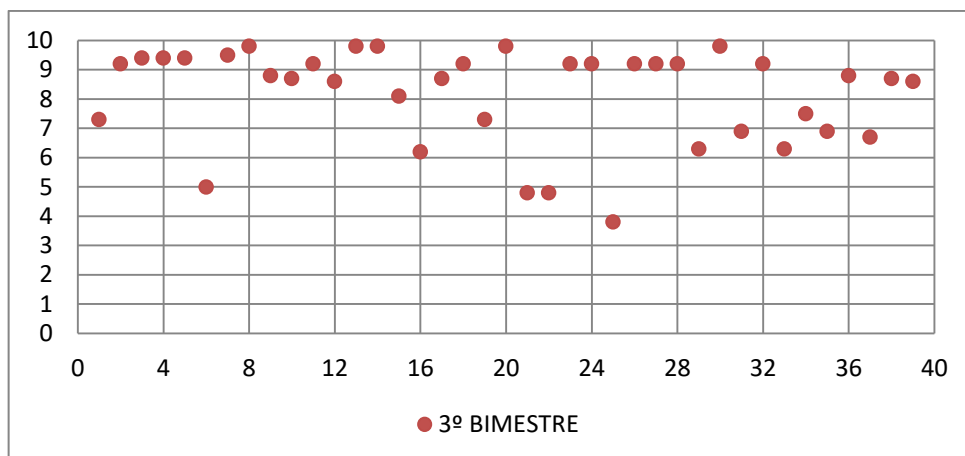
**Gráfico 8. Parâmetros posteriores da turma 2.**



Fonte: Própria da autora.

A turma 3, como vemos no gráfico 9, tem como destaque quatro notas “vermelhas”, porém muitas notas próximas de 10, tendo como desempenho a  $MÉDIA_{2TURMA3} = 8,16$ .

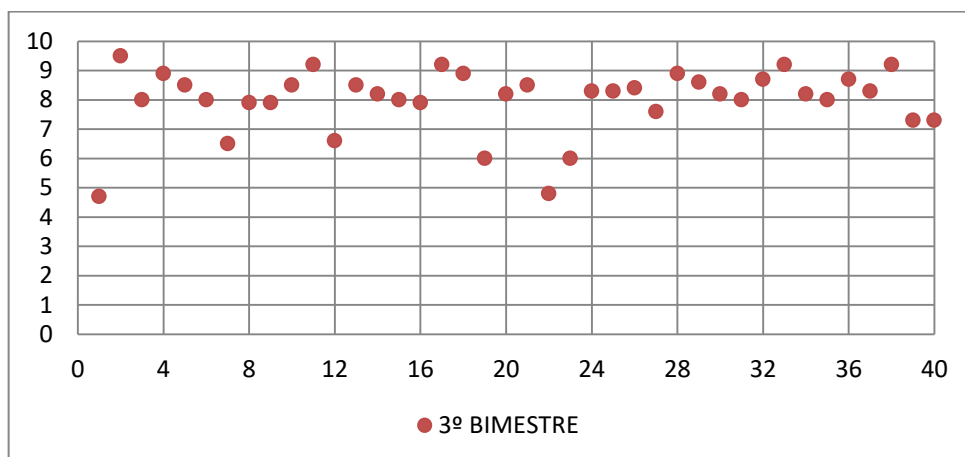
**Gráfico 9. Parâmetros posteriores da turma 3.**



Fonte: Própria da autora.

A turma 4 tem como destaque duas “vermelhas” de aproximadamente 5 e muitas notas entre 8 e 9, tendo como desempenho a  $MÉDIA_{2TURMA4} = 7,99$  como vemos no gráfico 10.

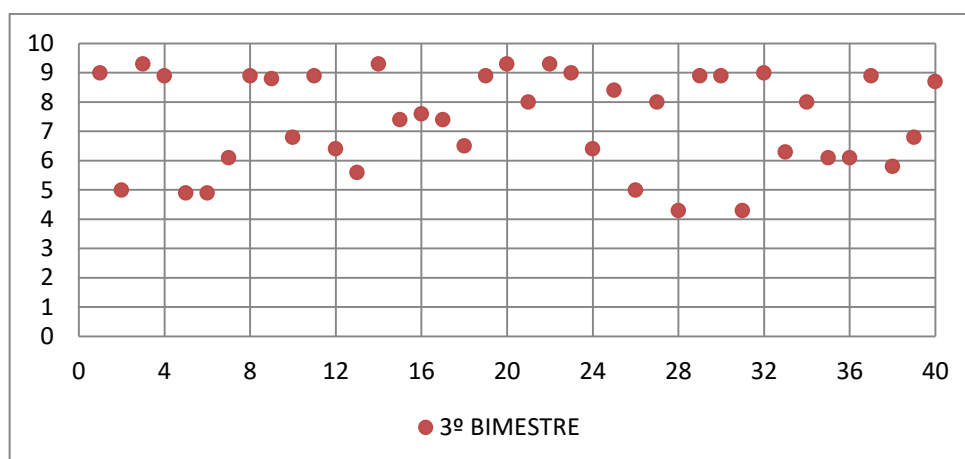
**Gráfico 10. Parâmetros posteriores da turma 4.**



Fonte: Própria da autora.

A turma 5 com o gráfico 11 tem como destaque muitas notas “vermelhas” e ao mesmo tempo algumas sendo perto de 9, tendo como desempenho a  $MÉDIA_{2TURMA5} = 7,40$ .

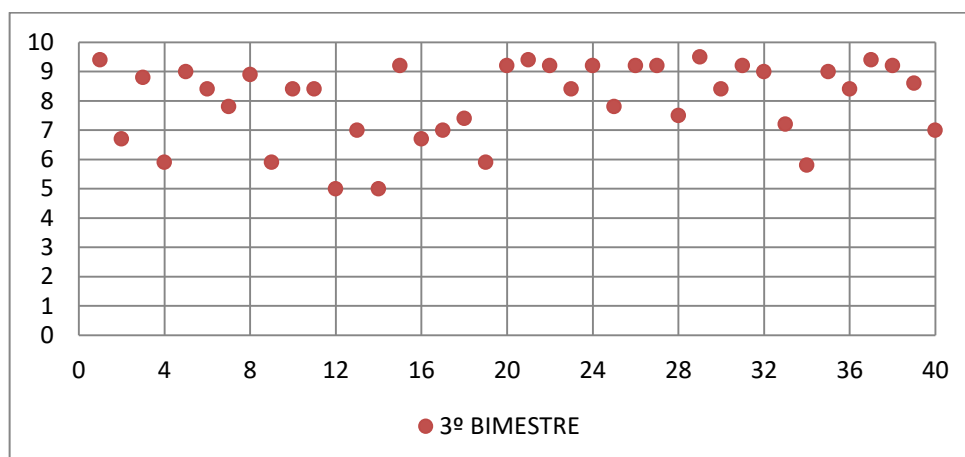
**Gráfico 11. Parâmetros posteriores da turma 5.**



Fonte: Própria da autora.

A turma 6, através do gráfico 12, tem como destaque seis notas “vermelhas” entre 5 e 6 e muitas notas acima de 9, tendo como desempenho a  $MÉDIA_{2TURMA6} = 8,02$ .

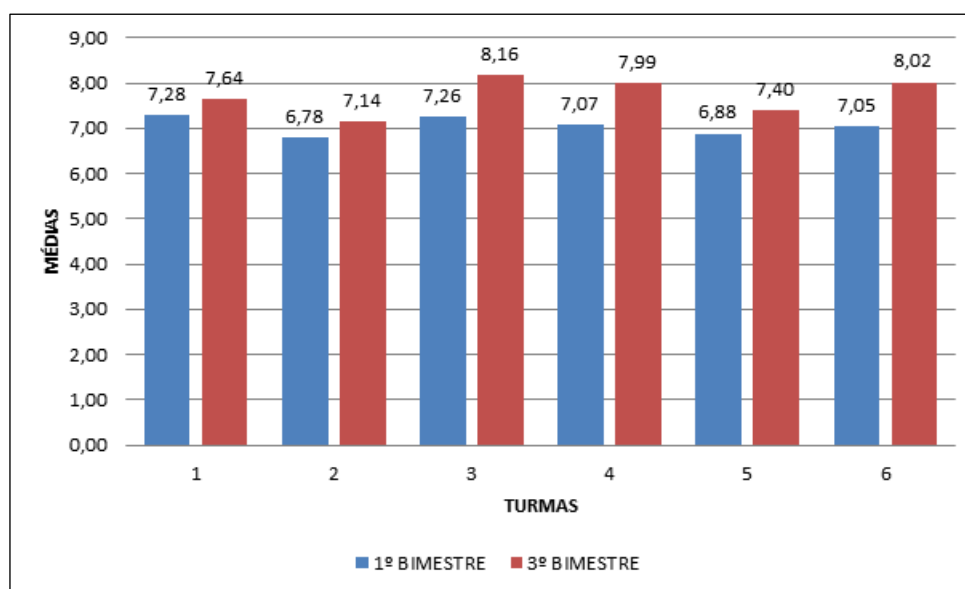
**Gráfico 12. Parâmetros posteriores da turma 6.**



Fonte: Própria da autora.

De maneira mais didática, vejamos a comparação entre o antes e depois da média de cada turma no gráfico 13, ou seja, pegaremos as médias do 1º e do 3º bimestre e compararemos com a finalidade efetivar a eficácia na alteração da metodologia usada em prol do projeto de pesquisa do mestrado.

**Gráfico 13. Parâmetros posteriores das médias das seis turmas.**



Fonte: Própria da autora.

Podemos observar que houve melhoria no desempenho bimestral de todas as turmas, nas turmas 1 e 2 a média melhorou em 0,36 pontos, na turma 3 a melhoria foi de 0,9 pontos, na turma 4 foi de 0,92, na turma 5 subiu 0,52 pontos e na turma 6 a melhoria foi de 0,97, sendo essa a mais impactada positivamente. E em tempo, ao analisarmos a média das 6 turmas juntas, temos 7,05 pontos para o 1º bimestre e para o 3º tivemos 7,72 pontos de modo geral.

Como método de avaliação qualitativa desse desempenho foi usado um aplicativo de gravação de áudio pelo celular, e como resultado dos relatos de alguns desses alunos que participaram das aulas, podemos destacar as seguintes transcrições.

Sobre o embate do ensino tradicional x aprendizagem significativa, uma aluna da turma 2 faz o seguinte comentário: *“nas escolas a gente tá acostumado a entrar na sala de aula, assistir uma aula teórica onde o professor compartilha uma ideia e os alunos copiam no caderno e o método que a professora Tatiane usava era um método diferente onde ela nos mostrava os assuntos de forma prática através de experimentos ou jogos virtuais, era um método que quebrava esse padrão teórico na sala de aula, que tornavam as aulas menos cansativas e muito mais interessantes, principalmente os assuntos que mais caíam nos vestibulares, como circuitos elétricos”*.

Levantando a discussão sobre a importância dos experimentos no ensino de Física, outra aluna da turma 2 indaga o seguinte argumento: *“estudar física por meio de experimentos e experimentação prática em sala de aula foi uma das melhores experiências pra mim no sentido acadêmico de reter conteúdo [...] quando eu fiz os vestibulares me ajudou muito, todas as provas que eu fazia, lembrar daquele conteúdo não só como uma coisa que eu vi no papel, mas como uma coisa palpável que eu consegui ver ali na minha frente e tocar, fazer e me maravilhar com aquilo [...] e eu com certeza aprendi muito mais por conta da prática do que simplesmente pela fala ou pela escrita ou por exercícios”*. Reforçando a ideia de que o manuseio de equipamentos torna a disciplina mais marcante e sai da abstração que outra metodologia mais tradicional proporciona.

As atividades experimentais podem despertar na vivência do estudante o gosto pela Física, assim como ela pode transcender para as demais disciplinas, desde que o mesmo seja motivado a ser ativo em sua aprendizagem, sobre isso, um discente da turma 5 discursa: *“durante esse ano (2019) eu tive resultados muito melhores tanto na física quanto nas outras áreas de exatas em relação aos anos anteriores por conta da metodologia usada, principalmente na disciplina de física que era uma metodologia tanto de experiência prática e explorar realmente o físico ali não só teórico, e também em relação a informática para usufruir de jogos e de aplicativos que nos ajudaram muito”*.

De maneira lúdica e informal, as práticas experimentais transmitem em “tom de brincadeira” os conceitos previstos no currículo escolar, e assim, como relata um aluno da turma 4: *“a didática que nos foi aplicada sem dúvida nos ajudou para termos um melhor entendimento da física, as práticas virtuais exemplificaram bem a situação que deve ser passada, e com as práticas experimentais o conteúdo se tornou bem mais divertido”*.

E para finalizar, a sala de aula não é um ambiente isolado, uma ação bem sucedida repercute para as demais disciplinas podendo, ou não, influenciar outros docentes a praticarem metodologias semelhantes, como relata uma professora de biologia com turmas iguais: *“acompanhei o trabalho da professora Tatiane durante cinco anos, e percebi o desenvolvimento do trabalho dela com os alunos utilizando aulas práticas e jogos educacionais e de certa forma me inspirei para o uso dessas*

*ferramentas, pois eu vi um grande interesse, uma grande participação dos alunos durante as suas aulas, e eles relatavam isso também para os outros professores, principalmente por se tratar de uma disciplina que não é muito apreciada na realidade pelos alunos por eles relatarem uma grande dificuldade na disciplina de física, dessa forma a professora conseguia prender a atenção dos alunos, uma maior participação e um maior aprendizado”.*

### **6ª Etapa: Avaliação de docentes de Física sobre o EletricGame.**

Em uma última etapa na validação do produto educacional criado, foram entrevistados alguns professores de Física através do questionário disponível no anexo 2, com objetivo de conhecer suas preferências e perspectivas quanto ao uso de games como recursos pedagógicos para o ensino, especificamente o EletricGame sobre circuitos elétricos. Foram pedidos dados como nome, interesse na metodologia, viabilidade, continuidade, clareza e relevância de cada fase (level), e a recomendação do uso desse jogo.

Pode-se visto na sequência de quadros os resultados das opiniões de 16 docentes da área, sendo: Excelente: Atinge completamente os requisitos; Bom: Atinge índices satisfatórios dos requisitos e apresenta alguma irregularidade que não compromete o desenvolvimento; Regular: Atende parcialmente os requisitos e apresentam algumas irregularidades. Ruim: Não atende os requisitos e apresenta parcial irregularidade. Péssimo: Não atende os requisitos e apresenta total irregularidade. Essas nomenclaturas serão representadas por cores e números de 1 a 5, conforme o quadro 2.

**Quadro 2. Relação de avaliações e cores.**

1	Péssimo	2	Ruim	3	Regular	4	Bom	5	Excelente
---	---------	---	------	---	---------	---	-----	---	-----------

Fonte: Própria da autora

Sobre a página de apresentação do EletricGame, de acordo com o quadro 3, 8 professores declararam como “excelente”, 6 responderam que está “bom”, 1 considerou “regular” e 1 considerou “ruim”. O resultado completo da avaliação por meio de conceitos pode ser visto no quadro 3.

**Quadro 3. Sobre a página de apresentação do EletricGame.**

Participante	Conceito				
	1	2	3	4	5
Professor A				x	
Professor B					x
Professor C					x
Professor D				x	
Professor E					x
Professor F					x
Professor G				x	
Professor H					x
Professor I				x	
Professor J				x	
Professor K					x
Professor L			x		
Professor M				x	
Professor N		x			
Professor O					x
Professor P					x

Fonte: Própria da autora com preenchimento dos participantes.

A partir de então, as páginas sobre as fases terão mais de um elemento avaliados. Começando pela fase 1 no quadro 4, temos um grande destaque para “excelente” referente a sequência lógica dos conteúdos e clareza das informações para resolução da fase com 12 marcações cada. A classificação de “bom” para compatibilidade das ilustrações e nível de dificuldade do conteúdo abordado com 8 cada, e 7 para distribuição da pontuação. Após esses destaques temos poucas marcações para “regular” e “bom” e nenhuma marcação em “péssimo”.

**Quadro 4. Sobre a fase 1.**

Participante	Sequência lógica dos conteúdos					Compatibilidade das ilustrações					Distribuição da pontuação					Clareza das informações para resolução da fase					Nível de dificuldade do conteúdo abordado				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Professor A				x					x					x					x					x	
Professor B					x					x					x					x				x	
Professor C					x				x						x					x				x	
Professor D					x					x					x					x				x	
Professor E					x																				
Professor F					x				x																
Professor G					x					x															
Professor H			x					x					x					x					x		
Professor I					x				x					x					x					x	
Professor J					x					x					x				x					x	
Professor K					x					x					x				x					x	
Professor L					x				x						x				x					x	
Professor M				x					x						x				x					x	
Professor N					x					x					x				x					x	
Professor O					x					x					x				x					x	
Professor P					x					x					x				x					x	

Fonte: Própria da autora com preenchimento dos participantes.

Na fase 2 com detalhamento no quadro 5, temos uma predominância expressiva de avaliações dos tipos “excelente” e “bom” com apenas 6 flutuações em “regular” dispersas nas cinco categorias. Ainda vê-se 1 marcação em “ruim” para a distribuição da pontuação e nenhuma em “péssimo”.

**Quadro 5. Sobre a fase 2.**

Participante	Sequência lógica dos conteúdos					Compatibilidade das ilustrações					Distribuição da pontuação					Clareza das informações para resolução da fase					Nível de dificuldade do conteúdo abordado				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Professor A				x					x					x					x					x	
Professor B					x					x					x										x
Professor C					x					x					x										x
Professor D				x										x						x					x
Professor E					x										x										x
Professor F					x										x										x
Professor G					x										x										x
Professor H			x												x										x
Professor I					x										x										x
Professor J			x																						x
Professor K					x																				x
Professor L					x																				x
Professor M				x																					x
Professor N					x																				x
Professor O				x																					x
Professor P					x																				x

Fonte: Própria da autora com preenchimento dos participantes.

Para a fase 3 presente no quadro 6, percebemos uma predominância de “bom” e “excelente”, porém vemos o participante “H” com avaliações sempre configuradas como “ruim” e “regular, e novamente sem nenhuma avaliação “péssimo”.

**Quadro 6. Sobre a fase 3.**

Participante	Sequência lógica dos conteúdos					Compatibilidade das ilustrações					Distribuição da pontuação					Clareza das informações para resolução da fase					Nível de dificuldade do conteúdo abordado				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Professor A				x						x					x										x
Professor B					x																				x
Professor C					x																				x
Professor D					x																				x
Professor E					x																				x
Professor F					x																				x
Professor G					x																				x
Professor H		x																							x
Professor I					x																				x
Professor J					x																				x
Professor K					x																				x
Professor L					x																				x
Professor M					x																				x
Professor N				x																					x
Professor O				x																					x
Professor P					x																				x

Fonte: Própria da autora com preenchimento dos participantes.

Para a fase 4 temos sequência lógica dos conteúdos, clareza das informações para a resolução da fase e nível de dificuldade do conteúdo abordado como majoritariamente “excelente”, poucas avaliações “bom” e algumas marcações em “regular”. Já nas outras duas categorias ocorrem distribuição de marcação considerável entre as três melhores categorias. Nessa fase, não ocorreu nenhuma “ruim” ou “péssimo”, como vemos no quadro 7.

**Quadro 7. Sobre a fase 4.**

Participante	Sequência lógica dos conteúdos					Compatibilidade das ilustrações					Distribuição da pontuação					Clareza das informações para resolução da fase					Nível de dificuldade do conteúdo abordado				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Professor A				x					x					x					x					x	
Professor B				x					x					x					x					x	
Professor C				x					x					x					x					x	
Professor D				x					x					x					x					x	
Professor E				x					x					x					x					x	
Professor F				x					x					x					x					x	
Professor G				x					x					x					x					x	
Professor H			x						x					x					x					x	
Professor I				x					x					x					x					x	
Professor J				x					x					x					x					x	
Professor K				x					x					x					x					x	
Professor L				x					x					x					x					x	
Professor M				x					x					x					x					x	
Professor N				x					x					x					x					x	
Professor O				x					x					x					x					x	
Professor P				x					x					x					x					x	

Fonte: Própria da autora com preenchimento dos participantes.

Para a fase 5 temos o quadro 8, vemos bom comportamento geral das classificações positivas, porém o professor H se repete em “ruim” e “regular”.

**Quadro 8. Sobre a fase 5.**

Participante	Sequência lógica dos conteúdos					Compatibilidade das ilustrações					Distribuição da pontuação					Clareza das informações para resolução da fase					Nível de dificuldade do conteúdo abordado				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Professor A				x					x					x					x					x	
Professor B				x					x					x					x					x	
Professor C				x					x					x					x					x	
Professor D				x					x					x					x					x	
Professor E				x					x					x					x					x	
Professor F				x					x					x					x					x	
Professor G				x					x					x					x					x	
Professor H		x							x					x					x					x	
Professor I				x					x					x					x					x	
Professor J				x					x					x					x					x	
Professor K				x					x					x					x					x	
Professor L				x					x					x					x					x	
Professor M				x					x					x					x					x	
Professor N				x					x					x					x					x	
Professor O				x					x					x					x					x	
Professor P				x					x					x					x					x	

Fonte: Própria da autora com preenchimento dos participantes.

Para a fase 6 através do quadro 9 vamos predominância quase absoluta da classificação como “excelente” em quase todas as categorias.

**Quadro 9. Sobre a fase 6.**

Participante	Sequência lógica dos conteúdos					Compatibilidade das ilustrações					Distribuição da pontuação					Clareza das informações para resolução da fase					Nível de dificuldade do conteúdo abordado				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Professor A				x					x					x					x					x	
Professor B					x					x					x									x	
Professor C				x						x									x					x	
Professor D					x					x					x									x	
Professor E					x					x					x									x	
Professor F					x					x					x									x	
Professor G					x					x					x									x	
Professor H		x								x					x									x	
Professor I					x					x					x									x	
Professor J					x					x					x									x	
Professor K					x					x					x									x	
Professor L					x					x					x									x	
Professor M					x					x					x									x	
Professor N					x					x					x									x	
Professor O					x					x					x									x	
Professor P					x					x					x									x	

Fonte: Própria da autora com preenchimento dos participantes.

Para a fase 7, a última fase, como vemos no quadro 10 novamente houve predominância da marcação em “excelente” e em seguida de “bom”, as únicas marcações de “regular” foi do professor H, e nota-se que não tiveram marcações em “ruim” e “péssimo”.

**Quadro 10. Sobre a fase 7.**

Participante	Sequência lógica dos conteúdos					Compatibilidade das ilustrações					Distribuição da pontuação					Clareza das informações para resolução da fase					Nível de dificuldade do conteúdo abordado				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Professor A				x						x					x									x	
Professor B					x										x									x	
Professor C					x										x									x	
Professor D					x										x									x	
Professor E					x										x									x	
Professor F					x										x									x	
Professor G					x										x									x	
Professor H			x												x									x	
Professor I					x										x									x	
Professor J					x										x									x	
Professor K					x										x									x	
Professor L					x										x									x	
Professor M					x										x									x	
Professor N					x										x									x	
Professor O					x										x									x	
Professor P					x										x									x	

Fonte: Própria da autora com preenchimento dos participantes.

Após a conclusão da avaliação das fases, pediu-se que os professores avaliassem o jogo como um todo, ou seja, uma avaliação geral dele. Para isso,

foram criadas oito categorias que aqui foram separadas em duas partes para melhor formatação na página. Em ambas as partes, fora acrescentada a categoria “não se aplica” representada pela sigla “N/A”. No quadro 11 temos a primeira parte onde é possível ver a avaliação de “ruim” e “regular” em duas categorias pelo professor H. Uma avaliação que a pontuação do jogo com “N/A” e de resto distribuído entre “bom” e “excelente”.

**Quadro 11. Sobre a avaliação geral (parte 1).**

Participante	Adequação das animações quanto as atividades propostas						Adequação dos textos para instruções das atividades propostas						Adequação das ilustrações para seguimento das atividades						Relevância da pontuação nas fases					
	1	2	3	4	5	N/A	1	2	3	4	5	N/A	1	2	3	4	5	N/A	1	2	3	4	5	N/A
Professor A				x						x													x	
Professor B					x					x														x
Professor C				x						x													x	
Professor D					x					x													x	
Professor E					x					x														x
Professor F					x					x													x	
Professor G					x					x														x
Professor H			x						x							x						x		
Professor I				x						x													x	
Professor J					x					x													x	
Professor K					x					x													x	
Professor L				x						x													x	
Professor M				x						x														x
Professor N					x						x													x
Professor O					x					x														x
Professor P					x					x														x

Fonte: Própria da autora com preenchimento dos participantes.

Continuando a avaliação geral no quadro 12, o comportamento da parte 1 se repete, agora sem nenhuma marcação em N/A.

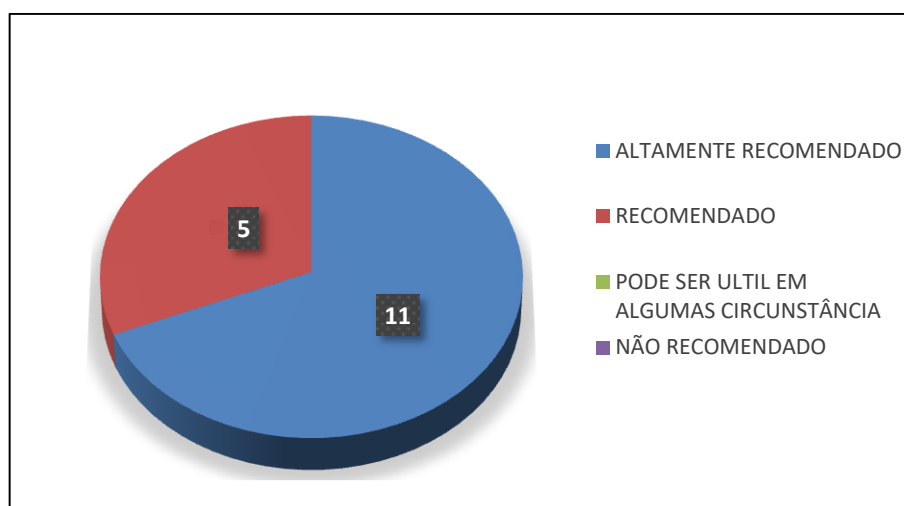
**Quadro 12. Sobre a avaliação geral (parte 2).**

Participante	Dinamização do conteúdo (Fácil compreensão)						Avalie o seu grau de satisfação com o Jogo						A didática utilizada está de acordo com seu nível de conhecimento no assunto						Qual a viabilidade de inserir o jogo no seu plano de ensino					
	1	2	3	4	5	N/A	1	2	3	4	5	N/A	1	2	3	4	5	N/A	1	2	3	4	5	N/A
Professor A				x							x													
Professor B					x						x													x
Professor C					x						x													x
Professor D				x							x												x	
Professor E					x						x													x
Professor F					x						x													x
Professor G					x						x													x
Professor H			x							x														x
Professor I				x							x													x
Professor J					x						x													x
Professor K				x							x													x
Professor L					x						x													x
Professor M				x							x													x
Professor N					x						x													x
Professor O					x						x													x
Professor P					x						x													x

Fonte: Própria da autora com preenchimento dos participantes.

Concluindo as avaliações objetivas dos professores sobre o jogo EletricGame, foi pedido que os discentes classificassem quanto a recomendação dele em uso para o processo de ensino-aprendizagem. Como podemos ver no gráfico 14, dos 16 professores que participaram, 11 caracterizam o jogo como “altamente recomendado”, 5 como “recomendado” e nenhum foi contrário ou apenas em algumas circunstâncias.

**Gráfico 14. Recomendações por professores.**



Fonte própria da autora com base nas respostas dos professores.

Em uma modalidade subjetiva, pediu-se alguns comentários em forma de texto em forma de comentários e/ou sugestão, essas respostas presentes no quadro 13 reforçam a ideia da relevância e boa conduta do EletricGame enquanto ferramenta útil no processo de aprendizagem de circuitos elétricos, porém que ele necessita de alguns reparos para melhorar a experiência e conseqüentemente a aprendizagem com ele.

**Quadro 13. Comentários e sugestões.**

Professor A	Bom jogo. Mas poderia melhorar interface gráfica e a renovação das questões matemáticas, como na fase 3, quando a cada entrada nessa fase o valor dos resistores sofre modificação. Dessa forma o jogo pode ser melhor explorado.
Professor B	Jogo super dinâmico e útil para ajudar os alunos a revisar de forma clara e moderna, fazendo com que os alunos assimilem os conteúdos de uma forma super criativa. Um recurso maravilhoso para usar com meus alunos.
Professor C	Jogo com ótima sequência de conteúdos, mas podia dar um feedback no caso de erro.

Professor D	Diante da falta de materiais envolvendo eletricidade nas escolas de maneira geral (pública e privada), um uma simulação/jogo onde podemos ilustrar o fenômeno da eletrodinâmica e trazer este fenômeno para mais perto da realidade do aluno (a), se torna um facilitador desta aprendizagem.
Professor E	A tela de fundo em movimento tira a minha concentração.
Professor F	Considero relevante uma continuação de fases, jogo excelente para ser utilizado como revisão, pois exige do aluno conhecimentos gradativos sobre circuitos elétricos. Usaria como ferramenta com meus alunos.
Professor G	Excelente trabalho.
Professor H	Muito bom e interessante!
Professor I	A tentativa de um jogo para dinamizar essa parte do conteúdo foi muito significativa, minha contribuição fica mesmo para uma melhora nas dicas para resoluções das fases e uma reformulação na página de entrada. Modernizando a animação que é o cartão de visita do jogo.
Professor J	Level 2: Poderia colocar uma questão sobre corrente elétrica, para fixar o entendimento como se estabelece um circuito elétrico. Level 5: Colocar uma questão de circuito misto para entender a diferença entre circuito paralelo. Também circuitos com lâmpadas e potência. Para nesse nível aumentar o grau de dificuldade. Level 6: Uma questão para saber diferença de tensão entre circuitos série e paralelo. Também uma questão sobre curto-circuito. Ai, já aumentaria mais a dificuldade nesse nível. Isso contribui para o desafio de chegar ao fim do jogo. Level 7: Apresentar circuitos com fonte de tensão. E um circuito para encontrar a corrente que passa por determinado resistor. Assim, a dificuldade seria mais alta ainda.
Professor K	Seria interessante uma legenda p/ identificar ckt, a não ser que você esteja em sala p/ orientar o aluno e informá-lo disso, pode ser que ele não entenda a princípio que ckt significa circuito.
Professor L	Algumas ilustrações podem ser repaginadas, a pontuação dada aos jogadores pode ser melhor explorada. Mas a sequência do conteúdo é bem interessante, permitindo até um número de fases maior. De modo geral usaria com meus alunos.
Professor M	Está ótimo! Não sei a viabilidade de editar no scratch, mas talvez um comentário sobre a solução do problemas seria interessante.
Professor N	JOOGO ELETRICGAME POR DOCENTES mostrou-se adequado para o desenvolvimento das sequências e do aprendizado, conseguindo ajudar de forma positiva isto, se deve ao fato dos conteúdos propostos na plataforma estarem bem definidos e coerentes.
Professor O	Muito interessante e bem didático para se trabalhar.
Professor P	-

Fonte: Própria da autora com preenchimento dos participantes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de tudo que foi exposto, conclui-se que há a necessidade e demanda de práticas que promovam a aprendizagem significativa, nesse âmbito o aluno precisa ser colocado como protagonista de seu próprio aprendizado de tal modo que ele possa, além de absorver os conceitos abordados, aplicar seu conhecimento em sua vida e cotidiano.

Metodologias que se mostram eficientes de modo geral foram designadas para a elaboração desse projeto e através de toda a dinâmica desenvolvida nele se provaram relevantes para a realidade da escola onde foi aplicado, sendo então, a prática experimental durante as aulas expositivas, e a apresentação e utilização de ferramentas virtuais.

Em nenhum momento se é citado o abandono de formalização matemática, inclusive o produto criado pela pesquisadora, *ElectricGame*, exige tal habilidade. O feito, no entanto, foi a preocupação com a demonstração das influências das variáveis presentes nas fórmulas em contexto real. Esses acréscimos de dificuldades, empirismo e possibilidade do errado fizeram com que os fenômenos abordados nos livros se tornassem mais palpáveis.

Tudo que foi relatado ao longo da dissertação foi feito em sua grande maioria na sala de aula, pois a ruptura que causaria ao se deslocar para o laboratório, ou até mesmo uma aula toda realizada em laboratório poderia ser entendida pelo aluno como uma aula “à parte”, ocasionando quem sabe a não correlação daquilo visto no quadro com o praticado em experimentos. Há também o fator de no laboratório não haver cadeiras suficientes, dispersão dos estudante mediante a tantos materiais lá disponíveis, entre outros fatores.

Para a realização do projeto foi necessário muito planejamento prévio o que resultou em um catálogo de experimentos de baixo custo e simuladores relacionados com os conceitos dentro de circuitos elétricos que está disponível no apêndice A. Nesse material é possível ao professor, que tenha interesse em desenvolver práticas educacionais diferenciadas do tradicionalismo, possa encontrar norteamento sequencial dos conceitos, conteúdos, materiais necessários, objetivos

e metodologias, e assim, consiga aplicar dentro da realidade da escola, dos alunos e de si próprio.

Em tempo, a escolha por materiais de baixo custo visa a facilidade de adequação à realidade de muitas escolas que não possuem espaço apropriado de laboratórios, pois por serem de fácil obtenção a partir de utensílios cotidianos ficam muitas vezes como função dos alunos coletarem o que acarreta em maior envolvimento dos mesmos desde a pré-produção até a explicação dos equipamentos construídos. Já a seleção de apenas dois simuladores para a utilização nas aulas se deu pelo fácil acesso a eles por serem gratuitos, não serem “pesados” podendo rodar em máquinas de baixo desempenho e os gráficos presentes neles são intuitivos e de fácil entendimento.

Por fim, esse trabalho desenvolvido para a conclusão do mestrado pelo programa MNPEF não é fechado, está sujeito a dicas, indagações, comentários, alterações e discussões sobre o que tange ensino de Física e aprendizagem significativa através de experimentos e softwares.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, Junho. 2003.

AUSUBEL, David. Educational psychology: a cognitive view. **New York: Holt, Rineheart and Winston**. p.533. 1968.

AXT, Rolando; MOREIRA, Marco Antônio. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Porto Alegre, v.13, n.1, p.97-103, 1991.

BARREIRO, Águida; BAGNATO, Vanderlei . Aulas demonstrativas nos cursos básicos de física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v.9,n.3, pp 238-244, 1992.

BARRETO, Benigno; XAVIER, Claudio. Física Aula por Aula: Eletromagnetismo, Física Moderna, 3º ano. 3.ed. **Editora FTD**. São Paulo. 2016.

COLLER, Marcos. Física Animada – Associação de Resistores (Lâmpadas). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=nj8nQcyuoQ>. Acesso em: 20 de Fevereiro de 2019.

DIAS, Klissiomara; SERRÃO, Miquéia. A Linguagem Scratch no Ensino de Programação: Um Relato de Experiência com Alunos Iniciantes do Curso de Licenciatura em Computação. *In: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO (WEI)*, 22. Brasília. **Anais [...]**. Porto Alegre: **Sociedade Brasileira de Computação**. p.1475-1484, 2014.

FIGUEIREDO, Tatiane. EletricGame. Disponível em: <https://scratch.mit.edu/projects/190236675/> . Acesso em 10 de Julho de 2019.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Física**. São Paulo, v.25, n.3, p.259-172, Setembro. 2003.

GASPAR, Alberto. Física. Livro do Professor. Vol. único. 2008.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel. Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n.º. 2, p. 227-254, 2005.

HEWITT, Paul G. Física Conceitual [recurso eletrônico] / Paul G. Hewitt; tradução: Trieste Freire Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.

Lei de Ohm e Resistência Elétrica. Departamento de Física da Universidade Federal de Ouro Preto. Disponível em: [https://fisica.ufop.br/sites/default/files/defis/files/lei\\_de\\_ohm\\_e\\_resistencia\\_eletrica.pdf?m=1525725088](https://fisica.ufop.br/sites/default/files/defis/files/lei_de_ohm_e_resistencia_eletrica.pdf?m=1525725088). Acesso em 15 de Fevereiro de 2019

MACHADO, Kleber Daum. Teoria do Eletromagnetismo. **Editora UEPG**. v.il. Ponta Grossa. 2002.

MORAES, A.M; MORAES, I.J. (2000). “A avaliação conceitual de força e movimento”. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 22 (2): 230.

MORAN, José. Bases para uma educação inovadora, 2013. Disponível em: <<http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/bases.pdf>>. Acesso em 14 de Maio. 2020.

MOREIRA, M.A. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA ILUSÃO PERDIDA EM UMA CULTURA DE ENSINO PARA A TESTAGEM? Edita: Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional. *In*: **VII ENCUENTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO**. Burgos-Espanha: p.53-63, 2015.

NOGUEIRA, A.F.L. Experimentos para o ensino de eletrostática com auxílio computadorizado. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 28, n. 4, p. 445-451, 2006.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. Curso de Física básica 3: Eletromagnetismo. 1ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

OLIVEIRA, G.P; PEREIRA, A.C.C. O uso da engenharia didática como ferramenta facilitadora para utilização e produção de objetos de aprendizagem a partir da formação inicial e continuada de professores de matemática. **Boletim Cearense de Educação e História da Matemática**. Fortaleza, v.5, n.13, p.48-65, Março. 2018.

PHET. KIT para Motar Circuito DC. Disponível em;

[https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_pt_BR.html). Acesso em 05 de Março de 2019.

PHET. Lei de Ohm. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_pt_BR.html). Acesso em 05 de Março de 2019.

PRENSKY, Marc. Digital Natives, Digital Immigrants. **MCB University Press**. vol. 9 No. 5, Outubro. 2001.

PUREUR, Paulo. Supercondutividade: uma introdução. IX<sup>a</sup> Escola do CBPF. Julho de 2012. Disponível em: [https://mesonpi.cat.cbpf.br/e2012/arquivos/pg13/Supercondutividade\\_aula\\_2.pdf](https://mesonpi.cat.cbpf.br/e2012/arquivos/pg13/Supercondutividade_aula_2.pdf). Acesso em: 05/06/2021.

Ramos D.K; Rocha N.L. Avaliação do uso de jogos eletrônicos para o aprimoramento das funções executivas no contexto escolar. **Revista Psicopedagogia**. v33, n.101, p.133-143. 2016.

RAMOS, D.K. Jogos cognitivos eletrônicos: contribuições à aprendizagem no contexto escolar. **Ciências e Cognição**. v.18, n.1, p.19-32. Santa Catarina, Março. 2013.

SARTORI, A.S; HUNG, E. S; MOREIRA, P.J. Uso das TIC's como ferramentas de ensino aprendizagem. Florianópolis: **Editores Unijuí**. n.98, p.133-152. 2016.

**SASSERON, L. H.** Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. et al. Ensino de Física. São Paulo: **Cengage Learning (Coleção ideias em ação)**, 2010, cap. 1, p. 1-27.

SERÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, Antônio Dias. O Papel da Experimentação no Ensino de Física. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis/BRA. v. 20, n.1, p.31-42, 2003.

VENTURA. Daniel Rodrigues. Circuito Elétrico Simples. Portal do Professor. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=22284>. Acesso em 15 de Fevereiro de 2019.

## ANEXO 1

onde  $\alpha$  é o *coeficiente de resistividade térmica*,  $T_0$  é, em geral, igual a  $20^\circ\text{C}$ ,  $T$  é a temperatura e  $\tau_0$  é a resistividade na temperatura  $T_0$ . Note que a unidade de  $\alpha$  é  $^\circ\text{C}^{-1}$ . Quando consideramos  $\alpha$  constante, a expressão 12.14 é obtida da relação que define  $\alpha$ , que é

$$\alpha = \frac{1}{\tau} \frac{d\tau}{dT} \quad (12.15)$$

Neste caso, esta equação pode ser reescrita como

$$\begin{aligned} \alpha dT &= \frac{d\tau}{\tau} \\ \int_{T_0}^T \alpha dT &= \int_{\tau_0}^{\tau} \frac{d\tau}{\tau} \\ \alpha(T - T_0) &= [\ln \tau]_{\tau_0}^{\tau} \\ \alpha(T - T_0) &= \ln \frac{\tau}{\tau_0} \\ e^{\alpha(T - T_0)} &= \frac{\tau}{\tau_0} \\ \tau &= \tau_0 e^{\alpha(T - T_0)} \end{aligned}$$

que é uma expressão exata. Quando  $\alpha \ll 1$ , como acontece na maioria dos casos, podemos expandir esta expressão numa série de Taylor, conservando os dois primeiros termos. Os dois primeiros termos da série de Taylor de  $e^x$  são


$$e^x \approx 1 + x$$

e, portanto, fazendo  $x = \alpha(T - T_0)$ , temos

$$\tau = \tau_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

Machado (2002, p.49).

## ANEXO 2 (Ficha de avaliação para docentes)



### FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

O objetivo deste questionário é avaliar a qualidade e viabilidade do Jogo "ELETRICGAME", que trata-se de game de revisão destinado a ajudar alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio através de uma revisão divertida sobre circuitos elétricos. Sua avaliação é muito importante para aperfeiçoar esse trabalho. Agradecemos sua participação.

Mestranda Tatiane Lúcia Abreu de Figueiredo e Orientador Prof. Dr. José Anglada Rivera.


Acesse o Jogo pela plataforma <https://scratch.mit.edu/projects/190236675/>

[Próxima](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários





## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

\*Obrigatório

Nome: \*

Sua resposta

Voltar

Próxima

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários





## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

\*Obrigatório

Qual seu grau de interesse por adicionar novas metodologias a sua aula? \*

	1	2	3	4	5	
Menor interesse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Maior Interesse

[Voltar](#)

[Próxima](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários





## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

\*Obrigatório

Atribua, no instrumento abaixo, a nota que reflete sua avaliação sobre os aspectos relacionados ao curso, utilizando a escala abaixo. Caso você acredite que um determinado item não tenha sido contemplado no jogo ou que não tenha tido relevância (Ex: um jogo totalmente teórico, sem aulas teóricas), você deverá marcar o item "N/A" (Não se Aplica) na escala.

1-Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente;

Página de apresentação do EletricGame. \*

EletricGame [Ver Interior](#)

**Instruções**

Sejam bem vindos.  
Teclie "espaço" para o jogo iniciar.  
São sete fases referentes aos conceitos de circuito elétrico e resistores.  
Vamos revisar nos divertindo.

**Notas e Créditos**

Esse jogo é destinado a ajudar alunos do Terceiro Ano do Ensino Médio através de uma revisão divertida sobre circuitos elétricos.

3 2 0 246 01 de dez. de 2017 [Adicionar ao Estúdio](#) [Copiar o Link](#)

Fonte: EletricGame, produção própria da autora.

1 2 3 4 5

[Voltar](#)

[Próxima](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários





## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

\*Obrigatório

### Avaliação da 1ª Fase

1-Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente;

### Programação e atividade proposta fase 1: \*



(a) (b) (c)

Fonte: EletricGame, produção própria da autora.

	1	2	3	4	5
Sequência lógica dos conteúdos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Compatibilidade das ilustrações	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Distribuição da pontuação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Clareza das informações para resolução da fase	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nível de dificuldade do conteúdo abordado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Voltar

Próxima





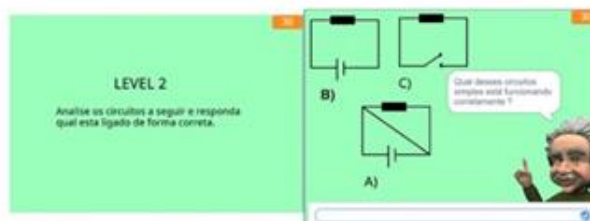
## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

\*Obrigatório

### Avaliação da 2ª Fase

1-Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente;

### Programação e atividade proposta fase 2: \*



Fonte: EletricGame, produção própria da autora.

	1	2	3	4	5
Sequência lógica dos conteúdos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Compatibilidade das ilustrações	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Distribuição da pontuação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Clareza das informações para resolução da fase	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nível de dificuldade do conteúdo abordado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Voltar](#)

[Próxima](#)



Nunca envie senhas pelo Formulário Google



## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

\*Obrigatório

### Avaliação da 3ª Fase

1-Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente;

### Programação e atividade proposta fase 3: \*



Fonte: EletricGame, produção própria da autora. Nessa fase do jogo os resistores de renovam a cada tentativa.

	1	2	3	4	5
Sequência lógica dos conteúdos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Compatibilidade das ilustrações	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Distribuição da pontuação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Clareza das informações para resolução da fase	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nível de dificuldade do conteúdo abordado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Voltar

Próxima





## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

\*Obrigatório

### Avaliação da 4ª Fase

1-Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente;

### Programação e atividade proposta fase 4: \*

**LEVEL 4**

Com ajuda da primeira Lei de Ohms encontre a resistencia equivalente e a tensao eletrica do ckt mostrado.

**DADOS:**  
 $R_{eq} = 0 \Omega$   
 $i = 2a$   
 $U = 0 V$

Qual o valor da resistencia equivalente?

Fonte: EletricGame, produção própria da autora.

	1	2	3	4	5
Sequência lógica dos conteúdos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Compatibilidade das ilustrações	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Distribuição da pontuação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Clareza das informações para resolução da fase	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nível de dificuldade do conteúdo abordado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Voltar](#)

[Próxima](#)





## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

\*Obrigatório

### Avaliação da 5ª Fase

1-Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente;

### Programação e atividade proposta fase 5: \*

Fonte: EletricGame, produção própria da autora.

	1	2	3	4	5
Sequência lógica dos conteúdos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Compatibilidade das ilustrações	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Distribuição da pontuação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Clareza das informações para resolução da fase	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nível de dificuldade do conteúdo abordado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Voltar](#)

[Próxima](#)





## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

\*Obrigatório

### Avaliação da 6ª Fase

1-Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente;

### Programação e atividade proposta 6: \*

Fonte: EletricGame, produção própria da autora.

	1	2	3	4	5
Sequência lógica dos conteúdos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Compatibilidade das ilustrações	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Distribuição da pontuação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Clareza das informações para resolução da fase	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nível de dificuldade do conteúdo abordado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Voltar](#)

[Próxima](#)





## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

\*Obrigatório

### Avaliação do 7ª Fase

1-Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente;

### Programação e atividade proposta fase 7: \*

Fonte: EletricGame, produção própria da autora.

	1	2	3	4	5
Sequência lógica dos conteúdos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Compatibilidade das ilustrações	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Distribuição da pontuação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Clareza das informações para resolução da fase	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nível de dificuldade do conteúdo abordado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Voltar](#)

[Próxima](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. Denunciar abuso - Termos de Serviço - Política de



## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

\*Obrigatório

### Avaliação Geral

1-Péssimo; 2-Ruim; 3-Regular; 4-Bom; 5-Excelente; N/A-Não se Aplica

### Programação e atividade proposta geral. \*

	1	2	3	4	5	N/A
Adequação das animações quanto as atividades propostas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adequação dos textos para instruções das atividades propostas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adequação das ilustrações para seguimento das atividades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Relevância da pontuação nas fases	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dinamização do conteúdo (Fácil compreensão)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Avalie o seu grau de satisfação com o Jogo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
A didática utilizada está de acordo com seu nível de conhecimento no assunto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Qual a viabilidade de inserir o jogo no seu plano de ensino	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



[Voltar](#)

[Próxima](#)





## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

Com base em suas respostas, classifique o jogo virtual de acordo com as opções abaixo:

Resultado

Marque sua opção

- |                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Altamente Recomendado                 | <input type="radio"/> |
| Recomendado                           | <input type="radio"/> |
| Pode ser útil em alguma circunstância | <input type="radio"/> |
| Não Recomendo                         | <input type="radio"/> |

[Voltar](#)

[Próxima](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários





## FICHA DE AVALIAÇÃO DO JOGO ELETRICGAME POR DOCENTES

Comentários e/ou Sugestões

Sua resposta

---

Voltar

Enviar

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários



## APÊNDICE A (Produto Educacional - Coletânea de Experimentos, de Simulações e a Produção do EletricGame)

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



### COLETÂNEA DE EXPERIMENTOS, DE SIMULAÇÕES E A PRODUÇÃO DO ELETRICGAME

TATIANE LÚCIA ABREU DE FIGUEIREDO

MANAUS – AM  
2021

## APRESENTAÇÃO

Esse produto educacional é fruto da dissertação de mestrado “Integração de Atividades Experimentais e Virtuais no Ensino de Circuitos Elétricos Através do Jogo EletricGame” de própria autoria, desenvolvido para o programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física ofertado pela Sociedade Brasileira de Física através do Instituto Federal do Amazonas em Parceria com a Universidade Federal do Amazonas.

O objetivo principal dessa coletânea é nortear professores que estejam interessados a adorarem experimentos e simuladores como práticas de dinamismo às aulas expositivas sobre circuitos elétricos, cuja finalidade seja a construção de conhecimento sólido e significativo nos alunos de Terceiro Ano do Ensino Médio.

O catálogo prima pela utilização de experimentos simples feitos de materiais alternativos e reutilizados, pois dessa forma os alunos se envolvem diretamente desde a pré-produção até a pós, bem como, por serem materiais do cotidiano, são de fácil aquisição. Já os softwares indicados são de fácil manipulação, gratuitos e multiplataformas, funcionando em computadores e smartphones. Acredita-se que esses fatores podem ser capazes de ultrapassar algumas barreiras estruturais da escola e econômica dos estudantes e comunidade escolar.

Aconselha-se a alternância entre quadro convencional e essas dinâmicas dentro da sala de aula de maneira que não fiquem caracterizadas como “aula de assunto”, “aula de experimentos” e “aula com simuladores”, mas sim uma “aula expositiva com experimentos e simuladores”.

## SUMÁRIO

1º. CIRCUITO ELÉTRICO SIMPLES.....	4
2º. LEI DE OHM E RESISTORES ELÉTRICOS.....	7
3º. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE.....	10
4º. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO.....	13
5º. ASSOCIAÇÃO MISTA DE RESISTORES.....	16
6º. CONFECÇÃO E USO DO ELETRICGAME.....	18
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	24
REFERÊNCIAS.....	25

## 1º. CIRCUITO ELÉTRICO SIMPLES.

### Conhecimentos Prévios:

- Corrente elétrica ( $i$ );
- Tensão elétrica ( $V$ ).

### Recursos Didáticos:

- Quadro branco;
- Pincel;
- Livro didático;
- Componentes elétricos: fios, fonte, lâmpada;
- Computador com acesso à Internet;
- Projetor;
- Simulador *Kit para montar Circuito DC*.



### Conceitos:

Circuito elétrico é um conjunto formado por fonte de tensão e lâmpada, ambos conectados por condutores que serão percorridos por corrente elétrica. A fonte também conhecida como gerador elétrico produz cargas elétricas e as lâmpadas como resistores que consomem-as transformando em outras formas de energia.

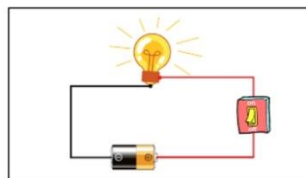
### Objetivos:

- Apresentar aos alunos os componentes e circuitos elétricos;
- Ensinar a montagem correta de um circuito elétrico;
- Relacionar o realismo com o simbolismo técnico dos circuitos.

### Metodologia:

A aula inicia com a retomada dos conceitos de corrente e tensão elétrica, agora acrescentando o elemento resistor, exemplificando e contextualizando no cotidiano. Em seguida, ensina-se a montar um circuito elétrico usando apenas uma pilha, fio elétrico e uma lâmpada led de voltagem compatível, semelhante à figura 1. A montagem do pequeno circuito necessita de uma bateria ou pilha com seus dois terminais conectados com fios condutores até as extremidades de uma lâmpada, geralmente usando bocais, o uso do interruptor é opcional.

**Figura 1. Montagem de um circuito elétrico simples.**



Fonte: Multicomercial.

Agora é o momento ideal para a ilustração virtual dos componentes envolvidos, e o que acontece dentro deles, para isso, no computador disponível, deve ser utilizado o simulador *Kit para montar Circuito DC*, figura 2. Esse simulador tem como página inicial a escolha entre a versão *Intro* (básica) ou *Lab* (com recursos adicionais), usaremos a segunda (a). Ao entrar, temos a interface onde podemos escolher os componentes desejados a esquerda e algumas ferramentas a direita (b).

**Figura 2. Montagem de um circuito elétrico simples.**



Fonte: *Kit para montar circuito DC*.

Vamos usar o primeiro contato com ele para ilustrar todos os principais componentes que usaremos na sequência, mostrando suas aparências realísticas (vide seta preta) através da figura 3, da esquerda para a direita: fio condutor, pilha, lâmpada, resistor de carvão e chave.

**Figura 3. Principais componentes elétricos em modo realístico.**



Fonte: *Kit para montar circuito DC.* [modificada]

Alternando para o modo técnico (vide seta preta) podemos visualizar pela figura 4, na mesma sequência da anterior. Essa possibilidade ajuda os estudantes a reconhecerem os elementos da vida real dentro dos livros didáticos por símbolos.

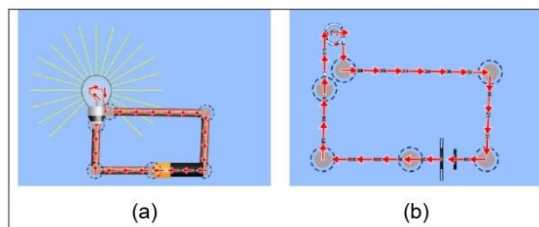
**Figura 4. Principais componentes elétricos em modo técnico.**



Fonte: *Kit para montar circuito DC.* [modificada]

A partir da familiaridade com os componentes elétricos e com o simulador, passamos para a construção de um circuito virtual similar ao do experimento montado. Na figura 5 podemos ter a visão realística (a) e técnica (b).

**Figura 5. Simulando um circuito elétrico simples.**



Fonte: *Kit para montar circuito DC.* [modificada]

## 2º. LEI DE OHM E RESISTORES ELÉTRICOS.

### Conhecimentos Prévios:

- Corrente elétrica ( $i$ );
- Tensão elétrica ( $V$ );
- Circuito elétrico.

### Recursos Didáticos:

- Quadro branco;
- Pincel;
- Livro didático;
- Computador com acesso à Internet;
- Projetor;
- Simuladores *Lei de Ohm e Resistência em um fio*.



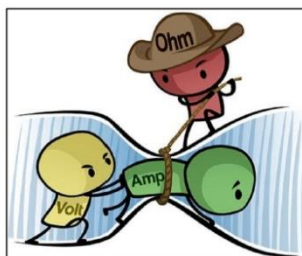
### Conceitos:

A Lei de Ohm, mais precisamente a 1ª, rege o que tange exatamente um circuito elétrico simples, sendo a relação de ddp ( $V$ ), corrente elétrica ( $i$ ) e resistor ( $\mathcal{R}$ ), temos para um resistor fixo a proporcionalidade direta de  $i$  e  $V$ :

$$V = \mathcal{R}i$$

De forma bem simplificada, podemos deduzir que quanto maior a tensão fornecida ao sistema, mais forte será a tentativa de passagem da corrente elétrica por um resistor, como ilustra a bem humorada figura 6.

Figura 6. Ilustrando a Lei de Ohm.



Fonte: Embarcados.

Assim a 1ª Lei de Ohm, os resistores também possuem uma equação que demonstra a proporcionalidade de seus elementos, a resistência depende

diretamente da resistividade própria do material do qual é feito ( $\rho$ ), e do comprimento ( $L$ ), porém é inversa à área ( $A$ ), como mostra a equação abaixo:

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

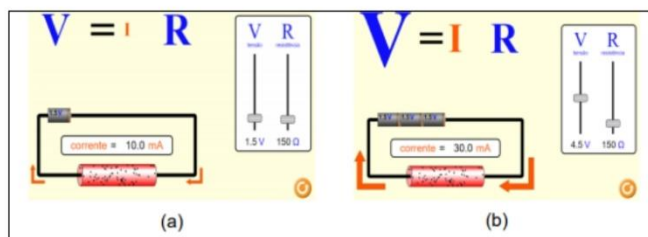
**Objetivos:**

- Relacionar a dependência de corrente elétrica, tensão e resistência;
- Compreender a função do resistor em um circuito;
- Deduzir as proporcionalidades físicas dos materiais.

**Metodologia:**

Através do simulador *Lei de Ohm*, faz-se a demonstração virtual da dependência entre as variáveis da tensão e corrente, como mostra a figura 7, observa-se o resistor elétrico Ôhmico e por meio do tamanho, quanto maior mais intenso, podemos percebê-la. Essa relação se evidencia quando comparamos a situação (a) em que a tensão é baixa, logo a corrente, em vermelho, é pequena, com a situação (b), onde aumentou-se a ddp e a corrente aumentou.

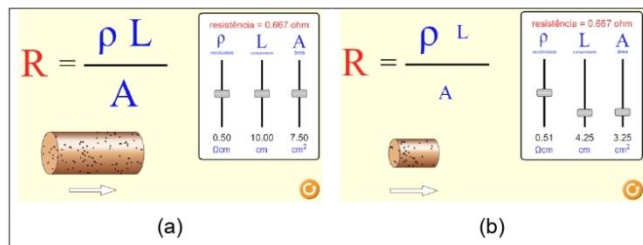
Figura 7. Simulando a 1ª Lei de Ohm.



Fonte: Lei de Ohm, com montagem da autora desse projeto.

De modo similar, o simulador *Resistência em um fio* é capaz de ilustrar de forma animada as dependências entre as variáveis do resistor, como podemos ver na figura 8. Na situação inicial (a) temos a resistência  $R$  em vermelho com certo tamanho, e após alterar algumas variáveis, podemos até continuar com o mesmo valor, porém foi necessário manipular todas (b).

**Figura 8. Simulando a equação dos resistores.**

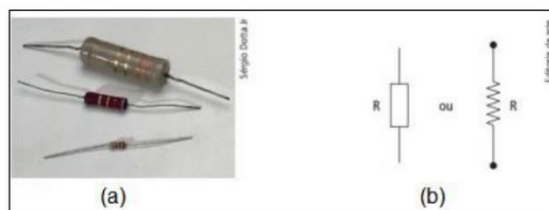


Fonte: Resistência em um fio, com montagem da autora desse projeto.

Após essa dinâmica visual, é recomendado através do quadro que o docente indique situações problemas numéricas com a finalidade de os alunos identificarem resistores ôhmicos e não-ôhmicos e suas características dimensionais. A prática experimental desses conceitos podem esperar o próximo conteúdo, pois através de equipamentos específicos pode-se comprovar a veracidade da lei.

Os resistores podem ser feitos de fio ou de carvão, na indústria é comum vermos placas eletrônicas com os do segundo tipo. A representação visual deles pode ser vista na figura 9, sendo reais na (a) e técnicos na (b).

**Figura 9. Aparência dos resistores.**



Fonte: Barreto; Xavier (2016, p.87)

### 3º. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM SÉRIE.

#### Conhecimentos Prévios:

- Corrente elétrica ( $i$ );
- Tensão elétrica ( $V$ );
- Circuito elétrico;
- Lei de Ohm;
- Resistência elétrica.

#### Recursos Didáticos:

- Quadro branco;
- Pincel;
- Livro didático;
- Componentes elétricos: fios, fonte, lâmpadas;
- Computador com acesso à Internet;
- Projetor;
- Simulador *Kit para montar Circuito DC*.



#### Conceitos:

A partir do que já foi exposto, chegamos no momento em que usamos mais de uma lâmpada, mais de um resistor, e quando há mais de um equipamento desse tipo no circuito uma forma de usá-los é ligando em série, nessa modalidade, os terminais de cada resistor é ligado ao próximo até que chegue no outro terminal da fonte de ddp, como vemos na figura 10.

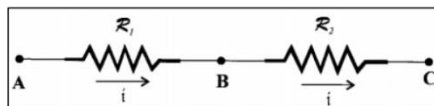
Figura 10. Imagem real de uma associação em série de resistores.



Fonte: Barreto; Xavier (2016, p.93). [modificada]

Para simplificar o desenho dos circuitos, transformamos em símbolos técnicos, como mostra a figura 11.

Figura 11. Símbolo dos resistores em série.



Fonte: Machado (2002, p.111).

A equação geral do resistor equivalente  $\mathcal{R}$  em série é dado por:

$$\mathcal{R} = \sum_{i=1}^N \mathcal{R}_i$$

E ainda, a soma da ddp em cada resistor é igual ao total da ddp fornecida ao circuito pela fonte elétrica, através da equação abaixo. Isso porque a corrente elétrica é a mesma para todos os resistores envolvidos:

$$V = \sum_{i=1}^N V_i$$

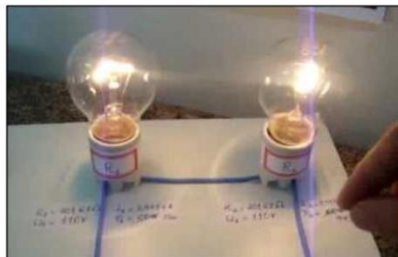
**Objetivos:**

- Aprender a montagem de resistores associados em série;
- Analisar o brilho das lâmpadas e a dependência entre elas.

**Metodologia:**

Iniciamos a aula construindo junto com os alunos alguns circuitos em série, instruindo sobre a forma correta de conexão, nesse primeiro momento é recomendado que usem correntes e tensões de baixas intensidades por segurança. Após a montagem parecida com a da figura 12, ao verem o funcionamento haverá a percepção quanto ao brilho das lâmpadas conectadas, faz-se algumas elaborações e soluções de hipóteses quanto a remoção de alguns itens.

**Figura 12. Experimento de associação de lâmpadas em série.**



Fonte: Física animada – Associação de resistores (Lâmpadas).

Em seguida, ao utilizar o simulador *Kit para montar circuito DC*, pode-se montar um circuito similar ao real para a análise do comportamento de corrente e ddp a cada lâmpada, como mostra a figura 13.

**Figura 13. Simulação de associação de lâmpadas em série.**



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

O programa possibilita variar o valor da tensão e da resistência de cada lâmpada, fica a critério do professor que irá montar.

#### 4º. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO.

##### Conhecimentos Prévios:

- Corrente elétrica ( $i$ );
- Tensão elétrica ( $V$ );
- Circuito elétrico;
- Lei de Ohm;
- Resistência elétrica.

##### Recursos Didáticos:

- Quadro branco;
- Pincel;
- Livro didático;
- Componentes elétricos: fios, fonte, lâmpadas;
- Computador com acesso à Internet;
- Projetor;
- Simulador *Kit para montar Circuito DC*.



##### Conceitos:

De modo análogo à associação de resistores em série, temos mais de um resistor conectado ao circuito, com a diferença de agora não serem ligados em sequências, e sim ligados nos mesmos pontos, como podemos ver na figura 14.

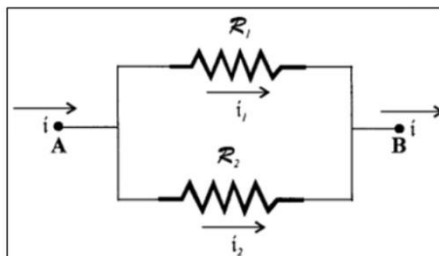
Figura 14. Imagem real de uma associação em paralelo de resistores.



Fonte: Barreto; Xavier (2016, p.94). [modificada]

Para simplificar o desenho dos circuitos, transformamos em símbolos técnicos, como mostra a figura 15.

Figura 15. Símbolo dos resistores em paralelo.



Fonte: Machado (2002, p.114). [modificada]

A equação geral do resistor equivalente  $\mathcal{R}$  em série é dado por:

$$\frac{1}{\mathcal{R}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$$

E ainda, a soma da corrente em cada ramificação é igual ao total da corrente elétrica total fornecida ao circuito pela fonte elétrica, através da equação abaixo. Isso porque a tensão elétrica é a mesma para todos os resistores envolvidos:

$$i = \sum_{i=1}^N i_i$$

#### Objetivos:

- Aprender a montagem de resistores associados em paralelo;
- Analisar o brilho das lâmpadas e a independência entre elas.

#### Metodologia:

Iniciamos a aula construindo junto com os alunos alguns circuitos em paralelo, instruindo sobre a forma correta de conexão, nesse primeiro momento é recomendado que usem correntes e tensões de baixas intensidades por segurança. Após a montagem, ao verem o funcionamento haverá a percepção quanto ao brilho das lâmpadas conectadas na figura 16, fazem-se algumas elaborações e soluções de hipóteses quanto a remoção de alguns itens.

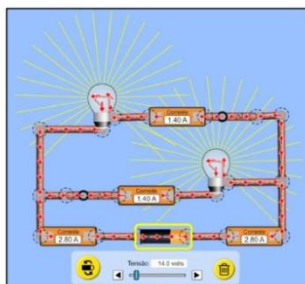
**Figura 16. Experimento de associação de lâmpadas em paralelo.**



Fonte: Física animada – Associação de resistores (Lâmpadas).

Em seguida, ao utilizar o simulador *Kit para montar circuito DC*, pode-se montar um circuito similar ao real para a análise do comportamento de corrente e ddp a cada lâmpada, como mostra a figura 17.

**Figura 17. Simulação de associação de lâmpadas em paralelo.**



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

O programa possibilita variar o valor da tensão e da resistência de cada lâmpada, fica a critério do professor que irá montar.

## 5º. ASSOCIAÇÃO MISTA DE RESISTORES.

### Conhecimentos Prévios:

- Corrente elétrica ( $i$ );
- Tensão elétrica ( $V$ );
- Circuito elétrico;
- Lei de Ohm;
- Resistência elétrica;
- Associações em série e paralelo de resistores.

### Recursos Didáticos:

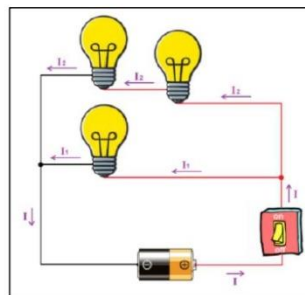
- Quadro branco;
- Pincel;
- Livro didático;
- Componentes elétricos: fios, fonte, lâmpadas;
- Computador com acesso à Internet;
- Projetor;
- Simulador *Kit para montar Circuito DC*.



### Conceitos:

Unindo os conhecimentos obtidos até aqui, podemos aplicar as associações em série e paralelo, temos como exemplo a figura 18.

Figura 18. Imagem real de uma associação em paralelo de resistores.



Fonte: Você na elétrica.

A solução desse tipo de circuito se dá pela simplificação a cada etapa.

**Objetivos:**

- Aprender a montagem de associação mista de resistores;
- Analisar o brilho das lâmpadas e a dependência ou independência entre elas.

**Metodologia:**

A construção de experimentos fica a cargo dos alunos, bastando instruí-los corretamente. As apresentações dos temas servem como apresentação em grupo que devem ser usadas como avaliações. Um possível resultado pode ser visto na figura 19.

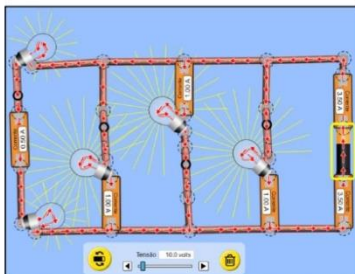
**Figura 19. Simulação de associação mista de lâmpadas.**



Fonte: Arte e Ciência.

Em seguida, ao utilizar o simulador Kit para montar circuito DC, pode-se montar um circuito similar ao real para a análise do comportamento de corrente e ddp a cada lâmpada, como mostra a figura 20.

**Figura 20. Simulação de associação mista de lâmpadas.**



Fonte: *Kit para montar circuito DC*, com montagem da autora desse projeto.

## **6º. CONFECÇÃO E USO DO ELETRICGAME.**

### **Conhecimentos Prévios:**

- Corrente elétrica ( $i$ );
- Tensão elétrica ( $V$ );
- Circuito elétrico;
- Lei de Ohm;
- Resistência elétrica;
- Associações em série, paralelo e mista de resistores.

### **Recursos Didáticos:**

- Computador com acesso à Internet;
- Projetor.

### **Objetivos:**

- Revisar todos os conceitos sobre circuitos elétricos citados na coletânea;
- Instigar, incentivar e motivar o estudo de Física a partir de um software cognitivo.

### **Metodologia:**

Além das aulas expositivas, da prática experimental, projeção de simuladores descritos acima, para consoar com todo o exposto foi desenvolvido para a coletânea em forma de um Quiz na plataforma Scratch chamado EletricGame visto na figura 21. Nesse jogo cognitivo o objetivo é revisar os conceitos sobre circuitos elétricos obtidos nas aulas e atividades mostradas anteriormente.

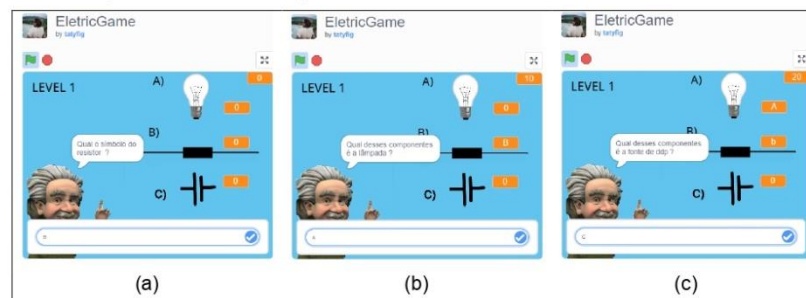
Figura 21. Página de apresentação do EletricGame.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Ao iniciar o game, o estudante é direcionado ao level 1 como é apresentada na figura 22 em que são perguntados sobre componentes elétricos, são mostrados três deles e o jogador precisa classificar um de cada vez como “símbolo do resistor” (a), “lâmpada” (b) e “fonte de ddp” (c). As respostas devem ser escritas na caixa de digitação localizada na parte de baixo através do teclado, cada acerto tem valor de 10 pontos que são contados na parte superior direita da tela.

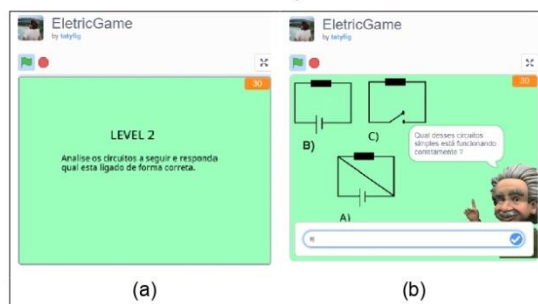
Figura 22. Level 1: Componentes elétricos.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Tendo acertado tudo, há o direcionamento ao *level 2* com sua interface mostrada na figura 23, nele o objetivo é a identificação do circuito elétrico corretamente construído (a), nas figuras mostradas o aluno precisa identificar um que possua no mínimo ddp e resistor identificados, mas que estejam conectados corretamente (b), fugindo por exemplo, do curto-circuito.

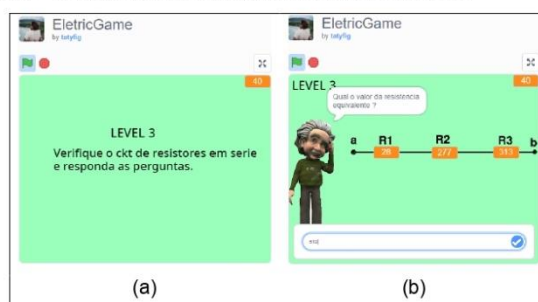
Figura 23. Level 2: Circuito elétrico simples.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Ao avançar para o *level 3*, como mostra a figura 24, o desafio é o cálculo da resistência equivalente  $\mathcal{R}$  de uma associação de resistores em série (a). Para responder corretamente a questão, o aluno deve usar a equação 11 e em seguida digitar a resposta correta na caixa inferior da tela (b).

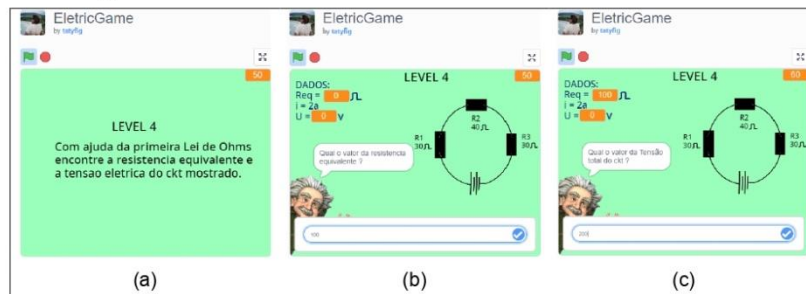
Figura 24. Level 3: Circuito elétrico com resistores em série.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Chegando ao *level 4*, ilustrado na figura 25, principal é encontrar o valor da tensão através da primeira Lei de Ohm (equação 6), porém, é necessário primeiro achar a equivalência da associação de resistores em série (a) para assim encontrar a ddp (b), cada resposta vale 10 pontos.

Figura 25. Level 4: Lei de Ohm em circuito associado em série.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

A necessidade de atenção por parte dos alunos faz com que o *level 5* como mostra a figura 26, seja importante, nele é pedido que os alunos identifiquem qual dos circuitos apresentados possui apenas associação em paralelo (a). Há, no entanto, alguns circuitos que podem gerar confusão e até debates sobre suas similaridades com o tema pedido (b).

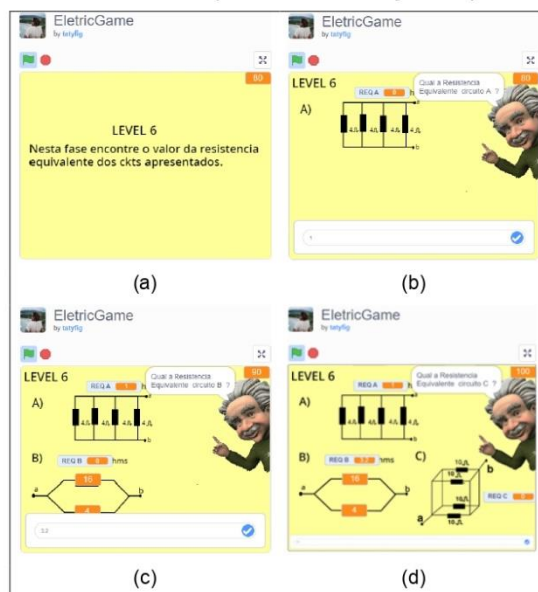
Figura 26. Level 5: Circuito com resistores associados em paralelo.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

O *level 6* visto na figura 27 exige do aluno conhecimento sobre resistor equivalente em circuitos com associação paralela (a). Para realizar a tarefa é necessária a utilização da equação 13 a cada circuito que se revela o cálculo é obrigatório, seja para todos iguais (b), apenas dois diferentes (c) e para um circuito resistivo mais elaborado (d).

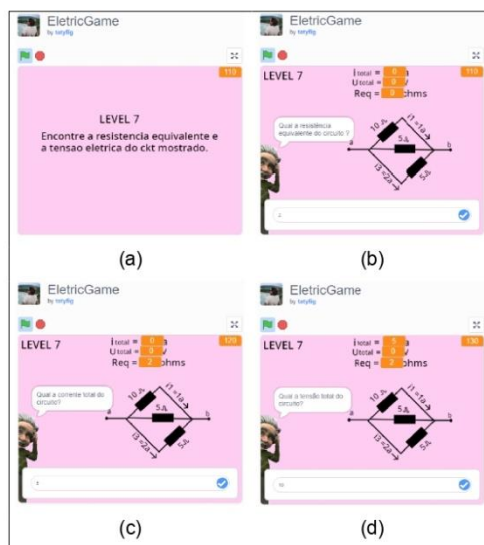
Figura 27. Level 6: Resistor equivalente de associações em paralelo.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Para finalizar, temos o *level 7* que vemos na figura 28, cuja finalidade é o cálculo da resistência equivalente, identificação da corrente elétrica total e cálculo da tensão fornecida para o circuito elétrico (a). Para efetuar os três objetivos, é pedido o valor do resistor equivalente (b), por meio de dedução lógica é encontrado o valor da corrente elétrica do ramo intermediário  $i_2 = 5 A$ , para assim chegar ao resultado da corrente elétrica do sistema (c), e então, com os dois valores obtidos, por meio da Lei de Ohm chega-se ao valor da tensão do circuito (d).

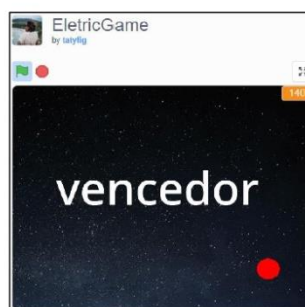
Figura 28. Level 7: Lei de Ohm em circuitos elétricos com resistores em paralelo.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

Cumprindo o Quiz corretamente, finalizam-se os sete *levels* após quatorze perguntas de dez pontos cada, totalizando cento e quarenta pontos. O aluno terá a sensação de conquista ao final e a recompensa pessoal de ter compreendido os assuntos. O jogo encerra a sua proposta com uma palavra motivacional e exibe a pontuação total daquela rodada, como mostra a figura 29.

Figura 29. Level 7: Tela de encerramento do EletricGame.



Fonte: *EletricGame*, produção própria da autora.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Essa coletânea e desenvolvimento do *EletricGame* foi uma desafio para estimular e inspirar docentes que almejem implementar didáticas diversificadas e dinâmicas às suas aulas, pede-se que ao aplicar parte ou a totalidade dela haja sempre o cuidado com a visão da realidade escola do educador, dos alunos, da escola, ou seja, da comunidade escolar completa.

Em nenhum momento considera-se como metodologia acabada e intocável, e muito menos apontou-se o abandono da formalização matemática desde que seja parte da aula sem ser a única metodologia aplicada. A todo o momento procurou-se o equilíbrio entre aula expositiva, experimentação e simulação. Deseja-se que a produção do jogo *EletricGame* possa inspirar as produções próprias dos docentes que assim desejarem.

## REFERÊNCIAS

Arte e Ciência. Associação mista de resistores: paralelo e série. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=26lzCeDa9IM>. Acesso em 12 de Março de 2019.

BARRETO, Benigno; XAVIER, Claudio. Física Aula por Aula: Eletromagnetismo, Física Moderna, 3º ano. 3.ed. **Editora FTD**. São Paulo. 2016.

ElectricGame. Disponível em: <https://scratch.mit.edu/projects/190236675/>. Acesso em 10 de Julho de 2019.

Física Animada – Associação de Resistores (Lâmpadas). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=nj8nQcyuoQ>. Acesso em: 20 de Fevereiro de 2019.

HEWITT, Paul G. Física Conceitual [recurso eletrônico] / Paul G. Hewitt; tradução: Trieste Freire Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.

KIT para Motar Circuito DC. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc/latest/circuit-construction-kit-dc_pt_BR.html). Acesso em 05 de Março de 2019.

Lei de Ohm. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_pt_BR.html). Acesso em 05 de Março de 2019.

Lei de Ohm: Tensão, corrente e resistência. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/lei-de-ohm/>. Acesso em 10 de Março de 2019.

MACHADO, Kleber Daum. Teoria do Eletromagnetismo. **Editora UEPG**. v.il. Ponta Grossa. 2002.

MULTICOMERCIAL. Circuito elétrico: o que é, quais os tipos e para que serve!. Disponível em: <https://blog.multcomercial.com.br/circuito-eletrico-tudo-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em 23 de Março de 2019.

Resistência de um Fio. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_pt_BR.html). Acesso em 15 de Março de 2019.

Você na Elétrica. O que é circuito elétrico misto. Disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/836754805752963889/>. Acesso em 10 de Março de 2019.