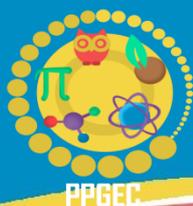




**ESTADO DE RORAIMA**  
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA – UERR**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO – PROPEI**



**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO**  
**EM ENSINO DE CIÊNCIAS**  
**MESTRADO PROFISSIONAL**

**MARIA DA PAIXÃO SOUSA SILVA**

**SIMULADORES VIRTUAIS PHET INTEGRADO AO MODELO TPACK COMO  
METODOLOGIA PARA O ENSINO DE ÓPTICA COM ESTUDANTES DA 2ª  
SÉRIE DO ENSINO MÉDIO**

Boa Vista – RR  
2024

## TERMO DE CIÊNCIA E AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TCC, TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NO SITE DA UERR.

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Estadual de Roraima– UERR a disponibilizar gratuitamente através do site institucional <https://www.uerr.edu.br/multiteca/>, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

### 1. Identificação do material bibliográfico:

Trabalho de Conclusão de Curso       Dissertação       Tese

### 2. Identificação do TCC, Dissertação ou Tese.

**3Autora:** Maria da Paixão Sousa Silva

**E-mail:** silvamariadapaixao38@gmail.com

#### Agência de Fomento:

**Título:** Simuladores Virtuais PhET integrado ao modelo TPACK como metodologia para o ensino de óptica com estudantes da 2ª série do ensino médio

**Palavras-Chave:** Ensino e aprendizagem. Ensino de luz e radiação. Integração de conhecimentos. Tecnologias digitais.

**Title:** PhET Virtual Simulators integrated with the TPACK model as a methodology for teaching optics to 2nd high school students

**Palavras-Chave em outra língua:** Teaching and learning. Teaching light and radiation. Integration of knowledge. Digital technologies.

**Área de Concentração:** Ensino

**Grau:** Mestrado

**Programa de Pós-Graduação:** Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática–PPGEC

**Orientador (a):** Pr. Dr. Wender Antônio da Silva

**E-mail do orientador (a):** wender@uerr.edu.br

**Coorientador (a):**

**E-mail do coorientador (a):**

**Membro da Banca:** Prof<sup>o</sup>. Dr. Wender Antônio da Silva

**Membro da Banca:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Macedo de Castro

**Membro da Banca:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Saula Leite Oliveira

**Data de Defesa:** 29/10/2024

**Instituição de Defesa:** Universidade Estadual de Roraima

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO EXCLUSIVA

**O referido autor:** 1. Declara que o documento entregue é seu trabalho original, e que detém o direito de conceder os direitos contidos nesta licença. Declara também que a entrega do documento não infringe, tanto quanto lhe é possível saber, os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade; 2. Se o documento entregue contém material do qual não detém os direitos de autor, declara que obteve autorização do detentor dos direitos de autor para conceder à Universidade Estadual de Roraima os direitos requeridos por esta licença, e que esse material cujos direitos são de terceiros está claramente identificado e reconhecido no texto ou conteúdo do documento entregue.

### Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização:  Total  Parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

Capítulos. Especifique: \_\_\_\_\_

Outras restrições. Especifique: \_\_\_\_\_

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF e DOC ou DOCX da dissertação, TCC ou tese.

Assinatura do (a) autor (a):



Documento assinado digitalmente

MARIA DA PAIXAO SOUSA SILVA

Data: 03/12/2024 12:24:30-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Data: 03/12/2024.

MARIA DA PAIXÃO SOUSA SILVA

SIMULADORES VIRTUAIS PHET INTEGRADO AO MODELO TPACK COMO  
METODOLOGIA PARA O ENSINO DE ÓPTICA COM ESTUDANTES DA 2ª SÉRIE  
DO ENSINO MÉDIO

Dissertação e produto educacional apresentados ao Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Roraima, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Linha de Pesquisa: Métodos pedagógicos e tecnológicos digitais no ensino de ciências.

**Orientador:** Prof. Dr. Wender Antônio da Silva

Copyright © 2021 by Maria da Paixão Sousa Silva

Todos os direitos reservados. Está autorizada a reprodução total ou parcial deste trabalho, desde que seja informada a **fonte**.

Universidade Estadual de Roraima – UERR. Coordenação do Sistema de Bibliotecas Multiteca Central.

Rua Sete de Setembro, 231 Bloco – F Bairro Canarinho.

CEP: 69.306-530 Boa Vista - RR

Telefone: (95) 2121.0946

E-mail: biblioteca@uerr.edu.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

**FOLHA DE PREENCHIMENTO EXCLUSIVO DA MULTITECA**

S729d Reservado a Multiteca

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Roraima (UERR), Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional Em Ensino de Ciências (PPGEC).

1. xxx 2. xxx 3. xx 4. xx

I. **Xxxxxx** (orient.) II. Universidade Estadual de Roraima – UERR

III. Título

UERR. Dis.Mes.Ens.Cie.2021

CDD – 372.7

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária

Letícia Pacheco Silva – CRB 11/1135 – RR

## FOLHA DE APROVAÇÃO

### SIMULADORES VIRTUAIS PHET INTEGRADO AO MODELO TPACK COMO METODOLOGIA PARA O ENSINO DE ÓPTICA COM ESTUDANTES DA 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

MARIA DA PAIXÃO SOUSA SILVA

Dissertação e produto educacional apresentados ao Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Roraima, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Linha de Pesquisa: Métodos pedagógicos e Tecnológicos digitais no ensino de ciências.

A dissertação e o produto educacional da mestranda foram considerados: **aprovados**.

#### Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente  
 WENDER ANTONIO DA SILVA  
Data: 03/12/2024 17:15:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Wender Antônio da Silva**  
Instituição: Universidade Estadual de Roraima - UERR  
Orientador

Documento assinado digitalmente  
 PATRICIA MACEDO DE CASTRO  
Data: 04/12/2024 08:16:43-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Profª. Drª. Patrícia Macedo de Castro**  
Instituição: Universidade Estadual de Roraima - UERR  
Membro Interno

Documento assinado digitalmente  
 SAULA LEITE OLIVEIRA  
Data: 05/12/2024 17:24:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Profª. Drª. Saula Leite Oliveira**  
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB.  
Membro Externo

Boa Vista-RR, 03 de dezembro de 2024.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por todas as providências concedidas a mim, desde o nascimento até este momento, pois, durante toda essa jornada, Ele tem me permitido alcançar conquistas que, por meio dos sonhos idealizados, avistam-se como sucesso. Por isso, gratidão sempre a Esse tremendo Pai, que abre portas e caminhos de forma incrível e surpreendente! Ele é quem dá o sustento, o fortalecimento e a certeza de que posso confiar em suas promessas, pois, estas serão cumpridas!

Agradeço às minhas filhas, Lya Dâmíris e Louise Valentina, pelo apoio e paciência, por algumas vezes não lhes dar a devida atenção em razão da dedicação a esse mestrado. Elas são minhas melhores bênçãos e inspiração para enfrentar as adversidades impostas pela vida no decorrer da busca pela melhoria da vida profissional e pessoal. À minha irmã, Edilene Silva, por toda a força e colaboração.

Em memória, agradeço meu pai, Edvaldo Gama da Silva, que muito se esforçou pela minha vida, que muito se dedicou pelo meu sucesso. Ele foi meu maior exemplo e principal responsável pela formação do meu caráter; em vida, sempre me encorajou a lutar pelos meus ideais! Minha admiração eterna!

Agradeço a todos os meus amigos, em especial à minha amiga Wanderléia Rodrigues, que, a todo o momento, esteve intercedendo pela minha vida, pelas minhas filhas e por todas as nossas necessidades, bem como aos colegas de curso, principalmente a Francismar Pacheco (me acolheu e me ajudou no que foi possível) que juntos buscamos os mesmos ideais e nos apoiamos nessa caminhada.

Ainda agradeço ao meu orientador, Wender Antônio, por todo o direcionamento na pesquisa realizada, pela troca de experiências e pela dedicação à consolidação deste trabalho.

Meus agradecimentos se estendem também a todos os professores e professoras que, durante o curso, contribuíram de forma enriquecedora para a formação do conhecimento. Através da troca de saberes, foram capazes de propiciar novas experiências e habilidades para a construção de novas competências.

Não poderia deixar de agradecer à Universidade Estadual de Roraima – UERR e ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGEC), que oportunizaram percorrer toda essa trajetória e realizar mais um sonho que foi idealizado algum tempo atrás. Toda a minha gratidão.

## RESUMO

A partir da experiência com estudantes do ensino médio de uma escola pública estadual, observou-se a dificuldade de compreensão de muitos conceitos físicos, o que motivou a realização desta pesquisa sobre o uso dos simuladores virtuais PhET no ensino de Física. Esses simuladores são ferramentas digitais que podem ser úteis no ensino de Ciências, especialmente para superar desafios na aprendizagem de fenômenos físicos. Ao integrar teoria e prática, o processo de ensino torna-se mais dinâmico, favorecendo uma aprendizagem significativa. Nesta pesquisa, considerou-se a importância dos conhecimentos pedagógicos e tecnológicos, em conformidade com o modelo Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), que possibilita a utilização de tecnologias digitais no ensino. A proposta teve como objetivo analisar as contribuições de uma sequência didática desenvolvida com os simuladores virtuais PhET para o ensino de Física na 2ª série do ensino médio, com a participação ativa de uma turma com 18 estudantes. Assim, buscou-se responder à seguinte questão: como os simuladores PhET podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes? A pesquisa baseou-se na elaboração de uma sequência didática a partir dos conhecimentos tecnológicos (TK), pedagógicos (PK) e do conteúdo (CK), atendendo às competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino de luz e radiação (Óptica). A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, de caráter descritivo e com enfoque na ação participativa, o que permitiu a consolidação das informações e resultados apresentados ao longo da dissertação. Essa abordagem possibilitou uma visão abrangente e contextualizada sobre o uso de tecnologias digitais no ensino de Física, evidenciando suas potencialidades na promoção do aprendizado. A sequência didática foi aplicada e, posteriormente, os interesses dos estudantes foram avaliados por meio de um questionário com a finalidade de verificar a eficácia pedagógica e o impacto na aprendizagem dos conceitos de Óptica. Os resultados indicaram que a estratégia metodológica adotada foi eficiente, contribuindo para o entendimento dos conceitos abordados. O Produto Educacional (PE) desenvolvido, que consiste na sequência didática baseada nos simuladores PhET, visa fomentar o uso de tecnologias digitais que promovam a aprendizagem e a formação cidadã. Esse material será disponibilizado em formato digital, com o intuito de apoiar professores e estudantes, oferecendo mais uma alternativa para as práticas pedagógicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino e aprendizagem. Ensino de luz e radiação. Integração de conhecimentos. Tecnologias digitais.

## ABSTRACT

From the experience with high school students at a state public school, it was observed that it was difficult to understand many physical concepts, which motivated this research on the use of PhET virtual simulators in teaching Physics. These simulators are digital tools that can be useful in teaching Science, especially to overcome challenges in learning physical phenomena. By integrating theory and practice, the teaching process becomes more dynamic, favoring meaningful learning. In this research, the importance of pedagogical and technological knowledge was considered, in accordance with the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) model, which enables the use of digital technologies in teaching. The proposal aimed to analyze the contributions of a didactic sequence developed with PhET virtual simulators for teaching Physics in the 2nd year of high school, with the active participation of a class of 18 students. Thus, we sought to answer the following question: how can PhET simulators contribute to the teaching and learning process of students? The research was based on the elaboration of a didactic sequence based on technological (TK), pedagogical (PK) and content (CK) knowledge, taking into account the competencies and skills set out in the National Common Curricular Base (BNCC) for teaching light and radiation (Optics). The research adopted a qualitative, descriptive approach and focused on participatory action, which allowed the consolidation of the information and results presented throughout the dissertation. This approach enabled a comprehensive and contextualized view of the use of digital technologies in teaching Physics, highlighting their potential in promoting learning. The didactic sequence was applied and, subsequently, the students' interests were assessed through a questionnaire with the purpose of verifying the pedagogical effectiveness and the impact on learning Optics concepts. The results indicated that the methodological strategy adopted was efficient, contributing to the understanding of the concepts covered. The Educational Product (EP) developed, which consists of a didactic sequence based on PhET simulators, aims to encourage the use of digital technologies that promote learning and citizenship training. This material will be made available in digital format, with the aim of supporting teachers and students, offering another alternative for pedagogical practices.

**KEYWORDS:** Teaching and learning. Teaching light and radiation. Integration of knowledge. Digital technologies.

## LISTA DE SIGLAS

AC – Alfabetização Científica  
ACT – Alfabetização Científica da Tecnologia  
BNCC – Base Nacional Comum Curricular  
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior  
CK – Conhecimento do conteúdo  
DCRR – Documento Curricular de Roraima  
EaD – Educação a Distância  
HTML5 – Linguagem de Marcação de Hipertexto  
ICD – Instrumentos de coleta de dados  
ISER – Instituto Superior de Educação de Roraima  
OC – Objetos de Conhecimento  
PE – Produto Educacional  
PhET – Physics Educational Technology  
PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências  
PPGECIM – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática  
PPGECM – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática  
PPGEF – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física  
PPGTAS – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade  
RALE – Assentimento Livre Esclarecido  
RCLE – Registro de Consentimento Livre Esclarecido  
SD – Sequência Didática  
SV – Simuladores Virtuais  
TALE – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido  
TAS – Teorias da Aprendizagem Significativa  
TDIC – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação  
TK – Conhecimento Tecnológico  
TP – Conhecimento Pedagógico  
TPACK – Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo  
UERR – Universidade Estadual de Roraima

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Simulador virtual PhET “Óptica Geométrica basico” .....	42
Figura 2 – Simulador virtual PhET “Desvio da luz”.....	43
Figura 3 – Simulador virtual PhET “Espectro do corpo negro” .....	43
Figura 4 – Simulador virtual PhET “Visão colorida”.....	44
Figura 5 – Integração entre os conhecimentos, pedagógico, conhecimento tecnológico conhecimento do conteúdo.....	50
Figura 6 – Simuladores virtuais para o ensino de ciências.....	53
Figura 7 – Representação do site onde se encontra os SV PhET do Colorado.....	56
Figura 8 – Simulações interativas sobre reflexão da luz.....	72
Figura 9 – Simulações interativas da refração da luz.....	77
Figura 10 – Simulações interativas sobre o espectro do corpo negro.....	82
Figura 11 – Simulações interativas sobre visão colorida.....	86
Figura 12 – Produto Educacional Simuladores Virtuais PhET.....	93

## **LISTA DE FLUXOGRAMAS**

Fluxograma 1 – Tipo de pesquisa científica.....	25
Fluxograma 2 – Etapas do planejamento da Sequência Didática.....	32
Fluxograma 3 – Desenvolvimento da Sequência Didática.....	38
Fluxograma 4 – Simuladores utilizados na Sequência Didática .....	66

## LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 – Participação dos estudantes na 1ª Atividade.....	72
Imagem 2 – Participação dos estudantes na 2ª Atividade.....	78
Imagem 3 – Participação dos estudantes na 3ª Atividade.....	83
Imagem 4 – Participação dos estudantes na 4ª Atividade.....	88
Imagem 5 – Participação dos estudantes envolvidos na pesquisa.....	88

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estado da arte: dissertações da área de Ensino de Ciências vinculado ao PhET (período, autores e respectivas temáticas).....	19
Quadro 2 – Demonstrativo da localização das dissertações do Ensino de Física vinculadas ao PhET.....	21
Quadro 3 – Objetos de conhecimento de responsabilidade da Física.....	28
Quadro 4 – Sequência Didática (SD) desenvolvida.....	36
Quadro 5 – Síntese dos constructos que constituem o TPACK. ....	49
Quadro 6 – Categorias temáticas dos Simuladores Virtuais PhET Colorado.....	55
Quadro 7 – Respostas dos estudantes com base no questionamento inicial da 1ª Atividade .....	68
Quadro 8 – Respostas das duplas de estudantes com base no uso do simulador PhET.....	69
Quadro 9– Respostas das duplas de estudantes com base no questionamento inicial da 2ª Atividade.....	73
Quadro 10 – Respostas das duplas de estudantes com base na utilização do simulador PhET.....	74
Quadro 11 – Respostas das duplas de estudantes questionamento inicial da 3ª Atividade....	79
Quadro 12 – Respostas das duplas de estudantes com base na utilização do simulador PhET.....	80
Quadro 13 – Respostas das duplas de estudantes com base no questionamento inicial da 4ª Atividade.....	83
Quadro 14 – Respostas das duplas de estudantes com base na utilização do Simulador PhET .....	84
Quadro 15 – Avaliação das Barreiras de Entrada.....	89
Quadro 16 – Rankg Médio da Escala Likert.....	90

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>1. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA.....</b>	<b>25</b>
1.1 CONTEXTO DA PESQUISA .....	26
1.2 BUSCA E SELEÇÃO DE LITERATURAS QUE ABORDAM A TEMÁTICA DA PESQUISA.....	29
1.3 PERCURSO METODOLÓGICO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	31
1.3.1 <b>Descrição das etapas do planejamento da sequência didática.....</b>	<b>33</b>
1.4. MOMENTOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DESENVOLVIDA.....	38
1.4.1 <b>Descrição do primeiro momento (1ª e 2ª aula).....</b>	<b>38</b>
1.4.2 <b>Descrição do segundo momento (3ª e 4ª aula).....</b>	<b>39</b>
1.4.3 <b>Descrição do terceiro momento (5ª e 6ª aula).....</b>	<b>40</b>
1.4.4 <b>Descrição do quarto momento (7ª e 8ª aula).....</b>	<b>40</b>
1.5 SIMULADORES VIRTUAIS UTILIZADOS NO SITE PHET COLORADO.....	41
1.6. ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA .....	46
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>48</b>
2.1 CONHECIMENTO PEDAGÓGICO, TECNOLÓGICO E DE CONTEÚDO (TPACK).....	48
2.2 SIMULADORES VIRTUAIS NO CAMPO EDUCACIONAL.....	52
2.3 SIMULADORES VIRTUAIS PHET DA UNIVERSIDADE DO COLORADO.....	53
2.4 TECNOLOGIAS DIGITAIS NO PROCESSO EDUCACIONAL.....	57
2.5 ENSINO DE FÍSICA NUMA PERSPECTIVA GERAL.....	60
2.6 ENSINO DE FÍSICA: CONTRIBUIÇÕES DO PHET E TPACK.....	62
<b>3. ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS ALCANÇADOS.....</b>	<b>64</b>
3.1 APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD) À TURMA.....	64
3.2 RODA DE CONVERSA: AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA.....	65
3.3 APRESENTAÇÃO DA PLATAFORMA (SITE) PHET COLORADO.....	66
3.4 UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA E ACESSO AOS SIMULADORES PHET.....	67
3.5 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO .....	89
3.6. PRODUTO EDUCACIONAL.....	92
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>94</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>113</b>

## INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, torna-se fundamental utilizar mecanismos que promovam a melhoria tanto no ensino quanto na aprendizagem. Se as tecnologias digitais estão ao nosso alcance, por que não utilizá-las a favor das ações pedagógicas realizadas diariamente? Nesse contexto, a proposta é justamente integrar os conhecimentos de Física, especialmente o estudo da Óptica, ao meio digital. O uso da tecnologia digital no ensino e aprendizagem pode ser uma alternativa vantajosa, pois, auxilia na superação de algumas dificuldades enfrentadas nos processos educacionais.

No passado, o ensino médio, particularmente na disciplina de Física, era predominantemente tradicional. Os conteúdos eram ministrados de forma em que o professor detinha todo o conhecimento e transmitia as informações por meio do uso da lousa de giz, e utilizava raramente o livro didático. Como destaca Santana (2022, p. 76), "a forma de aprender por meio de cópias do quadro ou livro didático evidencia que o estudo tradicional está presente na vida escolar dos estudantes".

Durante as duas primeiras séries do ensino médio (1ª e 2ª), as disciplinas de Física e Matemática eram vistas como grandes barreiras. Entretanto, na 3ª série, já no final da escolarização básica, houve uma mudança significativa graças ao ensino de uma professora por nome Sulamita. Antes de qualquer cálculo, fórmula ou número, ela explicava a importância da Física no nosso dia a dia, demonstrando como essa ciência contribuía para a formação pessoal e profissional. Conforme enfatiza Moreira (2021), no ensino de Física, deve-se dar mais atenção aos conceitos físicos, pois o formalismo matemático, por si só, não contribui para uma compreensão mais ampla. Já o entendimento dos conceitos, sim, favorece o desenvolvimento cognitivo do estudante.

Sulamita, que foi a professora a concluir o ensino da disciplina na 3ª série do ensino médio, demonstrou paciência, tolerância, compreensão e motivação ao ensinar a tão temida "Física", que para muitos era a disciplina mais difícil, logo atrás da Matemática. Sua abordagem inspirou e motivou muitos estudantes, incluindo eu, que seguir a carreira na área de Física. De acordo com Moreira (2018), o ensino de Ciências, e especialmente o de Física, muitas vezes ocorre sem criatividade, sendo reduzido à resolução de problemas com respostas exatas. A professora Sulamita mostrou que o ensino de Física pode ser transformador, quando se valoriza a compreensão dos conceitos e o impacto da disciplina na vida cotidiana.

A professora Sulamita desempenhou um papel crucial para a escolha do curso de graduação e, conseqüentemente, na decisão da profissão que seguir. Sua contribuição foi

fundamental para minha trajetória profissional, oferecendo inspiração e motivação na busca por conhecimentos relacionados às ciências naturais. Assim que tive a oportunidade, iniciei carreira como professora da educação básica, a princípio atendendo as séries iniciais.

Na oportunidade também iniciei curso de graduação em Física pelo ISER (Instituto Superior de Educação de Rorainópolis). Já não tinha mais receio da disciplina, pois fui motivada e desafiada não apenas a estudá-la, mas também a ensiná-la, o que ocorreu a partir de 2007. No entanto, mesmo no ensino superior, o método tradicional predominava ao longo do curso. Embora algumas aulas fossem diferentes, ainda estavam distantes de metodologias dinâmicas e inovadoras, apesar da disponibilidade de tecnologia digital.

Como meu aprendizado em Física foi baseado exclusivamente em explicações teóricas dos professores e na resolução de exercícios na lousa, adotei inicialmente a mesma abordagem em minha prática docente, consciente de que estava reproduzindo os mesmos métodos que vivenciei durante minha formação. Assim, perpetuava a ideia de que a disciplina era complicada e pouco atrativa. Moreira (2018, p. 76) destaca que essa situação ocorre devido à formação dos professores: "Além de serem formados com o ensino tradicional, das aulas expositivas e listas de problemas, têm pouca Física na graduação, quase nada de Física moderna e contemporânea".

Foi apenas ao iniciar minhas especializações, por meio da Educação a Distância (EaD), que percebi a variedade de recursos tecnológicos que poderiam ser utilizados para tornar as aulas mais atrativas, facilitando a aprendizagem e tornando a disciplina de Física mais interessante.

Entre 2017 e 2018, especializei-me em Metodologia de Ensino de Matemática e Física, considerando que a Matemática é uma parte fundamental do conhecimento físico. Continuo investindo na minha formação, agora cursando mestrado em Ensino de Ciências, visando colaborar de forma mais efetiva na formação de futuros estudantes, seja na Educação Básica, no Ensino Superior ou na formação continuada de professores, de uma maneira mais dinâmica, criativa, inovadora e significativa. Assim como a professora Sulamita foi para mim, desejo ser uma inspiração, motivação e referência para outros estudantes.

Considerando que as tecnologias digitais são ferramentas capazes de apoiar as práticas educacionais e estão disponíveis gratuitamente em diversas plataformas, é fundamental que os profissionais da educação se apropriem desses recursos com intencionalidades pedagógicas. Essa abordagem pode resultar em melhorias significativas nos processos de ensino e aprendizagem dos estudantes. Nesse sentido, Laureiro, Cavalcante

e Tavares (2019, p. 468) ressaltam "a necessidade das tecnologias estarem inseridas nos processos educativos como um recurso que potencialize a ação humana transformadora para um pensar crítico, reflexivo, criativo e inovador de educadores e educandos".

Assim, é essencial que as tecnologias digitais sejam incorporadas ao ensino de Física, disciplina do ensino médio foco deste estudo. Muitas vezes, os fenômenos físicos abordados em sala de aula não são compreendidos, mesmo que façam parte do cotidiano dos estudantes, como destacam os autores a seguir.

O ensino de Física é uma das áreas da ciência que pode obter muitas vantagens com a utilização das novas tecnologias computacionais, já que se trata de um componente curricular que versa sobre assuntos amplos do dia a dia e, muitas vezes, busca explicar situações que não conseguimos demonstrar de forma fácil. (ARAÚJO, NETO, OLIVEIRA, 2088, P.56).

Considerando o posicionamento dos autores sobre o ensino da Física e sua relação com a tecnologia, surgiu o interesse pelo desenvolvimento desta pesquisa. A temática investigada iniciou no período pandêmico, quando as aulas passaram a ser ministradas por meio de aplicativos e plataformas digitais, evidenciando as dificuldades de professores e estudantes no manuseio dessas tecnologias. Como afirmam Silva, Oliveira e Voltolini (2021, p. 116), "as instituições sem experiência com ensino online demoraram certo tempo e tiveram algumas dificuldades em realizar a transposição presencial/online", o que gerou angústia devido à falta de domínio dos recursos tecnológicos, uma situação que precisa ser evitada, sobretudo porque essas ferramentas podem ser utilizadas independentemente do contexto pandêmico.

Para atender às competências e habilidades exigidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) no ensino de Física, surgiu a ideia de utilizar simulações virtuais de aprendizagem. Conforme destaca Silva *et. al.* (2021, p. 25), "dentro do campo do ensino da física existem várias aplicações das simulações computacionais, que vão dos mais simples contextos de demonstração até propostas de iniciação científica". Essa abordagem visa proporcionar um aprendizado mais acessível e eficaz, tornando os conceitos de Física mais compreensíveis e interessantes para os estudantes.

Diante das dificuldades no manuseio de ferramentas digitais e da oportunidade de cursar o Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, amadureceu-se a ideia de desenvolver um estudo sobre o uso de tecnologias digitais, resultando na dissertação intitulada "Simuladores Virtuais PhET Integrado ao Modelo TPACK como Metodologia para o Ensino da Óptica com Estudantes da 2ª Série do Ensino Médio".

Nesse contexto, é de conhecimento dos profissionais da educação que as tecnologias são essenciais em um mundo em constante evolução. Silva e Costa (2022, p. 10) sinalizaram

que "as tecnologias digitais passam a ser um suporte em que o aluno aprende por meio da exploração, interação, investigação e descobertas, sendo o professor o mediador, que possui o objetivo de facilitar a aprendizagem". Dessa forma, tornou-se fundamental fortalecer o vínculo entre professores, estudantes e tecnologias digitais, para que uma aprendizagem significativa pudesse ser efetivamente alcançada.

Figueira e Dorotea (2022, p. 3) destacam que "é importante à integração do digital em contexto pedagógico como ferramenta ao serviço das aprendizagens e, conseqüentemente, a serviço do processo avaliativo". Sob essa perspectiva, ficou evidente que, por meio da tecnologia, é possível ensinar e aprender de forma mais acessível e dinâmica, desenvolvendo processos como pesquisa, comunicação, informação e associação do conhecimento. Assim, a tecnologia pode promover uma série de procedimentos que contribuem para a formação integral do indivíduo, facilitando a aprendizagem.

Cientes das dificuldades enfrentadas pelos estudantes, de distintas naturezas e especificidades, percebeu-se que não seria possível apontar uma causa determinante. Entretanto, entre as diversas dificuldades encontradas, destacou-se que "a maioria das fragilidades está relacionada com questões sociodemográficas, ou seja, falta de acesso aos dispositivos computacionais, dificuldade de conexão à internet, necessidade de competências digitais [...]" (SILVA, OLIVEIRA E VOLTOLINI, 2021, p. 135). Esses fatores limitaram o acesso e o uso eficaz das tecnologias digitais, ressaltando a importância de superar essas barreiras para garantir uma educação mais inclusiva e equitativa.

A utilização da tecnologia no processo educacional não se limita a momentos específicos, mas ocorre continuamente, seja em situações presenciais, híbridas ou totalmente à distância. Esse processo abrange a Educação Básica, a Educação Superior e a Educação Profissional, tornando essencial o desenvolvimento do tema em evidência, pois possibilita uma mediação mais eficiente do ensino e aprendizagem. Como destacam Machado e Almeraya (2021, p. 58): "A intenção do uso das tecnologias é conduzir o alunado para a condição de sujeito ativo da própria aprendizagem, para que efetivamente possa aprender, cabendo ao educador unir a teoria com uma prática pedagógica significativa para os alunos", especialmente no contexto do ensino de física.

Quando se trata do ensino de Ciências, sendo a física uma das áreas que nos rodeiam, surge frequentemente à ideia da dificuldade que os estudantes enfrentam ao longo dos três anos finais da Educação Básica. Araújo, Neto e Oliveira (2008, p. 53) afirmam que "essa disciplina é uma das áreas de conhecimento do Ensino Médio em que os alunos mais

apresentam dificuldades para compreender seus conteúdos, tornando o trabalho dos professores de Física ainda mais desafiador".

Diante da crescente presença do mundo digital, que exige habilidades e competências para atuar de forma eficiente em diversas atividades do cotidiano, é fundamental integrar esses conhecimentos. Freitas (2022) recomenda que a interação dos estudantes com simulações computacionais permite que participem ativamente da construção dos conceitos e suas relações, desenvolvendo sua aprendizagem de forma significativa. Assim, é possível facilitar a compreensão de certos fenômenos físicos utilizando tecnologias digitais, o que torna oportuno aplicar atividades baseadas em Simuladores Virtuais (SV) PhET, inseridos nesse contexto digital.

É essencial para o ensino e aprendizagem contar com estratégias metodológicas diversificadas, como frisa Nakashima (2014, p. 48): "o papel do professor, como mediador do processo, implica na promoção de estratégias diferenciadas de aprendizagem apoiadas por tecnologias previamente selecionadas". Com base nisso, a proposta desta pesquisa foi promover o estudo com o auxílio dos simuladores virtuais PhET (Projeto Tecnologia no Ensino de Física), fundamentado no modelo do Conhecimento Tecnológico e Pedagógico de Conteúdo (TPACK). Esse modelo se preocupa em integrar os conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e os conteúdos específicos da disciplina, buscando atender às necessidades do ensino e potencializar a aprendizagem dos estudantes. A partir dessa perspectiva, espera-se que, por meio dos simuladores virtuais PhET, a aprendizagem dos estudantes da 2ª série do Ensino Médio seja significativa e contribua para a melhoria da qualidade dos conhecimentos adquiridos, como destaca Moreira (2018, p. 86), "aprendizagem significativa é aprendizagem com significado, compreensão, transferências de conhecimentos e capacidade de aplicação a novas situações".

Contudo, essa tarefa não é simples, pois exige que os profissionais da educação e os estudantes tenham, no mínimo, domínio dos conhecimentos de conteúdo, tecnologia e pedagogia, ou estejam dispostos a adquiri-los para atuar conforme a proposta de ensino e aprendizagem. Como descrito por Leone *et. al.* (2022, p. 158), é necessário que esses conhecimentos estejam alinhados para garantir um processo educacional efetivo e transformador.

O modelo TPACK sugere que os profissionais da educação que pretendem incluir a tecnologia em sala de aula necessitam de ter uma profunda compreensão de cada um dos domínios deste conhecimento para planejar e desenvolver suas práticas pedagógicas, que objetivam promover, nos alunos, a aprendizagem com o uso de tecnologia. (LEONE, *ET. AL.*, 2022, p. 158).

Diante da possibilidade de utilizar simuladores virtuais PhET no ensino de física, foi desenvolvida uma Sequência Didática para, a qual estar disponível para professores e estudantes interessados em incorporá-la como alternativa metodológica em suas aulas. Essa sequência pode ser adaptada tanto para o componente curricular desejado quanto para os conteúdos a serem ensinados, sendo aplicável não apenas à física, mas a outras disciplinas. Com a implementação dessa sequência, o ensino de física acaba sendo enriquecido por recursos digitais, promovendo o desenvolvimento do aprendizado por meio de tecnologias digitais. Ao utilizar os simuladores virtuais PhET, os estudantes têm a oportunidade de adquirir autonomia, reformular suas posturas diante de desafios e aplicar o conhecimento adquirido no cotidiano. Além disso, conforme destaca o Documento Curricular de Roraima (DCRR) (2021, p. 145), espera-se que os estudantes "comuniquem suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), fazendo essa divulgação de forma ética e responsável".

Para responder ao problema da pesquisa, realizou-se uma revisão de literatura envolvendo estudos sobre ciência, especificamente na área da física, tecnologias digitais, simuladores virtuais PhET e o modelo TPACK, por meio do estado da arte conforme os quadros a seguir.

**Quadro 1.** Estado da arte: dissertações da área de Ensino de Ciências vinculado ao PhET (período, autores e respectivas temáticas)

LINHA A - Métodos Pedagógicos e Tecnologias Digitais no Ensino de Ciências		
ANO	AUTOR	TÍTULO
2022	Ângelo Antônio Santos de Oliveira	Simulações Computacionais no Ensino de Física: Contribuições da Filosofia da Tecnologia à Alfabetização Científica e Tecnológica.
	Tárico Barbosa de Freitas	Exploração de simulações computacionais como forma de estimular o aprendizado significativo de conceitos da Física
2021	Cícero Neilton dos Santos Oliveira	Experimentação no Ensino de Física com o uso do simulador computacional PhET na aprendizagem de força e movimento no ensino médio.
	José Rodrigues da Silva	Sequência Didática Usando PhET para Ensino de Movimento do Sistema Massa-Mola e do Pêndulo Simples no Ensino Remoto.
2020	Hélio Guedelha de Lima	Uso do simulador PhET e a experimentação como recurso facilitador para o ensino de equilíbrio químico com alunos do ensino médio em uma comunidade ribeirinha do Baixo Rio Branco, Roraima
	Vicente Kinalski Júnior	A utilização de tecnologias e atividades experimentais no ensino de Queda Livre: um Estudo De Caso
	Robson Cesar Costa Vilar	Uma estratégia de ensino diferenciada para o estudo de tópicos de física moderna
2019	José Maurício Neris dos Santos	A utilização do laboratório virtual PhET para o ensino de física no nono ano do ensino fundamental
	Rafael Rocha Pereira	O uso do simulador PhET como recurso didático para o

<b>2018</b>		ensino de ondas no 9º ano do ensino fundamental.
	Fernanda Fries	Objeto de aprendizagem baseado no uso de simuladores virtuais como ferramenta de ensino de conceitos da Ondulatória
<b>2017</b>	Alexandre Martins Cristóvão	Forças e movimento: proposta de atividades com simulações computacionais
	Iracilma da Silva Sampaio	O simulador PhET como recurso metodológico no ensino de reações químicas no primeiro ano do ensino médio com aporte na teoria de Ausubel.
	Bruno de Oliveira Campos	Utilização de simulações computacionais no ensino de física, na área da termologia.
	Elci Rodrigues De Almeida Dutra	A utilização de experimentos e simulações no ensino de física com o uso do software TRACKER com as plataformas PhET e quis.
<b>2016</b>	Railton Vieira dos Santos	A utilização do software livre PhET como material de apoio ao professor no processo de ensino-aprendizagem de Física
<b>2015</b>	Diego Delovo Rossi	O uso de Simulações Virtuais como apoio ao Currículo da See-SP para a Disciplina de Física.
<b>2012</b>	Veronica Aparecida Pereira Boechat	Simulações físicas interativas PhET no ensino fundamental.

Fonte: Autora da pesquisa 2024.

Na busca por dissertações que abordam o ensino de Física com o auxílio dos simuladores PhET, observou-se que essa estratégia, embora relativamente nova, tem ganhado destaque nos processos de ensino e aprendizagem. Nos últimos 12 anos, surgiram iniciativas isoladas que utilizam simuladores virtuais no ensino, indicando que sua aplicação está sendo explorada recentemente em âmbito nacional. Os estudos realizados em diversas cidades e estados do Brasil, como demonstrado no Quadro 2, refletem um movimento crescente e diversificado no uso da tecnologia educacional no país. Esses estudos, relacionados aos programas que ofertaram os cursos mencionados no Quadro 1, destacam o potencial dos simuladores virtuais para inovar o ensino de Física em diferentes contextos regionais e institucionais.

As fontes de busca utilizadas foram PPGEC, Google, Google Acadêmico, Periódicos da CAPES e Scielo. Essas plataformas oferecem uma ampla variedade de conteúdos relevantes para a pesquisa acadêmica. O PPGEC disponibiliza produções científicas em educação e ciências, enquanto o Google Acadêmico facilita o acesso a artigos, teses e livros de diversas áreas. Os Periódicos da CAPES reúnem uma vasta base de dados com publicações de alto impacto internacional, e o Scielo oferece acesso a periódicos científicos de vários campos do conhecimento, com foco na produção latino-americana. Dessa forma, essas plataformas possibilitam uma pesquisa abrangente e diversificada, cobrindo fontes de alta relevância acadêmica.

No PPGEC, vinculado à UERR, foram encontradas duas dissertações que utilizam os Simuladores Virtuais PhET: uma de Hélio Guedelha de Lima (2020) e outra de Iracilma da

Silva Sampaio (2017), ambas aplicadas ao ensino de Química. Até o momento, não foram encontradas dissertações voltadas especificamente para o ensino de Física, o que reforça a relevância desta pesquisa. Acredita-se que este trabalho trará contribuições significativas ao campo, ao ampliar o uso dos simuladores PhET para a Física e explorar seu potencial para melhorar a compreensão de conceitos complexos. Além disso, a pesquisa pode servir como base para estudos futuros, oferecendo novas percepções e descobertas, bem como estratégias para o uso de tecnologias digitais no ensino de ciências. Ao preencher essa lacuna, o estudo promove a inovação didática e incentiva a implementação de recursos interativos no ensino de Física, beneficiando tanto educadores quanto estudantes.

**Quadro 2.** Demonstrativo da localização das dissertações do Ensino de Física vinculadas ao PhET.

<b>Programas, Cidades e respectivos Estados</b>		
PROGRAMA	CIDADE	ESTADO
Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM)	Goiânia	Goiás
Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade (PPGTAS)	Teófilo Otoni	Minas Gerais
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM)	Maceió	Alagoas
Mestrado Nacional Profissional Em Ensino De Física (MNPEF)	Caruaru	Pernambuco
Mestrado Nacional Profissional Em Ensino De Física (MNPEF)	Vitória da Conquista	Bahia
Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM)	Porto Alegre	Rio Grande do Sul
Mestrado Nacional Profissional Em Ensino De Física (MNPEF)	Ji-Paraná	Rondônia
Mestrado Nacional Profissional Em Ensino De Física (MNPEF)	Volta Redonda	Rio de Janeiro
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEF)	Medianeira	Paraná
Mestrado Nacional Profissional Em Ensino De Física (MNPEF)	Araranguá	Santa Catarina
Ensino de Física pela Universidade Federal	Alfnas	Minas Gerais
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEF)	Bagé	Rio Grande do Sul
Mestrado Nacional Profissional Em Ensino De Física (MNPEF)	Teresina	Piauí
Mestrado Nacional Profissional Em Ensino De Física (MNPEF)	Presidente Prudente	São Paulo
Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro	Campos dos Goytacazes	Rio de Janeiro

Fonte: Autora da pesquisa 2024.

Ao observar o quadro, percebe-se que as pesquisas que utilizam os Simuladores Virtuais (SV) PhET para o ensino de Física são ainda escassas. Em estados como Rio de

Janeiro, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, foram encontradas, no máximo, duas pesquisas sobre o tema, enquanto nos demais estados identificou-se apenas uma. No estado de Roraima, não foi encontrada nenhuma pesquisa relacionada a essa temática, o que destaca a singularidade e a importância da presente proposta. Essa ausência reforça a relevância deste trabalho, que pode preencher uma lacuna no campo e contribuir significativamente para o avanço do ensino de Física por meio de tecnologias interativas.

Um aspecto que se destaca nesta proposta de pesquisa é que, até o momento, não há no PPGECC vinculado à UERR nenhuma pesquisa desenvolvida sobre o ensino de Física associado aos simuladores virtuais PhET, nem que utilize o modelo TPACK, tampouco que aborde o estudo da Óptica. Isso diferencia esta pesquisa das demais já desenvolvidas. Ao analisar as pesquisas realizadas, observou-se que os objetos de conhecimento aplicados ao ensino fundamental incluíram eletricidade, cinemática e ondas.

Outro ponto a ser destacado refere-se aos programas que oferecem o Mestrado Profissional. Apenas dois deles contemplam uma abordagem integrada, considerando a interdisciplinaridade em ciências: o Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM) e o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM), além do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Já no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade (PPGTAS), foi desenvolvida uma pesquisa voltada ao ensino de Física, visto que a abordagem de questões ambientais está naturalmente ligada às ciências da natureza, nas quais a Física desempenha um papel importante.

Por outro lado, no caso da Universidade Federal de Alfenas e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEF), o enfoque foi exclusivamente no ensino de Física. Essa tendência é observada na maioria dos programas, como o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), que está presente em oito dos estados mencionados no Quadro 2. Esses dados destacam a predominância de programas especializados em Física, mas também apontam para a relevância de abordagens mais amplas, que integram o ensino de Ciências e Matemática, permitindo uma visão mais holística da educação científica. Esse panorama reforça a importância da diversificação nas abordagens de ensino, o que pode ampliar o impacto no desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes.

Nesse contexto, a dissertação visa responder à seguinte pergunta: como os simuladores virtuais PhET podem contribuir para os processos de ensino e aprendizagem da Óptica dos estudantes da 2ª série do ensino médio? Assim, o objetivo geral da pesquisa é

analisar como os simuladores virtuais PhET, fundamentados no modelo TPACK, podem contribuir para o ensino e a aprendizagem da Óptica dos estudantes. Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

a) Elaborar uma Sequência Didática baseada nos conhecimentos tecnológicos (TK), pedagógicos (PK) e do conteúdo (CK), alinhada às competências e habilidades da BNCC relacionadas ao estudo da luz e radiação (Óptica);

b) Aplicar a Sequência Didática elaborada utilizando os simuladores virtuais PhET para os estudantes da 2ª série ensino médio;

c) Verificar o interesse dos estudantes sobre o desenvolvimento da Sequência Didática com o uso dos simuladores PhET, avaliando a eficácia pedagógica e o impacto na aprendizagem dos conceitos de Óptica.

Esses objetivos buscam compreender de que forma a integração de recursos digitais e metodologias inovadoras pode promover uma aprendizagem mais significativa e contribuir para o desenvolvimento pleno dos estudantes.

A justificativa para a realização desta pesquisa científica residiu no desenvolvimento da Sequência Didática por meio dos Simuladores Virtuais PhET, uma tecnologia digital adotada para apoiar as ações educacionais no ensino de Física, especialmente no estudo da luz e radiação (Óptica). Esses fenômenos são essenciais para a existência humana, como menciona Santos (2017, p. 35): “os fenômenos ópticos sempre chamaram a atenção da humanidade por ser a visão o principal meio de interação entre o homem e o ambiente em que está inserido”. Além disso, é fundamental que os estudantes compreendam os conceitos relacionados aos processos de propagação da luz e da radiação, que são parte integrante de suas vidas diárias.

A dissertação apresentada foi estruturada de maneira a abordar a temática, a problemática, os objetivos e a justificativa da pesquisa. O primeiro capítulo descreve a estratégia metodológica adotada no estudo, enfatizando o contexto, a abordagem, os métodos utilizados e o processo de coleta de dados, além do desenvolvimento da Sequência Didática com os Simuladores Virtuais PhET. Também aborda os aspectos éticos da pesquisa, discutindo questões relacionadas à submissão e aos direitos de participação, além de destacar os benefícios da metodologia aplicada.

No segundo capítulo, a fundamentação teórica que sustenta o trabalho, incluindo abordagens pertinentes ao Conhecimento Pedagógico Tecnológico do Conteúdo (TPACK), o uso dos Simuladores Virtuais no campo educacional, os Simuladores Virtuais PhET da Universidade do Colorado, as tecnologias digitais no processo educacional, o ensino de

Física de uma maneira geral, e o ensino de Física com as contribuições dos SV PhET e do modelo TPACK. Cada seção deste capítulo destaca questões conceituais, seu surgimento e sua importância para o aprimoramento do ensino e da aprendizagem.

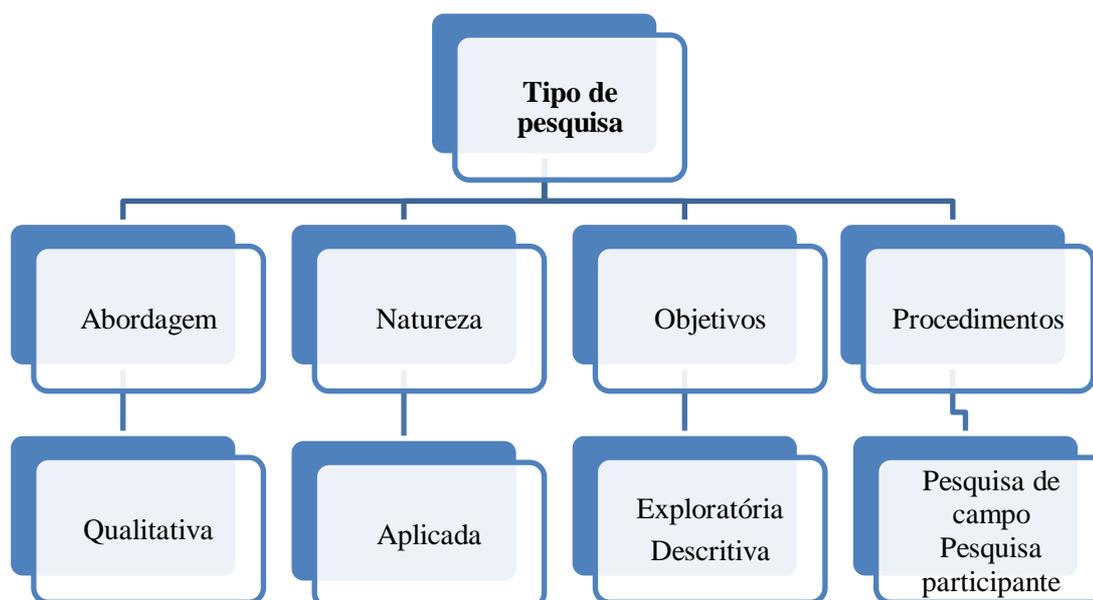
O terceiro capítulo apresenta a análise dos dados e os resultados obtidos da pesquisa a partir da apresentação da Sequência Didática, da roda de conversa realizada, da apresentação da plataforma PhET, da utilização dos simuladores Virtuais PhET, das atividades realizadas pelos estudantes da 2ª série do ensino médio da escola pesquisada, da aplicação de um questionário e Produto Educacional, que trata da Sequência Didática elaborada e desenvolvida para fins educativos, utilizando os Simuladores Virtuais PhET, que oferece inúmeras simulações interativas para o ensino de ciências.

Por fim, as considerações finais elencam os principais momentos ocorridos durante o desenvolvimento da Sequência Didática, apresentando as contribuições dos SV PhET para os processos de ensino e aprendizagem, não apenas na área da Física, mas também em outros componentes curriculares.

## 1. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

Neste capítulo, são detalhados os métodos e técnicas empregados para a consolidação deste estudo, incluindo a abordagem e a natureza da pesquisa, além do contexto em que foi realizada. Também são apresentados os instrumentos de coleta de dados e a sequência didática desenvolvida na Escola Estadual Hildebrando Ferro Bittencourt, localizada no município de Boa Vista-RR. A estratégia metodológica deste estudo fundamenta-se nas diretrizes propostas por Prodanov e Freitas (2013). A seguir, apresentaremos a classificação da pesquisa adotada.

**Fluxograma 1.** Tipo de pesquisa científica.



Fonte: Adaptado de Prodanov, Freitas (2013).

Para a realização da pesquisa, foi utilizado o fluxograma apresentado anteriormente, que ilustra a abordagem qualitativa adotada. Segundo Prodanov e Freitas, essa abordagem permite estabelecer uma relação entre o mundo real e os sujeitos envolvidos, além de articular a objetividade e a subjetividade do indivíduo, aspectos que não podem ser traduzidos em valores numéricos. Dessa forma, foram observados os participantes e o ambiente (sala de aula), visando uma melhor compreensão da situação investigada, que, neste caso, refere-se à estratégia metodológica utilizada para o ensino da óptica em Física.

Em relação à natureza da pesquisa, ela é classificada como aplicada, pois teve em vista responder a uma problemática específica, exigindo experiências práticas para chegar a uma solução, seja ela positiva ou negativa. Assim, a pesquisa partiu de um contexto de vivências reais com a intenção de resolver um problema. Quanto aos objetivos, a pesquisa é

exploratória, promovendo um levantamento bibliográfico e estimulando a compreensão sobre o objeto estudado, além de ser descritiva por facilitar a descrição dos fenômenos, a observação e a aplicação de questionários, apresentando características específicas e detalhadas da situação vivenciada (Prodanov & Freitas, 2023, p. 52).

Quanto aos procedimentos, a pesquisa baseou-se em dois métodos principais: a pesquisa de campo, em que a pesquisadora realizou visitas in loco buscando informações que respondessem à questão inicial; e a pesquisa participante, na qual a pesquisadora teve momentos de interação com os participantes escolhidos ou com o grupo de estudo selecionado para a investigação (Prodanov & Freitas, 2023, p. 59).

Nesse sentido, a pesquisa aplicada ocorreu com o desenvolvimento da Sequência Didática que se fundamenta ao modelo TPACK com realização de atividades, utilizando os Simuladores Virtuais PhET para o entendimento de leis da física e dos conceitos físicos trabalhados, como, por exemplo, Lei de Planck, Lei de Snell e os fenômenos de reflexão, refração, dispersão e absorção da luz, entre outras questões envolvidas no processo de propagação dessa luz, como visão e cores.

Sendo o (a) professor (a) o responsável por disseminar o conhecimento e, nesse contexto, o da física, é importante que ele (a) tenha domínio para ensinar os conteúdos específicos desse componente curricular. Também é preciso utilizar metodologia que atenda as necessidades de compreensão do assunto ministrado, e ainda é indispensável contar com recurso adequado para desenvolver uma boa aula, pois explicar teoricamente “Óptica” não será suficiente para os estudantes compreenderem os conceitos dos fenômenos físicos trabalhados.

Dessa maneira, nesta pesquisa foi pensado como estratégia metodológica para auxiliar na compreensão de conceitos físicos os Simuladores Virtuais PhET do Colorado, tecnologia digital que possibilita a demonstração de diversos fenômenos, enriquecendo assim os processos de ensino e aprendizagens dos estudantes. Segundo o modelo TPACK, educadores precisam possuir o mínimo de domínio de conteúdo e utilizar método de ensino e recurso digital adequado, ou seja, todos os elementos integrados facilitam o desenvolvimento de uma boa aula.

## 1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

O estudo foi realizado em maio de 2024, na Escola Estadual Hildebrando Ferro Bitencourt, localizada na cidade de Boa Vista-RR. Embora a autorização do Comitê de Ética em Pesquisa da UERR tenha sido concedida em dezembro de 2023, a aplicação da

pesquisa só foi possível nesse período, devido às dificuldades de acesso à internet e ao falecimento do meu querido pai.

Por se tratar de uma pesquisa participante, em que a professora da turma também atua como pesquisadora, todas as etapas da investigação, incluindo a execução das atividades planejadas para o desenvolvimento da Sequência Didática, foram conduzidas por ela. A pesquisadora desempenha a função de professora temporária de Física na instituição de ensino, garantindo a condução das práticas educativas com os estudantes. Essa posição permite uma integração direta entre a pesquisa e o ensino, proporcionando uma compreensão mais profunda das necessidades e do avanço do aprendizado dos estudantes.

Os participantes da pesquisa foram 18 estudantes da 2ª série do ensino médio, da turma identificada como “201”, composta por 24 estudantes. Embora o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido tenha sido enviado a todos os pais e/ou responsáveis, apenas 18 deles retornaram com as assinaturas autorizando formalmente a participação dos seus filhos no estudo. No entanto, todos os estudantes participaram das atividades propostas. Como professora titular, não seria possível dispensar nenhum estudante das atividades educacionais regulares, garantindo assim que todos estivessem engajados nos processos de ensino e aprendizagem.

Nesse sentido, seis estudantes foram excluídos da pesquisa porque os pais ou responsáveis não autorizaram a participação deles. No entanto, os mesmos não foram dispensados das atividades propostas, participando normalmente de todo processo educativo. Todos os estudantes matriculados na turma estavam envolvidos apenas no componente curricular de Física.

Após um período de observação na turma “201”, a Sequência Didática foi elaborada e apresentada aos estudantes. Em seguida, realizou-se uma roda de conversa para avaliar os conhecimentos prévios destes estudantes, visando obter subsídios para planejar atividades direcionadas, alinhadas a cada simulador incluído na SD. Com base nessas informações, os alunos foram convidados a participar de aulas apoiadas por tecnologia digital, organizadas em quatro momentos distintos. Ao todo, foram realizadas oito aulas, que abordaram os objetos de conhecimento exigidos pelo currículo escolar, utilizando simulações interativas da plataforma PhET do Colorado.

O objetivo do estudo é aprimorar o ensino de Física por meio dos simuladores virtuais PhET, ampliando a aprendizagem conceitual (do que foi ensinado), procedimental (organização de uma sequência lógica) e atitudinal (exige tomada de decisão) em relação aos

fenômenos estudados na óptica, além de auxiliar na resolução de problemas do cotidiano dos estudantes.

Assim como em outros componentes curriculares, a Física é composta por vários objetos de conhecimento (OC), cada um com sua definição específica. Embora alguns conceitos sejam mais fáceis de entender e estejam presentes na vida cotidiana, a seleção cuidadosa de certos objetos de conhecimento é crucial para facilitar a compreensão. Esses objetos foram desenvolvidos por meio dos simuladores virtuais PhET, conferindo novo significado à construção do conhecimento.

No quadro abaixo, estão dispostos esses objetos de conhecimento com suas respectivas habilidades de ensino e aprendizagem, conforme a Base Nacional Comum Curricular.

**Quadro 3.** Objetos de conhecimento de responsabilidade da Física.

<b>Física — 2ª Série Ensino Médio</b>		
Estudo da Óptica (luz/radiação) e seus fenômenos.		
Objeto de conhecimento	Competências gerais da BNCC	Habilidades gerais e específicas.
Óptica geométrica	1. Conhecimento	(EM13CNT103)
Fenômenos Ópticos	4. Comunicação	(EM13CNT104)
Espectro do corpo negro	7. Argumentação	(EM13CNT201)
Visão colorida	2. Pensamento científico, crítico e criativo	(EM13CNT306)

Fonte: Adaptado da BNCC (2018).

Quatro atividades foram elaboradas e aplicadas aos estudantes, com base nos objetos de conhecimento mencionados no quadro anterior, desenvolvidas por meio das representações oferecidas pelos simuladores virtuais PhET. Essa abordagem considera o modelo TPACK, que integra os conhecimentos de conteúdo, pedagogia e tecnologia, sendo utilizado pela professora pesquisadora para aprimorar sua prática pedagógica.

É importante destacar que o Documento Curricular de Roraima (DCRR) já orienta os professores a utilizar simuladores virtuais para ilustrar situações abstratas de diversos fenômenos que os estudantes costumam ter dificuldades em compreender com as abordagens tradicionais de ensino. Essa recomendação está presente nas orientações didático-metodológicas do quadro de competências específicas para o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (RORAIMA, 2019, p. 148).

## 1.2 PROCESSO DE BUSCA E SELEÇÃO DE LITERATURAS QUE ABORDAM A TEMÁTICA DA PESQUISA

Esta pesquisa foi iniciada por meio da busca de literaturas que abordam a temática em questão. Para isso, foram utilizados diversos recursos, como o Portal de Periódicos da CAPES, uma biblioteca virtual que reúne os melhores artigos científicos do mundo; o portal SciELO, que disponibiliza revistas científicas brasileiras em formato eletrônico; o Google Acadêmico, uma ferramenta de pesquisa que permite acessar trabalhos acadêmicos, como artigos, dissertações, teses e monografias; e o Portal de Periódicos da Universidade Estadual de Roraima (UERR), que oferece suas publicações acadêmicas. Também foram considerados os materiais disponibilizados pelos professores do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da referida universidade. A pesquisa foi realizada com o uso de palavras-chave relacionadas ao tema, como ensino de Física, tecnologias digitais, Simuladores Virtuais PhET e TPACK.

Após a busca pela literatura, realizou-se leitura cuidadosa das obras levantadas e então foram selecionadas as informações mais relevantes para conduzir a pesquisa voltada aos estudantes da 2ª série do ensino médio da Escola Pública Estadual Hildebrando Ferro Bitencourt, localizada em Boa Vista/Roraima. Em primeira instância, foi planejada e elaborada uma sequência didática, que foi posteriormente aplicada, promovendo a interação entre a prática de ensino e a aprendizagem. O objetivo era que os conceitos e fenômenos físicos, antes considerados abstratos, fossem compreendidos de maneira mais realista por meio das simulações desenvolvidas com o PhET. Vale destacar que a Sequência Didática é um dos instrumentos utilizados na coleta de dados, funcionando como o primeiro elemento para a aquisição dos conhecimentos prévios dos estudantes, uma vez que abrange as competências e habilidades gerais e específicas que eles devem desenvolver.

A coleta das informações começou com a observação da turma durante o processo de ensino e aprendizagem, seguida por uma roda de conversa que possibilitou a aquisição dos saberes que os estudantes já possuíam sobre o ensino de Física através do uso de simulações virtuais. Em seguida, foi elaborada as atividades com base na Sequência Didática, que também serviu como instrumento de coleta de dados, que foi aplicada envolvendo essas atividades com os Simuladores Virtuais PhET, acessados por meio de tablets disponibilizados pela escola, um para cada dupla de estudantes, além do acesso à internet, que a escola prontamente forneceu.

Ao término da execução das atividades propostas, foi aplicado um questionário baseado na escala Likert, composto por 10 afirmativas relacionadas a cada um dos

simuladores utilizados. Os estudantes analisaram cada alternativa e marcaram suas respostas conforme seu grau de concordância ou discordância em relação a cada afirmação, para verificar o interesse dos estudantes na utilização desses Simuladores Virtuais PhET durante as aulas de Óptica (Física).

A análise das informações foi baseada nas respostas dos estudantes durante a roda de conversa sobre o ensino de física com o uso do PhET. Esse diálogo permitiu direcionar as atividades de forma mais eficaz, alinhando os simuladores e os objetos de conhecimento previamente selecionados às necessidades e ao contexto da turma.

Para analisar as informações obtidas pelos estudantes com relação à utilização dos simuladores na realização das atividades propostas, foram consideradas algumas variáveis e indicadores que formaram categorias conforme cada objeto de conhecimento estudado, nesse sentido, para a primeira atividade foi considerado as seguintes variáveis para lentes e espelhos: tipo de imagem formada (Real, Virtual, Invertida, Direta, Menor, Igual); Parâmetros presentes (Distância da lente ao objeto, Distância focal, Diâmetro) e Brilho da imagem (Intenso ou Fraco).

E quanto aos indicadores para lentes e espelhos: se a imagem é descrita como real, invertida ou menor, para lentes; se a imagem é descrita como virtual, direta ou mesmo tamanho, para espelhos. Se as respostas indicam que maior distância resulta em imagem maior e se indicam que menor distância resulta em imagem menor e mais brilhosa ou maior e menos brilhosa.

Para a segunda atividade, foram consideradas as seguintes variáveis: desvio da luz (Reflexão e Refração); velocidade e comprimento de onda no que diz respeito ao meio de incidência dessa luz. Enquanto aos indicadores: explicações relacionadas ao índice de refração como fator que provoca o desvio da luz; descrições sobre a luz se aproximar da reta normal ou formar um ângulo menor; indicação de fenômenos ou leis específicas, como a Lei de Snell; descrições de como o índice de refração afeta o comprimento de onda, com observações de que um índice maior resulta em comprimento de onda menor e explicações gerais ou específicas sobre como a velocidade de propagação diminui ao entrar em um meio com um índice maior.

No que se refere à terceira atividade, foram analisadas as variáveis correspondentes à relação entre temperatura e comprimento de onda e cor mais quente. E os indicadores foram: descrições sobre o “pico da curva” aumentar ou diminuir conforme a temperatura muda; explicações que conectam o aumento da temperatura a um menor comprimento de onda e a diminuição da temperatura a um maior comprimento de onda; indicações gerais

sobre a proporcionalidade inversa entre temperatura e comprimento de onda. E quanto à cor mais quente: afirmações que indicam se o azul é percebido como mais quente, relacionado à sua intensidade ou se a frequência é maior.

E com relação à quarta atividade analisou-se as variáveis pertinentes à observação e formação das cores e percepção da luz branca e amarela representadas nas simulações, levando aos seguintes indicadores: descrições da formação de cores ao combinar luzes de diferentes intensidades, especialmente com relação à cor branca quando as três cores primárias (vermelho, verde, azul) estão em seu nível máximo; explicações sobre a mistura gradativa das cores, resultando em outras cores antes de alcançar o branco; compreensão da natureza das cores e sua dependência da intensidade ou quantidade de fótons para formar diferentes tonalidades; explicações sobre como a luz amarela ou de outras cores passa ou é filtrada, permitindo a percepção apenas da cor correspondente; observações sobre a luz branca como uma combinação de fótons de diversas cores, ou referências ao espectro visível, como no arco-íris, para explicar a formação das cores e posicionamento sobre a percepção visual, como a intensidade das cores ou o entendimento de que o azul tem frequência mais alta e, portanto, parece mais quente.

Esse procedimento destacou que a introdução do PhET na metodologia não foi aleatória, mas uma escolha baseada em um diagnóstico específico que identificou a necessidade de diversificação metodológica, alinhada com o modelo TPACK e com as tendências de ensino interativo e tecnológico defendidas pela BNCC.

### 1.3 PERCURSO METODOLÓGICO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Antes da execução da Sequência Didática (SD), optou-se por apresentá-la aos participantes da pesquisa, visando garantir que todos compreendessem cada momento estabelecido, o que facilitaria sua participação. Outro aspecto importante foi a introdução ao site PhET Colorado e às simulações utilizadas no estudo da Óptica, uma vez que os estudantes estavam acessando os simuladores virtuais pela primeira vez. Essa apresentação teve como objetivo orientar os estudantes sobre o manuseio das ferramentas disponíveis.

É fundamental explicar os objetivos, os procedimentos e as vantagens que os simuladores virtuais oferecem para os processos de ensino e aprendizagem relacionados aos objetos de conhecimento da Física, para motivar os estudantes a interagir de maneira mais efetiva com esse novo recurso.

Nesse sentido, a Sequência Didática (SD) foi elaborada com base no modelo TPACK, que serve como guia para a abordagem dos objetos de conhecimento por meio dos simuladores virtuais PhET. Abaixo, apresenta-se um fluxograma que ilustra as etapas do planejamento e os momentos de aplicação das atividades propostas.

### Fluxograma 2. Etapas do planejamento da Sequência Didática.



Fonte: Autora da pesquisa, elementos dos constructos de Andrade, Alencar, Coutinho (2019).

Conforme a Base Nacional Comum Curricular — BNCC, o termo competência apresenta uma definição de forma geral que contempla todas as áreas de ensino e aprendizagem.

Competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos) habilidades (práticas cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. (BRASIL, p.8, 2018).

De maneira geral, o objetivo desta Sequência Didática é que os estudantes se tornem sujeitos pensantes, formadores de ideias e tomadores de decisões sábias diante das diversas situações que vivenciam, seja na família, na escola ou na sociedade. Espera-se que desenvolvam atitudes práticas que os capacitem, por exemplo, a escolher um curso universitário ou a decidir entre comprar um celular ou pagar por um curso preparatório. Essas demandas estão em consonância com o que estabelece a BNCC, que visa à formação de cidadãos preparados para o exercício da cidadania e para o ingresso no mercado de trabalho.

Entre as dez competências gerais definidas pela BNCC, quatro são fundamentais para os estudantes alcançarem esse objetivo. A primeira é o conhecimento, pois sem ele não há aprendizado nem produção do novo. A segunda é a comunicação, essencial para a troca de saberes. A terceira é a argumentação, que permite defender ideias e opinar sobre diferentes assuntos, promovendo um ambiente de debate. Por fim, o pensamento científico, crítico e criativo é crucial, por envolver o desenvolvimento integrado de ações investigativas e capacidades de mudança, essenciais para a tomada de decisões e a resolução de problemas. Essas competências são indispensáveis para que os estudantes se tornem participantes ativos de seu processo de aprendizagem.

Quanto às competências específicas destinadas às Ciências da Natureza e suas Tecnologias, conforme a BNCC, todas estão alinhadas ao contexto apresentado. Os estudantes estão rodeados de fenômenos naturais e tecnológicos, vivendo em um mundo dinâmico e em constante transformação. Assim, é fundamental desenvolver as habilidades dessas competências para utilizar o conhecimento de forma crítica, avaliar as potencialidades e os riscos do uso de certos materiais e aplicar esse conhecimento utilizando a linguagem das Ciências da Natureza (BRASIL, 2018, p. 539).

### **1.3.1 Descrição das etapas do planejamento da sequência didática**

Antes da escolha do objeto de conhecimento para a 2ª série do ensino médio, foi realizada uma análise dos demais conteúdos abordados no estudo da Física, conforme o plano de ensino da escola. Optou-se pela Óptica, que se refere ao estudo da luz e da radiação, devido à sua relevância na vida cotidiana, especialmente no que diz respeito à visão, um dos sentidos mais importantes para os seres humanos. Após a definição do objeto de conhecimento, foram selecionadas as competências gerais e específicas relacionadas a ele, assim como as habilidades da BNCC (Base Nacional Comum Curricular), que assegura direitos de aprendizagem essenciais e desenvolvimento em diversos contextos escolares.

As habilidades, conforme apontado pela BNCC (2018) constituem conjuntos de aprendizagens essenciais que os estudantes devem desenvolver para atender às suas competências. Nesse contexto, as habilidades esperadas com a aplicação da Sequência Didática são as quatro apresentadas no quadro 3, codificadas e descritas no plano de aula, que pode ser consultado nos apêndices do Produto Educacional dessa dissertação.

Assim, todo o planejamento está interligado à unidade temática exigida pelo currículo escolar, que, neste caso, é “Matéria e Energia”, englobando a Óptica e seus fenômenos e instrumentos ópticos. O objetivo é elaborar e executar a sequência didática desta pesquisa de acordo com a proposta da escola, que se baseia na BNCC.

Ao conectar o objeto de conhecimento, as competências e habilidades, a estratégia metodológica, os recursos necessários e os critérios de avaliação, o modelo de Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (TPACK) é incorporado ao processo. O TPACK é um modelo pedagógico essencial para dinamizar a prática docente. Como afirma Nakashima (2014, p. 186), “o TPACK é uma lente dinâmica que descreve o conhecimento docente necessário para projetar, implementar e avaliar o currículo, a aprendizagem e o ensino por meio da tecnologia.”

Neste contexto, o professor atua como mediador, facilitando a aprendizagem dos estudantes ao integrar todo o processo educativo. O objetivo é obter os melhores resultados possíveis, planejando, organizando e orientando, além de utilizar recursos adequados que conduzam os estudantes a realizarem suas próprias ações. O professor intervém sempre que necessário, garantindo uma aprendizagem de qualidade, conforme destaca Siqueira (2023, p. 82): “sendo o professor um mediador no processo de ensino e aprendizagem”.

Para dar início à execução da Sequência Didática, promovemos uma roda de conversa, que marca o desenvolvimento do primeiro momento. Nesse espaço, identificamos e registramos o conhecimento prévio dos estudantes sobre Óptica de forma geral, sem nos aprofundarmos em suas partes específicas. Essa interação nos permitiu perceber como os fenômenos luminosos e suas ações estão presentes no cotidiano da turma, especialmente quando alguém relaciona a luz à visão. A roda de conversa, portanto, serviu como uma ferramenta de avaliação diagnóstica.

Na continuidade do processo de ensino, introduzimos a plataforma PhET Colorado, que oferece diversas simulações interativas. O acesso é realizado diretamente pelo site, que requer conexão à internet para funcionar. A plataforma PhET proporciona uma maneira prática e visual de explorar conceitos previamente trabalhados em aulas expositivas, ampliando a compreensão dos estudantes sobre os conteúdos abordados, que podem acessar os simuladores gratuitamente pelo site do PhET Colorado.

Entre as tecnologias utilizadas, destacam-se as simulações em HTML5, que permitem o uso em qualquer navegador moderno, sem a necessidade de plugins adicionais. Para aqueles que desejam utilizar os simuladores offline, também é possível baixá-los e executá-los em computadores, notebooks ou tablets. Cada simulador aborda um tema específico, permitindo que os estudantes visualizem diretamente as interações e os fenômenos discutidos anteriormente em aula.

Após a abordagem dialogada e as orientações sobre o acesso à plataforma e aos simuladores virtuais PhET, inicia-se a aplicação das quatro atividades propostas. Cada

atividade começa com a apresentação de uma situação-problema, projetada para estimular o interesse e a participação ativa da turma. Em seguida, os estudantes são desafiados a resolver uma tarefa alinhada às simulações interativas do PhET, utilizando o conhecimento adquirido ao longo do processo. Essa abordagem não só incentiva o raciocínio crítico e a resolução de problemas, mas também permite que os estudantes apliquem diretamente os conceitos teóricos nas simulações, promovendo uma aprendizagem mais prática e envolvente (atividades propostas estão nos apêndices de 1 a 4 no final dessa dissertação).

Ao final da execução de todas as atividades, foi aplicado um questionário contendo afirmações elaboradas segundo a escala Likert, variando de “concordo totalmente” a “discordo totalmente” (anexo 5). O objetivo desse questionário foi verificar as contribuições da sequência didática aplicada, além dos interesses dos estudantes em relação ao ensino e à aprendizagem da Óptica por meio dos simuladores virtuais PhET. Esse momento permitirá avaliar a eficácia dessa estratégia metodológica na compreensão dos fenômenos físicos desenvolvidos com os simuladores selecionados.

A Sequência Didática utilizada nesta pesquisa está fundamentada no modelo TPACK. Para isso, foram utilizados elementos de seus constructos (quadro 5), onde a metodologia de ensino é adequada ao tema abordado, utilizando a estratégia tecnológica dos simuladores virtuais PhET. Essa integração de conhecimentos visa desenvolver atividades planejadas, estimulando o pensamento científico, crítico e criativo, conforme estabelece a BNCC.

Para facilitar a compreensão do desenvolvimento da Sequência Didática (SD), apresentamos um quadro que descreve os quatro momentos indicados anteriormente. Cada momento destaca o objeto de conhecimento estudado, os objetivos propostos, as situações-problema envolvidas e as orientações metodológicas utilizadas, conforme demonstrado a seguir.

**Quadro 4.** Sequência Didática (SD) desenvolvida.

Aulas CH./SM	Tema/conteúdos	Objetivos	Situação-problema	Orientações metodológicas
<b>1º Momento</b> 1ª/2ª(2h)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Simuladores virtuais PhET</li> <li>— Tecnologia digital</li> <li>— Óptica (luz e radiação)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Apresentar a Sequência Didática (SD) elaborada para os estudantes terem conhecimento de seu conteúdo, motivando assim a participação da turma.</li> <li>— Diagnosticar o conhecimento dos estudantes sobre o uso de simuladores virtuais (tecnologias digitais) aplicados ao ensino da óptica, com ênfase no estudo da luz e radiação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Em algum momento do ensino médio, você desenvolveu atividades de Física utilizando simuladores virtuais PhET? Conhecem essa tecnologia digital? Será que ela ajuda na compreensão dos conteúdos da luz e de radiação que nos cercam?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Apresentação da SD por meio de Data show, explicando seu desenvolvimento no decorrer das quatro atividades propostas.</li> <li>— Roda de conversa guiada para os estudantes expressarem seus conhecimentos sobre simulações virtuais PhET (tecnologias digitais) no ensino de Física.</li> </ul>
<b>2º Momento</b> 3ª/4ª(2h)	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Plataforma PhET e simuladores virtuais.</li> <li>— Óptica geométrica</li> <li>— Óptica física.</li> <li>— Espelhos.</li> <li>— Lentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Apresentar a Plataforma PhET Colorado, orientando os estudantes a utilizarem os simuladores virtuais.</li> <li>— Diagnosticar o conhecimento dos estudantes sobre óptica, com ênfase no estudo da luz e radiação, considerando sua relação com o funcionamento da visão humana.</li> <li>— Classificar uma fonte de luz com base em diferentes critérios, como: produção: luz primária (emite luz própria) ou secundária (reflete a luz de outra fonte). Tamanho: fonte puntiforme (pequena) ou extensa (grande). Emissão: monocromática (luz de uma única cor) ou policromática (luz composta por várias cores).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Para enxergarmos, é fundamental que a luz se propague até os olhos e atinja o cristalino. Qual é a natureza da luz e como se processa essa propagação até o nosso sistema visual? (1ª Atividade)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Apresentação da Plataforma PhET e dos simuladores selecionados para esta pesquisa por meio de Data show.</li> <li>— Utilização do simulador virtual PhET 'Óptica Geométrica: Noções Básicas' para relacionar conceitos e definições, além de explicar e descrever o processo de formação de uma imagem.</li> </ul>
<b>3º momento.</b> 5ª/6ª(2h)	<p>FENÔMENOS ÓPTICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Reflexão</li> <li>— Refração</li> <li>— Absorção</li> <li>— Dispersão</li> </ul> <p>ESPECTRO DE CORPO NEGRO</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Reconhecer os principais fenômenos da óptica geométrica, estabelecendo conexões com situações cotidianas, como a reflexão, refração e dispersão da luz.</li> <li>— Classificar o comportamento de diferentes meios físicos em relação à propagação da luz, identificando-os como transparentes (permitindo a passagem total da luz), translúcidos (permitindo a passagem parcial) ou opacos (impedindo a passagem da luz).</li> <li>- Descrever a variação do espectro de radiação de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Considerando que a luz interage com a matéria provocando diversos efeitos, qual é o papel da luz para os seres vivos e quais fenômenos físicos estão envolvidos nesse processo de interação?</li> <li>— A radiação eletromagnética é um fenômeno que pode trazer benefícios à sociedade, mas também pode ser prejudicial à saúde. Em quais situações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Utilização do simulador virtual PhET 'Desvio da Luz' para relacionar conceitos e definições, além de explicar e descrever como a luz se desvia ao passar por diferentes meios e como sua velocidade se comporta nesse processo.</li> <li>— Utilização do simulador virtual PhET 'Espectro do Corpo Negro' para relacionar conceitos e</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Corpo negro</li> <li>— Lei de Planck</li> <li>- Radiação eletromagnética</li> <li>— Astronomia</li> </ul>	<p>um corpo negro à medida que sua temperatura aumenta ou diminui, explicando como a cor e a intensidade da radiação emitida mudam em função da temperatura.</p> <p>— Relacionar o fenômeno da refração da luz a eventos atmosféricos, como a formação do arco-íris, e a sua influência em fenômenos como a observação astronômica e a formação de imagens em diferentes meios.</p>	do cotidiano ela se faz presente?	definições, além de descrever as mudanças no espectro de um corpo negro à medida que a temperatura aumenta ou diminui.
<p><b>4º</b> <b>Momento</b>  7ª/8ª(2h)</p>	<p>VISÃO COLORIDA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Fótons</li> <li>— Luz monocromática</li> <li>— Luz branca</li> <li>— Arco-íris</li> </ul> <p>QUESTIONÁRIO</p>	<p>— Reconhecer as principais estruturas ópticas do olho humano e compreender como elas funcionam no processo de visão, como a córnea, cristalino, retina e seus papéis na formação de imagens.</p> <p>— Compreender a percepção da cor de um corpo como resultado da reflexão difusa da luz, e entender como a cor de uma fonte primária policromática surge da mistura de diferentes cores.</p> <p>— Verificar os interesses e as percepções dos estudantes da 2ª série do ensino médio em relação ao desenvolvimento da Sequência Didática (SD) utilizando os Simuladores Virtuais PhET.</p>	<p>— A luz visível é a parte do espectro eletromagnético que possui energia suficiente para provocar reações químicas nos fotorreceptores da retina, as quais são interpretadas pelo cérebro. Com base nessa afirmação, como se estabelece a associação entre a visão e as cores?</p>	<p>— Utilização do simulador virtual PhET 'Visão Colorida' para relacionar conceitos e definições, determinar a cor percebida em várias combinações de luz vermelha, verde e azul, e descrever a cor da luz que passa por diferentes filtros coloridos.</p> <p>— Aplicação de um questionário (impresso) de maneira individual.</p>

Fonte: Autora da pesquisa 2024.

## 1.4 MOMENTOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD) DESENVOLVIDA

A Sequência Didática foi desenvolvida em 4 momentos de duas horas cada um, nesse caso contemplando 8 aulas, sendo estas aplicadas desde a apresentação da proposta didática da pesquisa, até a aplicação do questionário, o qual teve a finalidade de verificar os interesses dos estudantes com relação à utilização dos Simuladores Virtuais PhET do Colorado como estratégia metodológica.

**Fluxograma 3.** Desenvolvimento da Sequência Didática



Fonte: Autora da pesquisa 2024.

### 1.4.1 Descrição do primeiro momento (1ª e 2ª aulas)

A aplicação da pesquisa científica começou com a apresentação da Sequência Didática (SD), um elemento fundamental para orientar o trabalho pedagógico e alcançar os objetivos propostos. Foi crucial que todos os participantes do estudo fossem informados sobre a temática da pesquisa, seus objetivos e contribuições, além das etapas em que estariam envolvidos. Isso se fez necessário, pois os participantes eram agentes do processo educacional e tinham a liberdade de decidir se desejavam ou não participar da proposta de ensino. Durante essa apresentação, explicamos concisamente a relevância do tema, ressaltando que o envolvimento deles era essencial para o estudo.

Na sequência, realizamos uma roda de conversa visando descobrir os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a utilização de simuladores virtuais nas aulas de Física, tanto para a compreensão de conceitos físicos quanto para a resolução de problemas. Essa roda de conversa foi guiada por questões como: “Em algum momento do ensino médio, você desenvolveu atividades de Física utilizando simuladores virtuais PhET? Conhecem essa

tecnologia digital? Será que ela ajuda na compreensão dos conteúdos da luz e de radiação que nos cercam?”

Nesse contexto, promovemos um diálogo ativo, ouvindo atentamente os participantes e registrando suas respostas, o que contribuiu para a elaboração das atividades e posteriormente o desenvolvimento destas.

#### **1.4.2 Descrição do segundo momento (3ª e 4ª aulas)**

Após a apresentação da Sequência Didática (SD) e a realização da Avaliação Diagnóstica, introduzimos a plataforma PhET Colorado para a utilização de simuladores virtuais. Para esta pesquisa, foram selecionados quatro simuladores distintos, cada um com objetivos específicos, mas todos voltados para o entendimento da luz e da radiação presentes em nosso cotidiano.

Nesse momento, realizamos as primeiras orientações e demonstrações para que os estudantes se familiarizassem com o uso dos simuladores, incentivando sua participação autônoma em todas as atividades propostas.

Em cada aula, os estudantes são desafiados a responder a um questionamento inicial, o que os leva a refletir sobre o tema antes de interagir com o simulador. Essa estratégia facilita a assimilação de novos conceitos, ao conectar o novo conteúdo ao que já foi aprendido. Somente após responder ao questionamento, os estudantes iniciam a atividade por meio da plataforma PhET, acessando-a em duplas. Essa abordagem visa incentivar a colaboração e facilitar a compreensão do aprendizado.

Na primeira atividade proposta, os estudantes são desafiados a explorar o simulador PhET “Óptica Geométrica: Básico” para investigar as propriedades da luz. O objetivo é verificar se eles conseguem identificar e classificar uma fonte de luz com base em três critérios:

1. Quanto à produção: primária (emissora de luz própria) ou secundária (que reflete a luz de outra fonte).
2. Quanto ao tamanho: Puntiforme (uma fonte pequena, considerada um ponto de luz) ou extensa (uma fonte maior, como uma lâmpada fluorescente).
3. Quanto à emissão: monocromática (emite luz de uma única cor) ou policromática (emite luz composta por várias cores).

Durante a atividade, os estudantes são orientados a relacionar essas características com situações do cotidiano, como a luz emitida por lâmpadas, o reflexo de objetos ou a luz solar. Essa abordagem promove a aplicação prática dos conceitos, permitindo que todos

utilizem o conhecimento de óptica geométrica em situações reais, identificando e explicando o comportamento da luz em fenômenos naturais e artificiais (EM13CNT103). A atividade desenvolvida pode ser encontrada no apêndice 1.

#### **1.4.3 Descrição do terceiro momento (5ª e 6ª aulas)**

Para dar continuidade ao desenvolvimento das atividades, iniciamos com um questionamento norteador que visa ativar o conhecimento prévio dos estudantes sobre os temas abordados. Essa abordagem é fundamental para promover o engajamento e estimular a curiosidade dos estudantes participantes.

Na primeira atividade, os estudantes irão explorar o simulador “Desvio da Luz”. A proposta é que, em duplas, expliquem como ocorre a formação de imagens e como diferentes parâmetros, como a intensidade da luz e o ângulo de incidência, podem provocar alterações nessa formação. O objetivo é desenvolver a capacidade de argumentar e justificar suas explicações sobre a formação de imagens, fundamentando-se em evidências obtidas por meio da experimentação (EM13CNT103).

Na segunda atividade, o foco será o simulador “Espectro do Corpo Negro”. Os estudantes deverão descrever o que acontece com o espectro à medida que a temperatura aumenta ou diminui. Além disso, deverão identificar qual corpo é considerado mais quente, observando o nível de densidade e o comprimento de onda emitido. Nesta atividade, os estudantes devem analisar e interpretar o espectro eletromagnético e suas relações com a temperatura, compreendendo como a radiação térmica é emitida por corpos nas suas diferentes temperaturas (EM13CNT104).

#### **1.3.4 Descrição do quarto momento (7ª e 8ª aulas)**

Continuando o desenvolvimento das atividades, inicia-se com um questionamento que instiga os estudantes a refletirem sobre a relação entre visão e cores: “Como se estabelece a associação entre visão e cores?” Esse questionamento visa ativar o conhecimento prévio dos estudantes e promover a curiosidade em relação ao tema.

Após as discussões e a apresentação das possíveis respostas, os estudantes têm acesso à plataforma PhET e ao simulador “Visão Colorida”. Este simulador oferece uma rica oportunidade de explorar as propriedades da luz monocromática e policromática, permitindo que a turma observe a composição e a decomposição da luz, bem como a propagação dos fótons. Nesse momento, são desafiados a descreverem como as cores são constituídas por meio da combinação de outras cores. Eles devem reconhecer as principais estruturas ópticas do olho humano e entender como essas estruturas funcionam no processo

de visão. Além disso, precisam perceber que a cor de um corpo é formada pela reflexão difusa da luz e a cor de uma fonte primária policromática resulta da mistura de cores. Com a realização das atividades, os estudantes devem investigar a composição da luz e as cores, utilizando ferramentas digitais para simular e experimentar diferentes combinações de cores e seus efeitos na visão (EM13CNT201).

Todas as atividades descritas estão diretamente relacionadas às habilidades da BNCC, especialmente ao código (EM13CNT306), que trata dos conceitos fundamentais da óptica. Os estudantes são incentivados a:

- Explorar os fenômenos de reflexão, refração e dispersão da luz, entendendo como eles influenciam a percepção de imagens e cores no cotidiano.
- Compreender o comportamento da luz em diferentes meios de propagação e como a luz interage com superfícies e materiais variados.
- Analisar o papel das lentes e espelhos esféricos na formação de imagens, promovendo o desenvolvimento de habilidades para identificar aplicações práticas da óptica geométrica.
- Investigar o processo de visão e percepção de cores, compreendendo como os olhos humanos e a luz se relacionam na formação das cores que percebemos.

Essas atividades promovem um aprendizado experimental e significativo, alinhado às competências da BNCC, desenvolvendo habilidades científicas e críticas nos estudantes. A relação entre teoria e prática ajuda-os a aplicar o conhecimento de óptica física e geométrica em contextos reais, preparando-os para solucionar problemas e compreender fenômenos do mundo natural e tecnológico.

### 1.5 SIMULADORES VIRTUAIS UTILIZADOS NO SITE PHET COLORADO

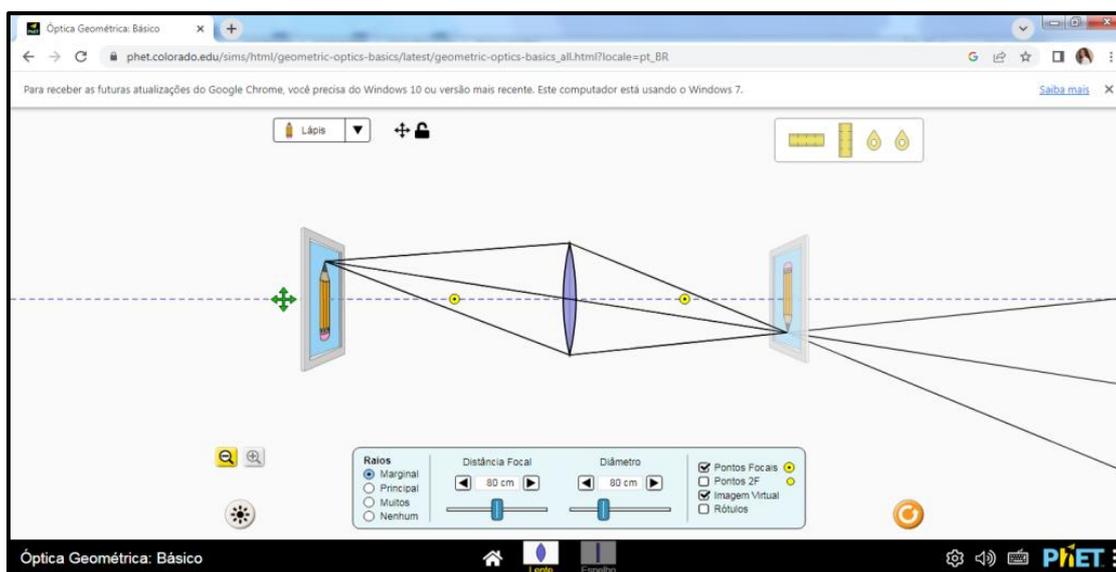
O portal PhET Colorado oferece simulações interativas em diversas áreas do conhecimento, incluindo Física, Química, Matemática, Ciências da Terra e Biologia. Essas simulações contribuem para uma compreensão mais profunda e integrada dos conceitos abordados em sala de aula.

No componente curricular de Física, especialmente no estudo de Óptica (luz e radiação), foram utilizados quatro simuladores distintos, cada um, explorado em aulas diferentes, com objetivos específicos previamente definidos. A seguir, apresentamos as figuras dos simuladores virtuais utilizados.

Conforme afirmam Queiroz, Silva e Medeiros (2023), “o PhET permite conduzir estudantes a um comportamento mais ativo no processo de ensino”, facilitando a

compreensão de conceitos científicos. Ao explorar e analisar fenômenos científicos de forma mais dinâmica e intuitiva, os estudantes vivenciam uma experiência de aprendizagem significativa. Nessa abordagem, eles têm a oportunidade de testar hipóteses, ajustar parâmetros e explorar diferentes cenários, enriquecendo sua compreensão dos conceitos implícitos.

**Figura 1.** Simulador virtual PhET “Óptica Geométrica básico”

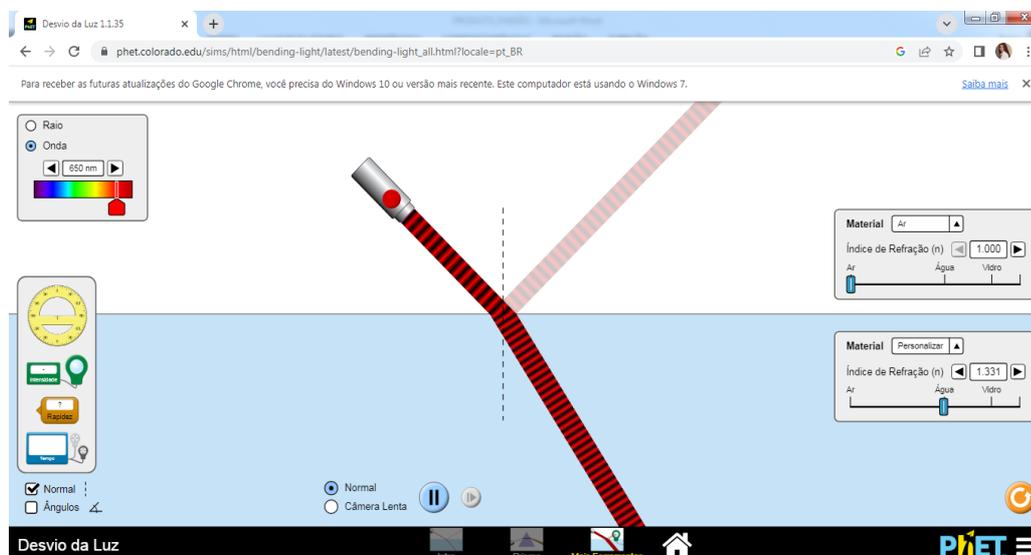


Fonte: <https://phet.colorado.edu/> (2024)

O tema abordado neste simulador foi “Óptica física e óptica geométrica”. A demonstração realizada possibilitou aos estudantes compreender esses dois ramos da óptica, além de entender a formação de imagens em espelhos planos e lentes convergentes por meio de diagramas de raios. Os estudantes puderam observar parâmetros importantes, como a distância focal, o diâmetro das lentes, bem como a ampliação, o brilho e a inversão nas imagens formadas por espelhos. Essa análise ajudou a esclarecer como esses fatores influenciam a posição onde a imagem é formada.

Assim, buscou-se atender às habilidades da BNCC 103 e 104, conforme apresentado na descrição desta aula. As simulações realizadas ampliaram o entendimento dos estudantes sobre a reflexão de raios luminosos e ondas luminosas que ocorrem por meio de espelhos e lentes convergentes, facilitando, assim, o aprendizado (Freitas, 2022, p. 33).

**Figura 2.** Simulador Virtual PhET “Desvio da luz”

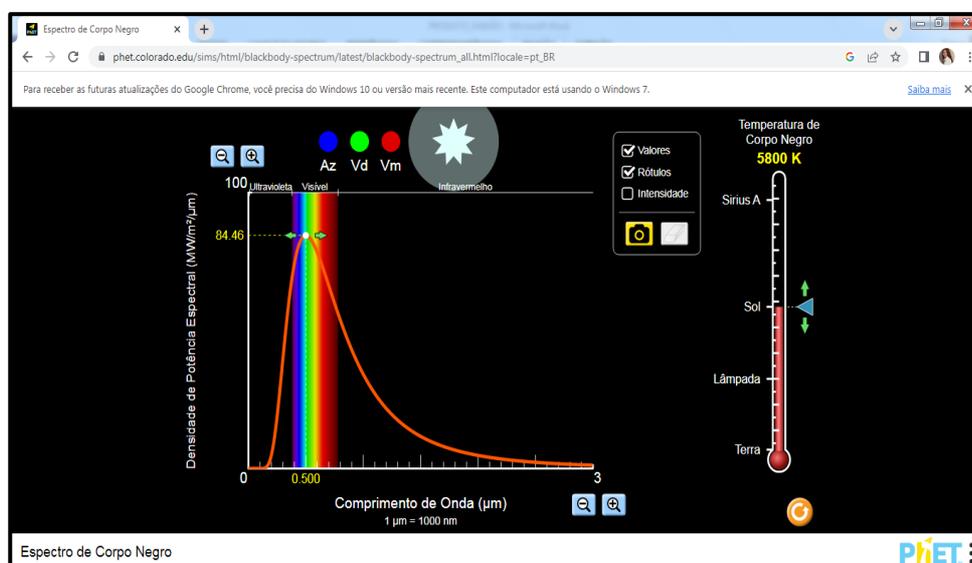


Fonte: <https://phet.colorado.edu/> (2024).

Este simulador proporciona a visualização e análise de fenômenos relacionados à reflexão, refração, absorção e dispersão da luz ao interagir com diferentes meios ópticos. Ele permite a simulação tanto de raios luminosos quanto de ondas luminosas, facilitando a compreensão dos princípios físicos envolvidos nesses processos e atendendo à habilidade 103, conforme mencionado na descrição do segundo momento, aulas 3 e 4.

Segundo Oliveira (2021, p. 31), “as simulações são intuitivas e proporcionam aos seus usuários interação e discussões colaborativas, permitindo que os fenômenos em estudo sejam deduzidos de forma prática e ilustrativa”. Nesse sentido, os estudantes são instigados a responder à atividade proposta (apêndice 2) a partir da exploração desse simulador, cientes de que já possuem conhecimento prévio sobre o assunto, trabalhado anteriormente por meio de uma abordagem explicativa.

**Figura 3.** Simulador virtual PhET “Espectro do corpo negro”.



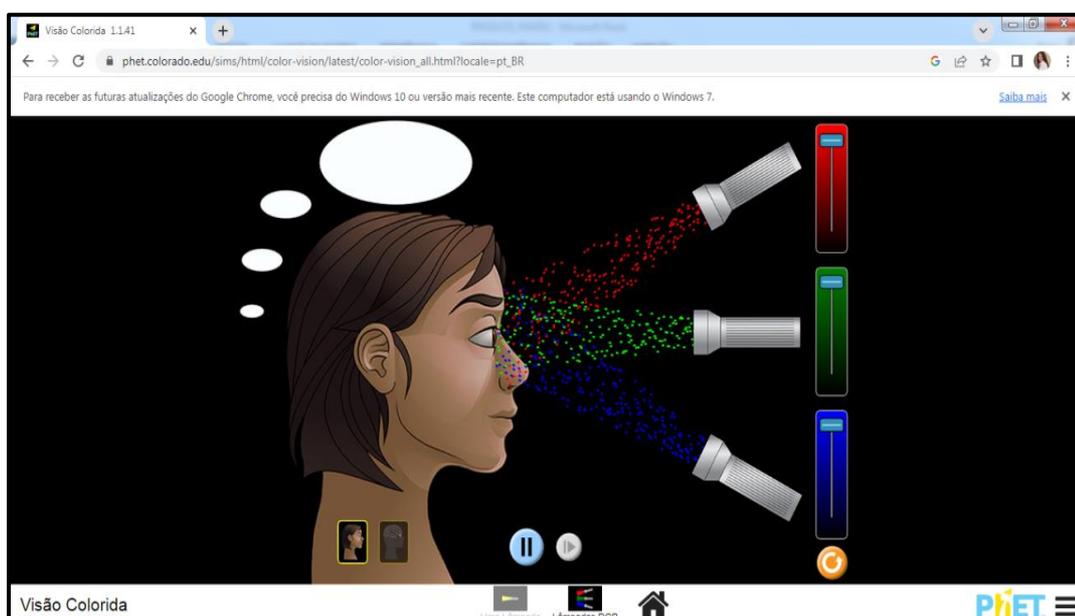
Fonte: <https://phet.colorado.edu/> (2024).

O conteúdo abordado neste simulador foi o “Espectro de um corpo negro”. As animações disponíveis permitem compreender que um corpo negro é um meio que absorve toda a energia incidente sobre ele, e que o espectro resultante está diretamente relacionado à temperatura do corpo. Por meio do simulador, é possível analisar a forma e o pico da curva espectral, além de identificar a diferença entre corpos quentes e frios, observando o comportamento do comprimento de onda gerado. Esse tema atende diretamente às habilidades previstas na BNCC:

- (EM13CNT103): Compreender e explicar os processos de absorção e emissão de energia por diferentes materiais, analisando como esses fenômenos estão presentes no cotidiano e em tecnologias aplicadas.
- (EM13CNT201): Investigar a relação entre energia térmica e radiação, observando como a temperatura influencia a emissão de radiação e o comportamento dos corpos em situações práticas.
- (EM13CNT301): Analisar os fenômenos de emissão de radiação por corpos quentes e frios, como o espectro de corpo negro, correlacionando esses fenômenos a propriedades físicas como comprimento de onda e intensidade.

De acordo com Silva et al. (2021, p. 16), “o uso da simulação computacional PhET sobre a radiação de corpos negros é fundamental para os estudantes poderem analisar as variações nas situações que determinam a espectrometria emitida por esses corpos.

**Figura 4.** Simulador virtual PhET “Visão colorida”



Fonte: <https://phet.colorado.edu/>.

Neste simulador, é possível relacionar cores à visão, compreendendo que os fenômenos dos fótons, luz monocromática, luz policromática, bem como a composição e decomposição da luz, se complementam. Essas interações são fundamentais para podermos enxergar o mundo ao nosso redor, além de evidenciar que a mistura de todas as cores resulta na cor branca; em outras palavras, quando as cores emanam da luz branca, todas elas são refletidas.

As simulações utilizadas têm o propósito de promover uma compreensão mais profunda dos conceitos e definições dos fenômenos físicos, oferecendo uma abordagem interativa e visual para temas complexos. Nesse contexto, a resolução de problemas vai além dos cálculos formais, pois o simulador possibilita visualizar e solucionar questões práticas, como a decomposição da luz ou a interação de fótons, que seriam mais difíceis de entender apenas por meio de aulas expositivas.

Embora seja possível incluir cálculos, o foco da metodologia foi permitir que os estudantes explorassem e compreendessem os conceitos de forma prática, aproximando-se da realidade física por meio de simulações. Isso favorece a resolução de problemas complexos, que requerem um entendimento integrado de diferentes fenômenos, promovendo o desenvolvimento de habilidades cognitivas e a aplicação dos conhecimentos adquiridos em situações do cotidiano, conforme enfatiza a BNCC, por meio das habilidades descritas no quarto momento, nas aulas 7 e 8 da pesquisa.

A utilização dos simuladores virtuais PhET é de enorme relevância para os estudantes, por propiciar experiências de aprendizagem que não são adquiridas apenas por meio de aulas expositivas. Esses simuladores associam a teoria à prática, como esclarece Macêdo et al. (2012, p. 575): “a utilização de simulações planejadas pode provocar uma mudança nas atitudes dos alunos, levando, em muitas ocasiões, à formação de pequenos grupos de trabalho, criando oportunidades para discussão e cooperação”.

## 1.6 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

O projeto apresentado foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Roraima — CEP/UERR, onde se baseia na Resolução 510/16, que por sua vez dispõe a respeito das normas aplicáveis em pesquisas sobre Ciências humanas e sociais respeitando e garantindo o direito dos participantes, bem como o respeito pela dignidade humana e proteção a vida, considerando assim que o agir ético do pesquisador demanda ação consciente e livre do participante. (BRASIL, 2016, p.44). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Estadual de Roraima

(UERR) conforme o parecer 6.594.625 que tem como CAAE 76036923.7.00005621, em 20 de dezembro de 2023 (anexo 7).

Para atender as exigências da Resolução mencionada e a realização da pesquisa foram considerados os seguintes documentos: (1) Declaração de compromisso, como garantia para o desenvolvimento do estudo (anexo 1); (2) Termo de confidencialidade (anexo 2), (3) Registro de Consentimento Livre Esclarecido — RCLE, na língua portuguesa (anexo 3), (4) Registro de Consentimento Livre Esclarecido — RCLE, na língua espanhola (anexo 4); (5) Termo de Assentimento Livre e Esclarecido — TALE (anexo 5) e (6) Carta de Anuência (anexo 6), a qual apresenta o consentimento para a aplicação da pesquisa.

Também foi considerada a autorização dos pais e/ou responsáveis por alunos menores de idade, onde estes assinaram o Registro de Consentimento Livre e Esclarecido (RCLE), bem como o aceite pelo próprio estudante, o qual assinou o Registro de Assentimento Livre Esclarecido (RALE). Não foram incluídos na pesquisa os estudantes que os pais e/ou responsáveis não devolveram RCLE devidamente assinados, os estudantes transferidos da unidade escolar e o estudante desistente da instituição de ensino.

A pesquisa teve riscos mínimos, conforme a Resolução 510/2016, podendo haver riscos como constrangimento, cansaço, estresse ou mesmo desinteresse quanto a participação e envolvimento nos momentos propostos, no entanto, o participante teve o direito de não se envolver ou participar da dinâmica de estudo ou mesmo ficar fora de alguns momentos até que se sinta à vontade e confortável para continuar, também a quebra de sigilo dos participantes, no entanto, para resguardar o sigilo, os dados serão mantidos em um computador com acesso restrito mediante senha pelos pesquisadores.

A pesquisa beneficiou os estudantes com uma estratégia metodológica diferenciada da costumeira, possibilitando outros benefícios quanto à utilização de recursos digitais (plataforma), visualização de fenômenos, que na teoria são considerados abstratos, de difícil compreensão, tornando os conceitos mais esclarecidos e entendidos.

Os participantes terão a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo, e nenhuma informação será compartilhada com pessoas que não fazem parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados deste estudo, os nomes dos participantes não serão mencionados; em vez disso, cada um será representado por um código único. A qualquer momento, antes, durante ou até o término da pesquisa, os participantes poderão entrar em contato para esclarecimentos e assistência sobre qualquer aspecto da pesquisa.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção do trabalho apresenta os fundamentos teóricos que sustentam a temática em discussão, organizados em subcapítulos que abordam aspectos relevantes para o desenvolvimento da pesquisa. A primeira parte explora o Modelo de Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (TPACK), que servirá como base para orientar a investigação, proporcionando uma estrutura que integra o uso de tecnologias digitais no ensino de conteúdos específicos.

A segunda parte foca nos simuladores PhET, desenvolvidos pela Universidade do Colorado, destacando sua relevância e o papel que desempenham no ensino de Física. Quando aliados ao modelo TPACK, esses simuladores podem potencializar a aprendizagem dos estudantes, oferecendo aos professores uma ferramenta eficaz para explorar conceitos complexos de forma interativa e visual.

A terceira parte oferece uma visão geral sobre as tecnologias digitais na educação, enfatizando como elas podem ser integradas aos objetos de conhecimento dos componentes curriculares, aprimorando a qualidade do processo educacional.

Por fim, a quarta parte discute o ensino de Física de maneira geral, enfatizando como as tecnologias digitais, especialmente os simuladores virtuais PhET, aliados ao modelo TPACK, contribuem para tornar o ensino mais dinâmico, acessível e eficaz.

### 2.1 CONHECIMENTO PEDAGÓGICO TECNOLÓGICO DO CONTEÚDO-TPACK

Segundo Neto (2023, p. 29), o TPACK é um modelo teórico proposto por Mishra e Koehler (2006), fundamentado na literatura internacional sobre o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK), que remonta a Shulman (1986). Este modelo foi desenvolvido para integrar conhecimentos que facilitem o processo de ensino por meio de recursos tecnológicos, formando um conjunto de elementos essenciais para potencializar a aprendizagem. Nessa integração, são considerados três componentes principais: o Conhecimento Pedagógico (PK), o Conhecimento Tecnológico (TK) e o Conhecimento de Conteúdo (CK).

Para Pereira (2022, p. 32), articular esses conhecimentos não são uma tarefa simples ao exigir que os professores não apenas dominem o conteúdo da disciplina em que atuam, mas também possuam habilidades tecnológicas e metodológicas que lhes permitam desenvolver o ensino e a aprendizagem de maneira eficiente. Isso implica a capacidade de identificar o que potencializa ou dificulta a compreensão dos conteúdos abordados.

Andrade, Alencar e Coutinho (2019) destacam que a interação do conhecimento, segundo o modelo TPACK, é crucial para auxiliar os processos educativos, sendo essa associação referida pelos autores como “constructos”.

**Quadro 5.** Síntese dos constructos que constituem o TPACK.

1	Conhecimento do conteúdo (CK)	Refere-se ao conhecimento que o professor domina dos conteúdos de sua disciplina.
2	Conhecimento Pedagógico (PK)	Trata de um conhecimento sobre os processos e práticas ou métodos de ensino e aprendizagem e como engloba, entre outras coisas, objetivos educacionais, valores e objetivos gerais. Esta é uma forma genérica de conhecimento que está envolvida em questões de aprendizagem dos alunos, gestão de sala de aula, desenvolvimento e implementação de planos de aula.
3	Conhecimento Pedagógico do conteúdo (PCK)	Por ser a interseção entre o conhecimento pedagógico e o conhecimento do conteúdo, vai além de uma simples relação entre conteúdo e pedagogia isoladamente. Representa a interação de conteúdo e pedagogia no que tange à organização, adaptação e representação do componente curricular para o ensino.
4.	Conhecimento Tecnológico (TK)	Aborda o conhecimento sobre a utilização de várias tecnologias, incluindo as tecnologias não digitais (quadro, pincel) assim como as digitais (computador, internet).
5.	Conhecimento Tecnológico de conteúdo (TCK)	Identifica a competência de escolher qual a tecnologia mais adequada para ensinar um determinado conteúdo e de como a tecnologia e o conteúdo se relacionam.
6	Conhecimento Pedagógico Tecnológico (TPK)	Apresenta o conhecimento de como as estratégias pedagógicas podem ser auxiliadas através da utilização da tecnologia.
7.	Conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo (TPACK)	Discrimina a base de um ensino qualificado com tecnologia, pressupondo compreensão da representação de conceitos usando as mesmas; técnicas pedagógicas que utilizam tecnologias de maneiras construtivas para ensinar conteúdo; conhecimento do que torna os conceitos difíceis ou fáceis de aprender e como a tecnologia pode ajudar a resolver alguns dos problemas que os alunos enfrentam.

Fonte: Andrade, Alencar, Coutinho (2019, p.175).

Observa-se no quadro explicativo que o TPACK contempla as áreas de conhecimento necessárias para tornar o ensino diferenciado, de modo que a aprendizagem seja significativa, pois o modelo considera aprendizagem significativa àquela que ocorre com a integração eficaz do que é ensinado (conteúdo), como é ensinado (pedagógico) e o que foi utilizado para ensinar (tecnológico), que se trata de todos os componentes considerados importantes no âmbito educacional. Cada um tem sua essência separadamente,

contudo, ao unir-se, possibilita atender às necessidades dos estudantes, como aponta Cibotto e Oliveira (2017, p. 19).

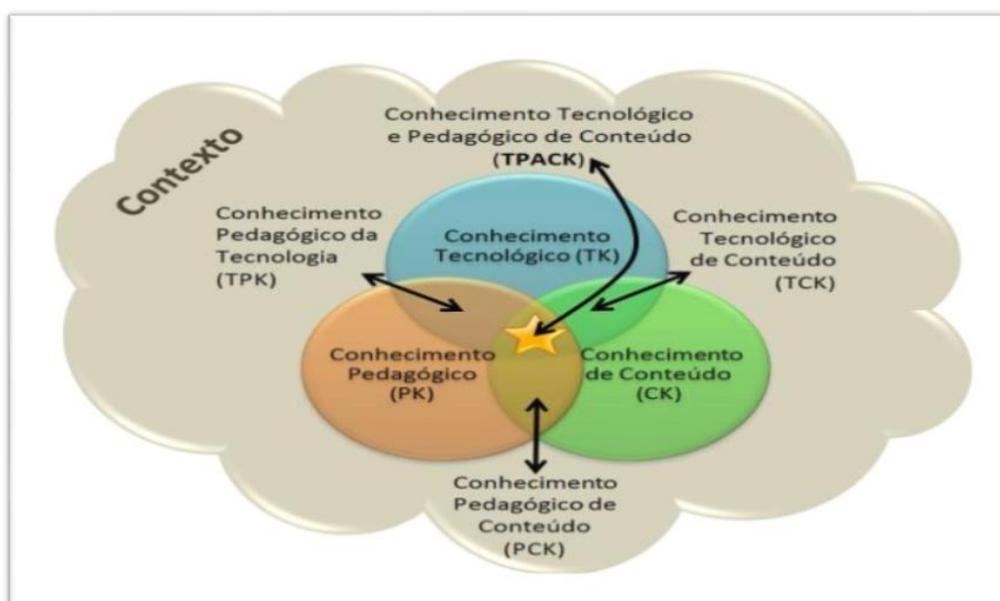
O TPACK não é igual ao conhecimento dos conceitos de seus componentes individuais e suas interseções. Vai além das múltiplas interações de seus três elementos-chave e engloba o ensino de conteúdos curriculares utilizando técnicas pedagógicas, métodos ou estratégias de ensino que utilizam adequadamente tecnologias para ensinar o conteúdo diferenciadamente segundo as necessidades de aprendizagem dos alunos.

Considerando as interações dos elementos-chave indicado pelos autores, o modelo TPACK poderá impactar positivamente no desenvolvimento do estudante, a exemplo, possibilitando sua capacidade de agir por si, despertando ações coletivas, que contribuam para o aprimoramento pela busca do conhecimento, além de provocar o interesse por novas pesquisas através da tecnologia digital.

Com base nessa interação entre conhecimentos, é importante que o professor faça a devida relação entre conteúdo, método de ensino e recurso tecnológico para desenvolver uma aula de qualidade. Se desenvolver atividades pensando somente no conteúdo em si já não é tarefa fácil, imagine considerando essas outras duas áreas. É indispensável, nesse contexto, “o professor saber que estratégia metodológica utilizar para cada conteúdo, bem como, por meio do que será ensinado, quais recursos podem fazer uso, dando assim qualidade no trabalho desenvolvido”. (Mazon, 2012, p. 32).

Cibotto e Oliveira (2017, p. 13) colocam em destaque como acontece a interseção entre os três tipos de conhecimento, ou seja, CK, PK e TK, os quais formam o TPACK.

**Figura 5.** Integração entre o conhecimento pedagógico, conhecimento tecnológico, conhecimento do conteúdo.



Fonte: Cibotto e Oliveira (2017, p. 13).

Como destacado pelo autor, é evidente que esse contexto oferece uma grande oportunidade de conduzir o processo de ensino de maneira dinâmica e significativa, facilitando a aprendizagem. Nesse sentido, são considerados elementos essenciais do processo educativo. O conhecimento de conteúdo abrange diversos conceitos, fatos, teorias e procedimentos. Já o conhecimento pedagógico envolve questões de planejamento, objetivos de aprendizagem, estrutura da sala de aula, estratégias e organização, entre outras situações. Por sua vez, o conhecimento tecnológico inclui diversos recursos e instrumentos, como acesso à internet, tecnologias digitais e outros mecanismos que são inerentes à prática docente.

Essa integração possibilita potencializar o aprendizado dos estudantes. Como afirmam Leone et al. (2022, p. 157), “as tecnologias digitais são recursos que potencializam as possibilidades de produção, divulgação e compartilhamento de conhecimentos”.

Nakashima e Piconez (2016, p. 234) complementam ao dizer que “o modelo TPACK expressa um saber diferenciado do conhecimento de especialistas em tecnologia, de professores de áreas específicas ou de profissionais que dominam a didática geral”. Essa diversidade de conhecimentos, embora complexa, quando bem compreendida e aplicada, permite alcançar resultados significativos que beneficiam toda a comunidade escolar.

As autoras ainda dizem que o TPACK “implica em conhecer os diferentes recursos tecnológicos e ter habilidades para escolher o mais apropriado para a realização de atividades específicas, denominar estratégias pedagógicas e ter habilidades para aplicá-las com o uso da tecnologia”. (NAKASHIMA, PICONEZ, 2016, p. 234).

O conhecimento tecnológico (TK), por exemplo, subsidia a pesquisa ao exigir a análise dos diferentes recursos tecnológicos disponíveis, como os simuladores do PhET, e sua aplicação prática no ensino de física, que se investiga como esses simuladores podem ser utilizados para abordar conceitos complexos, facilitando a compreensão dos estudantes, sendo este um “conhecimento necessário para compreender e utilizar as diversas tecnologias” (SILVA, BELISSIMO, MACHADO, 2021, p.18).

O conhecimento pedagógico (PK), por sua vez, ajuda na definição das abordagens pedagógicas mais adequadas para cada tipo de conteúdo, considerando os níveis de conhecimento dos estudantes, bem como metodologias que mais incentivam a aprendizagem ativa. Nessa pesquisa, o uso de estratégias investigativas combinadas com os simuladores PhET para a compreensão dos conceitos estudados. Como afirma Nakasima (2016, p.235), “o PK concentra-se no conhecimento do professor de atividades gerais para todos os

domínios de conteúdo, tais como aprendizagem por descoberta, aprendizagem cooperativa, aprendizagem baseada em problemas, dentre outros”.

Com base em Silva (2021, p. 17) o “CK é o conhecimento dos atos, conceitos e conhecimentos que existem em um domínio em particular, por exemplo, são os conteúdos que se deve aprender nas aulas de Física no segundo ano do Ensino Médio”, dessa forma esse conhecimento de conteúdo assegura compreender profundamente o conteúdo que está sendo ensinado e investigado. Esta pesquisa então foca em como a tecnologia pode apoiar o ensino de conteúdos específicos, como a óptica e seus fenômenos, e com a exploração dos simuladores PhET é possível visualizar diversos conceitos, na prática.

O conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo (TPACK) tem potencial para subsidiar os processos de ensino e aprendizagem, como um constructo integrado, permite à pesquisa examinar de forma holística como a tecnologia, pedagogia e conteúdo se complementam. A investigação foca em como a combinação dessas três dimensões pode melhorar o ensino de física e o engajamento dos estudantes, uma vez “que reúne os conhecimentos inerentes a um determinado campo específico das ciências” (MEDEIROS, BREVIAN, 2024, p.8).

## 2.2 SIMULADORES VIRTUAIS NO CAMPO EDUCACIONAL

Antes de abordar o Simulador PhET, é fundamental destacar que existem outros tipos de simuladores virtuais na educação, que visam aprimorar os processos educativos. Segundo Martins et al. (2020, p. 217), esses simuladores são “recursos que aprimoram as práticas de ensino e aprendizagem”, especialmente considerando que muitas escolas ainda não atendem satisfatoriamente a essa demanda, pois os recursos tecnológicos frequentemente estão ausentes.

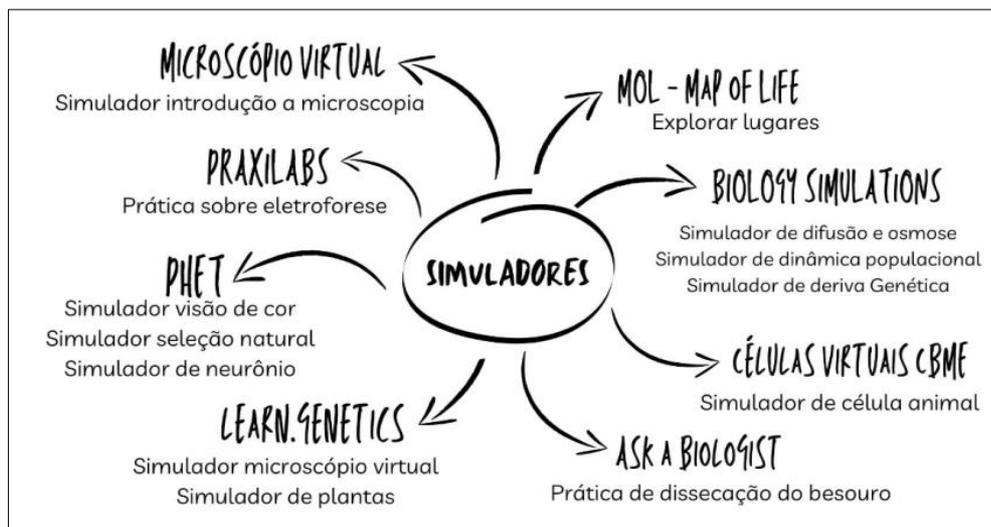
De maneira geral, a utilização de simuladores virtuais é bastante simples ao estarem disponíveis para acesso de todos os interessados de forma prática, como afirma o autor abaixo.

A utilização de simuladores virtuais não traz muitas complicações, pois, no geral, são disponibilizados em plataformas de web que utilizam recursos já presentes em praticamente todos os navegadores atuais. Contudo, um dos principais problemas, que pode parecer bastante trivial dado o entrelaçamento das relações com a tecnologia, é a falta de recursos simples, como internet banda larga em muitas escolas. (Santos, 2023, p.308)

De acordo com Lima, Chagas e Costa (2022, p. 2-3) diversos simuladores estão à disposição na web para auxiliar no ensino de ciências, os quais são recursos excelentes para a melhoria da aprendizagem, segundo os autores os simuladores mostram ter enorme

potencial facilitador na compreensão do conteúdo ministrado, dita isto, na figura abaixo pode-se observar oito destes simuladores.

**Figura 6.** Simuladores virtuais para o ensino de ciências.



Fonte: Lima, Chagas, Costa (2020, p. 4).

Os autores apresentam aqui apenas oito simuladores, no entanto, há muito mais que podem ser acessados para auxiliar na ministração das aulas, nesse caso estão voltados especificamente para o ensino de ciências. Entre eles, destaco o PhET que é proposto neste trabalho.

### 2.3 SIMULADORES VIRTUAIS PHET DA UNIVERSIDADE DO COLORADO

Estudos recentes foram realizados a respeito dos Simuladores virtuais (SV) PhET, ambos com intuito de investigar como estes SV contribuem com a aprendizagem de Física dos estudantes do Ensino Médio, a exemplo o de Freitas (2022), que desenvolveram suas pesquisas a partir da temática “Exploração de simulações computacionais para estimular o aprendizado significativo de conceitos da Física” o de Silva, Moraes e Leão (2022) que trata do tema “Concepções dos estudantes do Ensino Médio de uma escola pública mato-grossense sobre o entendimento dos conceitos da Física após utilizar a plataforma PhET Interactive Simulations, e Silva *et. al.* (2023) que traz abordagem sobre “Laboratório virtual para o ensino de Ciências da Natureza: uma alternativa para aulas remotas.

De acordo com Freitas (2022, p.26), “O PhET *Interactive Simulations* é um laboratório virtual que possui inúmeras simulações de experimentos científicos”, sendo o mesmo de origem internacional sendo criados para aprimorar a compreensão dos assuntos

ministrados em sala de aula, permitindo a associação da teoria com a prática, e por conseguinte facilitando o aprendizado dos estudantes.

A utilização do *software* é simples, basta apenas um computador com acesso à internet e com o acessório Java ou Flash instalado, assim os simuladores poderão ser usados sem qualquer dificuldade. O *software* é disponibilizado gratuitamente em seu portal oficial na versão inglês, sendo disponibilizado também em português. As experiências neles disponíveis têm embasamento teórico, revisado periodicamente para tornar sua fidelidade à teoria trabalhada. (FREITAS, 2022, p. 27).

Silva, Moraes e Leão (2022) afirmam que os simuladores virtuais PhET não se limitam ao ensino de Física, abrangendo também todas as áreas das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), além de outros campos de estudo. Isso proporciona um ensino por meio de diversas simulações que podem potencializar a aprendizagem dos estudantes. O mais interessante é que essas simulações estão disponíveis em vários formatos, garantindo acesso para todos os interessados.

[...] a plataforma PhET traz variadas simulações de Física, Química, Matemática, Ciência da Terra e Biologia de maneira clara e elaborada por meio de várias ilustrações e animações, na forma de simulações para potencializar o aprendizado. Essas simulações são escritas em Java, Flash ou HTML, sendo executadas previamente online. (SILVA, MORAES, LEÃO, 2022, p. 5).

A versão Java (<https://www.java.com/pt-BR>) não é apenas uma linguagem de programação, mas também uma plataforma de computação confiável que possibilita o acesso a serviços e aplicativos desenvolvidos na web. Alguns sites exigem que o Java esteja instalado no dispositivo para funcionar adequadamente, e o download dessa ferramenta é gratuito. Além disso, o Java pode ser utilizado no desenvolvimento de sites e aplicativos pessoais.

Por sua vez, o Flash, segundo Serra (2011, p. 24) é uma tecnologia “multiplataforma” introduzida em 1996 pela Macromedia. Essa ferramenta permite a visualização de vídeos, sendo uma de suas funcionalidades mais utilizadas, especialmente em sites como o YouTube. No entanto, para utilizá-lo, é necessário ter o Adobe Flash Player instalado no dispositivo. Essa tecnologia está disponível para diversas plataformas, como Windows, Mac OS, Android e Symbian, facilitando seu uso por um público amplo.

No que diz respeito ao HTML5, essa é a versão mais recente da linguagem de marcação Hipertexto, que combina três tecnologias essenciais para o acesso eficiente às páginas da web. Essas tecnologias incluem o HTML, destinado à construção e estruturação de sites; o CSS, que formata o conteúdo e confere um estilo único ao criador da página; e o JavaScript, que agrega elementos ao HTML (<https://ebaonline.com.br>). A versão HTML5 permite acesso gratuito ao usuário e é compatível com diversos navegadores, como Chrome,

Edge e Firefox, além de estar disponível em dispositivos como tablets, smartphones, desktops, notebooks e até Smart TVs (<https://ebaonline.com.br>).

Uma característica interessante dos simuladores virtuais PhET é a possibilidade de acesso a qualquer momento, mesmo sem conexão à internet. Essa funcionalidade facilita sua utilização e compartilhamento, permitindo que todos os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem os utilizem de forma simples. Como destaca Lima (2020, p. 25), “uma inovação exclusiva do PhET é que as simulações podem ser baixadas e usadas offline, independentemente do local ou da conexão com a internet, e facilmente transferidas para outros dispositivos via WhatsApp ou cabo USB”.

As simulações podem ser utilizadas em salas de aula e fora delas também, sendo uma ótima ferramenta para auxiliar tanto professor quanto aluno — no contexto de aulas teóricas — exemplificando o conteúdo trabalhado sem ter acesso a um laboratório físico, facilitando a compreensão dos mesmos e contribuindo de forma satisfatória para o processo de ensino e aprendizagem (LIMA, 2020, p. 25).

De acordo com Sampaio (2017), as simulações oferecidas pelos simuladores virtuais PhET facilitam construir novos conhecimentos, pois os conceitos abordados em sala de aula são reforçados por meio de interações lúdicas e visuais. Essa abordagem capta a atenção dos estudantes, promovendo maior concentração e proporcionando uma compreensão mais clara e significativa dos conteúdos.

Os simuladores virtuais PhET disponibilizam uma variedade de recursos que apoiam o ensino das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, além de outras áreas do conhecimento. Atualmente, o site oferece 69 simulações específicas para o ensino de Física, organizadas em sete categorias temáticas. Essas simulações estão alinhadas com diversos objetos de conhecimento, facilitando a compreensão de conceitos, frequentemente considerados complexos. O quadro abaixo apresenta essas simulações e seus simuladores correspondentes.

**Quadro 6.** Categorias temáticas dos Simuladores Virtuais PhET Colorado.

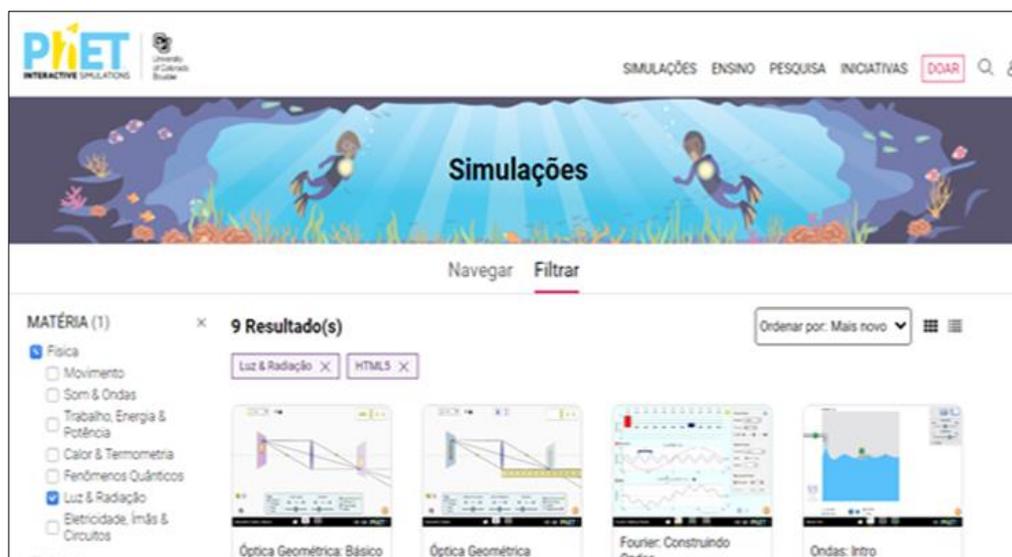
<b>Categorias temáticas</b>	<b>N.º de simulações.</b>	<b>Simulador correspondente</b>
Movimento	18	Lab dados de projéteis, Leis de Kleper, Meu sistema solar, Gráfico de cálculos, Modos normais, Laboratórios de colisões, Energia na pista de Skate, Adição de vetores, Massas e molas: básico, Massas e molas, Laboratórios de pêndulos, Movimento de projéteis, Gravidade e Órbitas, Lei de Hooke, Balançado, Atrito, Forças e movimento, Laboratório de Força Gravitacional.
Ondas Sonoras	05	Ondas sonoras, Fourier: Construindo ondas, Ondas: Intro; Interferência de ondas, Onda em corda.
Trabalho, Energia e	09	Gerador, Laboratório eletromagnético, Energia na pista de Skate, Propriedades dos gases, Formas de energia e transformações, Massas e molas, Lei de Hooke,

Potência.		Laboratórios de pêndulo, Energia na pista de Skate: Básico.
Calor e Temperatura	09	Difusão, Gases: Introdução, Propriedade dos gases, Formas de energia e transformações, Estados da matéria: Básico, Estados da matéria, Probabilidade, Plinko, Interações Atômicas, Atrito.
Fenômenos Quânticos	03	Fourier: Construindo ondas, Espectro do corpo negro, Espalhamento de Rutherford.
Luz e Radiação	09	Óptica Geométrica: Básico, Óptica Geométrica, Fourier: Construindo ondas, Ondas: Intro, Espectro de corpo negro, Interferência de ondas, Desvio da luz, Moléculas e luz, Visão colorida.
Eletricidade, Ímãs e Circuito	16	Gerador, Imã e Eletroímãs, Imã e Bússola, Laboratório eletromagnético, Kit para montar um circuito: AC, Kit para montar um circuito: AC–Laboratório, Lei de Coulomb, Laboratório do Capacitor Básico, Kit para montar um circuito: DC–Laboratório, Kit para montar um circuito: DC, Cargas e Campos, Lei de Faraday, Jhon Travoltagem, Balões e Eletricidade Estática, Lei de Ohm, Resistência em um fio.
<b>Total</b>	<b>69</b>	<b>PhET do colorado</b>

Fonte: Adaptada do PhET Colorado 2024.

Em alguns momentos, determinadas simulações se repetem por abrangerem mais de uma temática, correspondendo a diferentes objetos de conhecimento (conteúdo), conforme estabelecido pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC). É perceptível que, com esses simuladores, o componente curricular de Física está bem contemplado, proporcionando uma forma dinâmica e interativa de conduzir as aulas.

**Figura 7.** Representação do site onde se encontra os SV PhET do Colorado.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/>(2024)

O primeiro tique marcado refere-se à disciplina de Física, atualmente denominada componente curricular. O segundo tique indica a opção escolhida, ou seja, o conteúdo a ser

trabalhado. No total, há nove simulações disponíveis, das quais quatro foram utilizadas nesta pesquisa. A aplicação dessas simulações no estudo da Óptica facilitou a compreensão de fenômenos que, muitas vezes, são difíceis de acessar. Como afirma Silva (2023), “a utilização do simulador permite aos alunos visualizar atividades experimentais que contribuem significativamente para a compreensão dos conteúdos e, conseqüentemente, para o aprendizado”.

#### 2.4 TECNOLOGIAS DIGITAIS NO PROCESSO EDUCACIONAL

Embora as tecnologias digitais tenham sido recomendadas para a educação desde o século XX, ainda se busca sua efetiva inserção no ambiente escolar visando melhorar a aprendizagem dos estudantes. Barreto (2012, p. 47) observa que “a partir da década de 1990, documentos oficiais passaram a recomendar a inserção e o incentivo ao uso das tecnologias digitais em educação, pois essas ferramentas permitem criar espaços mais significativos de aprendizagem”.

Os autores ressaltam que a escola tem se esforçado para acompanhar a evolução da sociedade, estando preparada para incorporar tecnologias como recursos que facilitam a produção do conhecimento. Eles afirmam que “a escola está aberta às transformações e inovações técnico-científicas, considerando que esses mecanismos podem atuar como instrumentos didático-pedagógicos que promovem a aprendizagem e o desenvolvimento de competências e habilidades” (SOUSA, MOITA, CARVALHO, 2011, p. 137).

Nesse contexto, além das tecnologias digitais, o papel do professor é fundamental por atuar como guia e orientador dos estudantes ao longo dos processos educativos, conforme afirmam Silva, Oliveira e Voltolini (2021, p. 119).

Para além das tecnologias digitais, é preciso considerar que o professor é um facilitador da aprendizagem e, ao aluno, cabe estabelecer a interação com o professor e com os demais elementos de aprendizagem em um contexto de espaço e tempo diferenciados, ou seja, organizados segundo as necessidades de aprendizagem de cada um.

Os autores propõem que tanto professores quanto estudantes estão diretamente envolvidos nos processos tecnológicos e digitais. No entanto, para que esses processos sejam eficazes, é fundamental estabelecer uma boa relação entre ambos. Sem essa colaboração, dificulta-se alcançar resultados significativos nas atividades que utilizam esses recursos.

Oliveira (2011, p. 10) enfatiza que “[...] na atualidade, torna-se ‘elementar’ conciliar a aula de Física à tecnologia, de forma que ambas estejam efetivamente aliadas.” Essa

aliança entre o conhecimento pedagógico e as ferramentas tecnológicas permite flexibilidade na compreensão de conceitos, fenômenos e diversas situações vivenciadas diariamente.

O autor argumenta que é essencial apropriar-se de meios que não sejam considerados tradicionais, evidenciando resultados promissores no aprendizado. Ele destaca que “os recursos tecnológicos são instrumentos de promoção da melhoria da qualidade do ensino-aprendizagem, especialmente em Física, onde os alunos têm a oportunidade não apenas de assimilar os conteúdos, mas também de visualizar o que está sendo estudado” (OLIVEIRA, 2011, p. 10).

“As novas tecnologias da informação e comunicação caminham à luz de uma plataforma que possibilita o domínio do conhecimento e desenvolvimento humano”. (OLIVEIRA, 2011, p.14). São tantos softwares, aplicativos educacionais, jogos educativos e salas virtuais que possibilitam aprendizagem, portanto, a ideia é utilizar um desses meios.

Associar o ensino de Física às tecnologias possibilita transformações significativas, pois essas ferramentas desempenham um papel crucial na tomada de decisões educativas. No entanto, para que essa integração ocorra, mudanças no âmbito educacional são necessárias, conforme aponta Oliveira. Nesse sentido, a proposta foi desenvolver atividades por meio de simuladores virtuais, que possuem uma conexão direta com os mecanismos digitais.

A utilização de estratégias instigantes e criativas pode tornar o processo educativo mais interessante, motivador e dinâmico, especialmente em comparação com as aulas tradicionais. Nesse contexto, Lara et al. (2013, p. 3) afirmam que “[...] a inserção das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) como elemento mediador no ensino de Física revela-se uma estratégia relevante, que pode contribuir significativamente para o processo de ensino e aprendizagem”.

Entretanto, Silva e Tavares (2018, p. 3) ressaltam que “não basta apenas fornecer uma determinada ferramenta, seja ao aluno ou ao professor, sem a devida orientação ou capacitação para o uso pleno do equipamento”. Isso implica em desenvolver habilidades e competências, ou seja, uma preparação mais aprofundada para utilizar as ferramentas existentes de maneira eficaz e auxiliar nos processos de ensino e aprendizagem.

Outros fatores que corroboram essa necessidade são o planejamento, os objetivos propostos e o conhecimento tecnológico, conforme afirmam Leão e Souto. Eles destacam que “para utilizar as ferramentas tecnológicas no ensino, as aulas precisam ser bem planejadas, ter um objetivo a ser alcançado e, sobretudo, conhecer a tecnologia; ou seja, é preciso saber lidar com ela para saber ensinar” (LEÃO, SOUTO, 2015, p. 4).

Queiroz (2018) complementa essa perspectiva ao enfatizar a importância do planejamento para que as aulas de Física sejam mais agradáveis, capazes de despertar o interesse dos alunos e envolvê-los em um contexto dinâmico que se aproxime da sua realidade.

O uso das tecnologias como ferramenta pedagógica na sala de aula precisa estar baseado em propostas pedagógicas bem planejadas e fundamentadas em concepções que permitam a aplicabilidade de tecnologias inovadoras que potencializem o processo de ensino e aprendizagem e tornem a aula mais dinâmica, interativa e contextualizada com a realidade dos alunos. (QUEIROZ, 2018, p.6).

O autor reforça que “cabe ao professor intermediar um processo educacional que integre a utilização de ferramentas tecnológicas e a busca de recursos que despertem o interesse e a curiosidade pelo conhecimento, visando à melhoria da aprendizagem” (QUEIROZ, 2018, p. 5). Para que essa intermediação seja eficaz, é fundamental que os professores saibam utilizar a tecnologia digital adequadamente.

A apropriação das ferramentas digitais como suporte para o ensino e a aprendizagem de Física oferece benefícios significativos, especialmente quando aliada ao acesso à internet. Essa combinação cria uma ponte que potencializa a produção de novos conhecimentos, beneficiando tanto professores quanto alunos. Enquanto os docentes aplicam os conteúdos de maneira eficaz, os estudantes conseguem compreendê-los com maior facilidade. Silva e Tavares destacam a importância dessa união, referindo-se à interação entre o computador e o acesso à internet:

A junção entre a utilização do computador e o acesso à Internet faz com que o universo de possibilidades para o ensino de física seja razoavelmente grande. Essa junção permite ao professor estender o seu tempo de aula além das fronteiras do ambiente escolar e introduzir diversos canais de comunicação, permitindo, dessa forma, um maior contato dos alunos com a disciplina. (SILVA, TAVARES, 2018, p.5).

Leão e Souto apresentam a visão que têm sobre os benefícios de tais ferramentas, ou seja, estas possibilitam o acesso à comunicação e à informação em tempo real, aproximam professores e alunos para reduzir a trajetória determinada, ganhando tempo e espaço.

Nesse sentido, utilizar a tecnologia digital promove a realização de atividades que fortalecem a aquisição do conhecimento, como, por exemplo, atuar no mundo do trabalho, que exige o uso de recurso digital e conseqüentemente competência para agir com autonomia.

A esse respeito, verifica-se que, com o avanço das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), o computador adquire um espaço significativo na vida das pessoas. Em várias situações, o computador é utilizado como importante instrumento por propiciar a realização de inúmeras atividades,

diminuindo distâncias e abreviando o tempo para realização de tais tarefas. (LEÃO, SOUTO, 2015, p. 3).

Sendo a escola uma instituição social, capaz de influenciar e possibilitar inúmeras transformações, é imprescindível que ela promova situações em que o ensino seja mediado por meio da integração digital e pedagógica, visto que essa interação permite professores e estudantes vivenciarem experiências incríveis, além de tornar a aprendizagem mais significativa com potencialidade para serem cidadãos críticos e reflexivos diante do conhecimento adquirido. (FIGUEIRA, DOROTEA, 2022, p. 3).

## 2.5 ENSINO DE FÍSICA NUMA PERSPECTIVA GERAL

De acordo com Moreira (2018, p. 76), ensinar Física não é uma tarefa fácil. Existem diversas condições que os professores devem atender para ter sucesso nessa jornada. Apesar das várias abordagens disponíveis para conduzir o ensino, ainda se observa a necessidade de mudanças nesse cenário. O autor levanta questões como condições de trabalho, formação inicial e o ensino de conteúdos que se restringem à Física clássica. Ignorar essas questões pode comprometer a realização do objetivo de promover uma aprendizagem significativa.

Para que a aprendizagem de Física seja eficaz, o ensino precisa ser bem direcionado, como acrescenta o autor a seguir.

A utilização de novas tecnologias de ensino em aulas de física no ensino médio deva ser feita como uma ferramenta auxiliar, um recurso a mais no processo de ensino/aprendizagem, nunca de forma única, devendo ser aliada aos demais recursos existentes; cabe ao professor a responsabilidade de dosar o tempo de uso de cada recurso, e o da criação de um ambiente no qual o aluno possa perguntar, refletir, debater, pesquisar, onde ambos possam se sentir responsáveis pelo processo ensino/aprendizagem (HECKLER, SARAIVA, FILHO, p.24).

O ensino deve se basear em situações vivenciadas no cotidiano para ter significado para os estudantes. É fundamental que eles sejam preparados para exercer a cidadania, em vez de apenas se concentrarem em testes que visam a aprovação imediata nas disciplinas (MOREIRA, 2018, p. 77).

A Física, por sua vez, é uma disciplina que oferece inúmeras informações presentes no dia a dia por viabilizar diversos desenvolvimentos que impactam a sociedade. Como afirma Nascimento (2020, p. 7), “a Física participa do desenvolvimento científico e tecnológico com importantes contribuições, cujas consequências têm alcance econômico, social e político” (NASCIMENTO, 2010, p. 7).

Além disso, a Física está presente em quase tudo ao nosso redor, sendo indissociável de muitos estudos e pesquisas que dependem dela para se desenvolver, avançar ou se transformar. Por exemplo, o movimento dos seres vivos ilustra situações práticas advindas

da Física. Nascimento destaca: “A física está relacionada a quase tudo na vida, e as pessoas precisam saber disso. Quando alguém se movimenta ou pratica exercícios físicos, está vivenciando uma situação na qual a Física está presente” (NASCIMENTO, 2010, p. 17).

Em concordância com Nascimento (2010), Oliveira (2011) enfatiza a importância do ensino de Física e aborda sua articulação com outras áreas do conhecimento, evidenciando como essa disciplina é rica e indispensável no processo educacional dos alunos do ensino médio.

O aprendizado da Física promove a articulação de toda uma visão de mundo, de uma compreensão dinâmica do universo, capaz de transcender nossos limites temporais e espaciais. Ao lado de um caráter mais prático, a Física revela, também, uma dimensão filosófica, com uma beleza e importância que não devem ser subestimadas no processo educativo (OLIVEIRA, 2011, p.23).

Oliveira (2011) esclarece o formato de ensino costumeiro pela maioria dos professores, no entanto, aponta como deve ser para a física ser bem-vista e seus conteúdos compreendidos meio a tantos dados e informações inerentes à disciplina. Acredita-se que, adotando outras metodologias, é possível obter melhores resultados na aprendizagem, como os Simuladores Virtuais.

O ensino de física no nível médio caracteriza-se, na maioria das vezes, por aulas teóricas e descritivas, distantes da realidade dos alunos, ou seja, atualmente o modelo adotado por alguns educadores tende a obedecer ao método tradicional de simples repasse de conteúdo, com aulas à base de giz, quadro-verde e livro didático. As relações entre os conhecimentos científicos e os adquiridos no cotidiano são particularmente de grande importância para o processo ensino aprendizagem em Física. (OLIVEIRA, 2011, p.23).

A Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) deixa bem claro a importância que o ensino de física tem para a sociedade, por ser uma área contemplada na ciência da natureza. A BNCC apresenta o seguinte posicionamento:

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias. (BRASIL, 2018, P. 537).

E pensar no uso de tecnologias é essencial, pois esta pode subsidiar o ensino de maneira relevante, desde que esse uso seja correto, ou seja, com intencionalidade, com atividades antecipadamente planejadas, a fim de obter resultados que garantam o aprendizado de forma científica, como a própria BNCC enfatiza:

[...] espera-se que eles aprendam a estruturar linguagens argumentativas que lhes permitam comunicar, para diversos públicos, em contextos variados e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), conhecimentos produzidos e propostas de intervenção pautadas em evidências,

conhecimentos científicos e princípios éticos e responsáveis. (BRASIL, 2018, p.538).

Aprofundar os conhecimentos é fundamental, considerando os diversos aspectos envolvidos nesse processo. Nesse contexto, além de receberem ensino por meio de tecnologias digitais, os estudantes têm a oportunidade de vivenciar situações de aprendizagem significativas, especialmente no campo da Física, com ênfase no estudo da Óptica. Como menciona a BNCC, é essencial que esses conhecimentos possam ser comunicados a diferentes públicos.

Diante disso, é importante reconhecer que o ensino de Física é necessário para o exercício da cidadania. Como ressalta Moreira (2021, p. 7), “a Física é importante na cidadania, está na base das tecnologias e é uma ciência exemplar.” Assim, propõe-se desenvolver os conteúdos da disciplina por meio de situações que rompam barreiras, quebrem paradigmas e aproximem os estudantes de experiências que promovam uma compreensão mais profunda dos fenômenos que os cercam e que fazem parte do cotidiano, mas que muitas vezes não são percebidos.

Mesmo atualmente, Moreira (2021) reafirma a urgência de modificar o ensino de Física. Para que essa mudança, tão almejada ao longo dos anos, realmente ocorra, é necessário considerar diversos aspectos. É fundamental afastar-se de cálculos e fórmulas a serem decoradas e avançar em direção a um ensino que envolva conceitos, significados, criticidade e experimentação de forma contextualizada.

## 2.6 ENSINO DE FÍSICA: CONTRIBUIÇÕES DO PhET E TPACK

Visando promover um ensino baseado em estratégias metodológicas diferenciadas e focado nos principais elementos norteadores da aprendizagem, propõe-se ensinar Física, especificamente alguns objetos de conhecimento dessa disciplina, utilizando simulações dos Simuladores Virtuais PhET com o suporte do modelo TPACK. Essa abordagem visa potencializar a compreensão de diversos conceitos trabalhados em sala de aula.

Apesar das dificuldades enfrentadas, como aponta Silva, Moraes e Leão (2022), na sua pesquisa intitulada “Concepções dos estudantes de ensino médio de uma escola pública mato-grossense sobre o entendimento dos conceitos da Física após utilizar a plataforma PhET *Interactive Simulations*” a tecnologia tornou-se aliada do ensino de física, propiciando outra visão para os estudantes quanto ao estudo da disciplina. Desse modo, planejar e desenvolver atividades com auxílio dos simuladores virtuais PhET pode ser uma maneira de facilitar o aprendizado dos estudantes da 2ª série do ensino médio.

Considerando a utilização de recursos tecnológicos para o desenvolvimento das simulações por meio do PhET, a aprendizagem dos estudantes pode ser ressignificada, uma vez que as aulas se tornam muito mais interessantes, há uma possibilidade maior de concentração e atenção devido ao material utilizado. (FREITAS, CABRAL, JUNIOR, P. 2, 2021).

Nessa perspectiva, espera-se que a utilização dos simuladores virtuais PhET, em conjunto com o arcabouço do TPACK, não apenas melhore a qualidade do ensino, mas também potencialize a aprendizagem dos estudantes. Com essa abordagem, os alunos podem se tornar protagonistas ativos na construção do conhecimento de forma crítica, científica e criativa, conforme aponta Neto (2023). A integração dessas ferramentas permite uma aprendizagem mais dinâmica e interativa, proporcionando aos estudantes um ambiente onde eles experimentam, exploram e refletem sobre conceitos complexos. Assim, a solução proposta visa promover uma educação mais centrada no aluno, estimulando sua autonomia, pensamento crítico e capacidade de aplicar o conhecimento de forma inovadora.

### 3. ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS ALCANÇADOS

Esta pesquisa adotou uma abordagem qualitativa para a análise dos dados, seguindo as diretrizes de Prodanov e Freitas (2013), que oferecem um direcionamento abrangente para a condução de uma pesquisa de qualidade, atendendo os requisitos necessários para a descrição e interpretação dos fatos. A coleta de informações foi realizada por meio de uma roda de conversa e da aplicação de uma sequência didática elaborada especificamente para este estudo, o que permitiu observar e analisar o processo de aprendizagem dos estudantes em um contexto real. E um questionário com base na escala Likert foi aplicado no final da pesquisa com objetivo de verificar os interesses dos estudantes da 2ª série do ensino médio em relação ao desenvolvimento da Sequência Didática (SD) utilizando os Simuladores Virtuais PhET, avaliando assim a eficácia pedagógica e o impacto na aprendizagem dos conceitos de Óptica.

Essa metodologia possibilitou uma avaliação mais aprofundada das interações dos estudantes com os objetos de conhecimento e as atividades propostas, resultando em uma compreensão mais rica e detalhada dos resultados obtidos. Assim, a pesquisa não apenas revelou as dinâmicas de aprendizagem, mas também contribuiu para uma análise crítica do impacto das atividades no desenvolvimento dos estudantes.

#### 3.1 APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (SD) À TURMA

A Sequência Didática foi apresentada aos estudantes por meio de projeção em data show, que exibiu todas as informações que constitui o planejamento. Inicialmente, a turma demonstrou um grande interesse em participar da pesquisa. Observou-se que os estudantes estavam abertos a novas propostas desafiadoras, especialmente porque ainda não haviam tido aulas utilizando os recursos do PhET Colorado.

Essa experiência proporcionou a oportunidade de desenvolver um aprendizado diferenciado, empregando metodologias inovadoras para a aplicação das atividades educativas. Um dos estudantes, inclusive, fez a seguinte observação:

*“Aceitar, creio que todos aceitamos, até porque é muito cansativo ficar apenas fazendo atividades do quadro ou do livro, mas, o problema é que os recursos não atendem a todos, por exemplo, os tablets foram entregues apenas para os alunos do 1º ano e nem todos receberam, então fica difícil.”*

Essa interação evidencia a receptividade e a curiosidade dos estudantes em relação a novas abordagens de ensino, destacando o potencial dos simuladores virtuais como ferramenta educacional.

Na oportunidade, foi esclarecido que, para a execução da Sequência Didática em questão, a escola se prontificou a ceder tablets suficientes durante a realização da pesquisa. Embora a instituição não possua um laboratório de informática para atividades que demandam o uso de tecnologia digital, a disponibilidade dos tablets torna viável a aplicação da sequência didática. Essa solução permite que os estudantes tenham acesso aos recursos tecnológicos necessários para desenvolver as atividades propostas, superando a limitação da falta de um espaço físico adequado para o uso de computadores. Assim, a pesquisa pôde ser efetivada de forma prática e eficiente, promovendo uma experiência de aprendizado enriquecedora para os estudantes. Dessa forma, todos os presentes demonstraram total interesse e colaboraram, participando de maneira voluntária no que lhes foi proposto.

### 3.2 RODA DE CONVERSA: AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

Antes do início da atividade, cada estudante recebeu um código de identificação para facilitar o registro de suas respostas. O código consiste na letra “E” seguida de uma numeração de 1 a 18, resultando em identificações como E1, E2, E3, e assim por diante. Os estudantes também foram organizados em duplas, buscando melhorar a interação e a troca de conhecimentos, permitindo que discutissem ideias e resolvessem problemas juntos. Esse sistema permitiu um controle eficaz da participação dos estudantes, sendo que as duplas trabalharam em conjunto apenas durante a realização das atividades planejadas, que foram respondidas com base na exploração dos simuladores.

A atividade iniciou-se com uma roda de conversa que começou com uma pergunta para estimular os estudantes a compartilharem suas opiniões sobre o tema em discussão, que, neste caso, era a Óptica (estudo da luz e radiação) e sua aplicabilidade através dos Simuladores Virtuais do Colorado. A pergunta inicial que norteou a conversa foi: “Em algum momento do ensino médio, você desenvolveu atividades de Física utilizando simuladores virtuais PhET? Conhecem essa tecnologia digital? Será que ela ajuda na compreensão dos conteúdos da luz e de radiação que nos cercam?”

De modo geral, os estudantes afirmaram não ter experiência prévia com essa tecnologia e, inclusive, nenhum deles conhecia os simuladores virtuais PhET. Foi a primeira vez que foram desafiados a desenvolver atividades baseadas em observações e análises de experimentos por meio das simulações interativas propostas pelo PhET Colorado. E segundo eles, só fazendo atividades com o recurso para saber se ajuda a entender o assunto estudado.

Esse entendimento surgiu a partir da análise das respostas fornecidas pelos estudantes, registradas pela pesquisadora durante a conversa realizada. Todos afirmaram

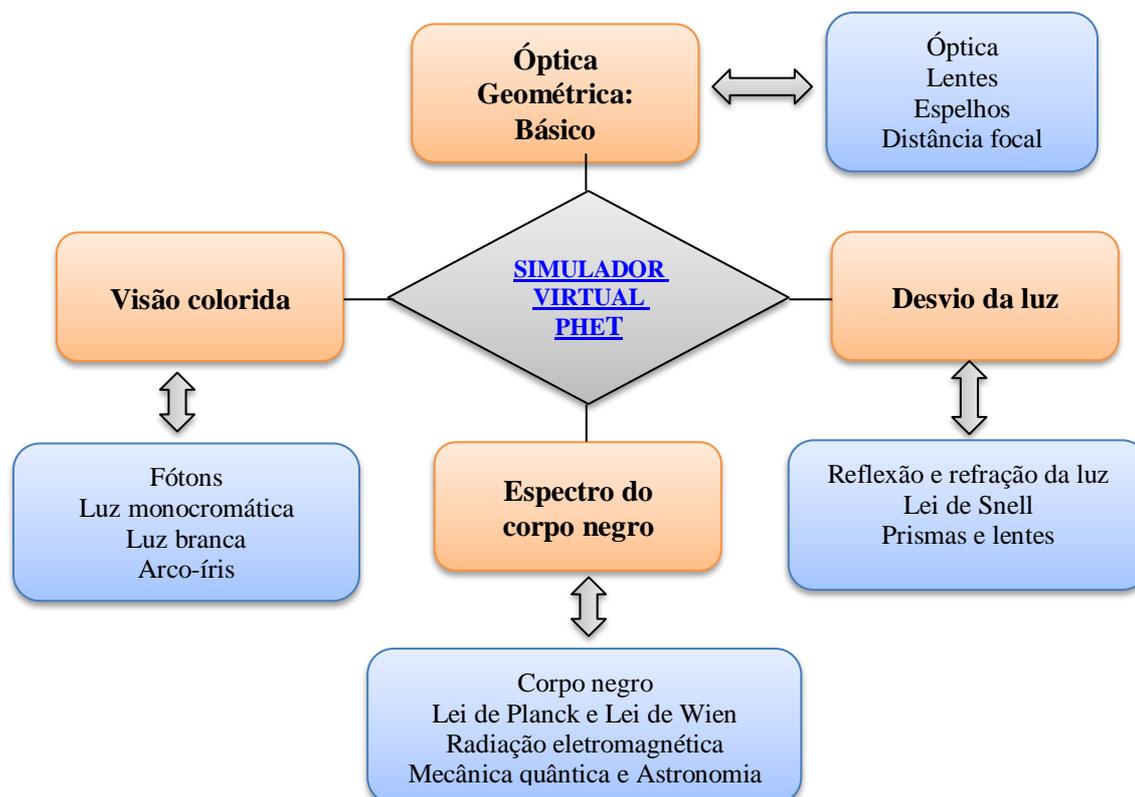
que nunca haviam utilizado a plataforma PhET, nem qualquer outro simulador, para seus estudos na área da Física durante o período em que se encontram no ensino médio.

### 3.3 APRESENTAÇÃO DA PLATAFORMA (SITE) PHET COLORADO

Foi essencial que os estudantes conhecessem e aprendessem a utilizar o recurso didático proposto para o desenvolvimento das atividades. Com o auxílio de uma data show, a plataforma PhET do Colorado foi disponibilizada por meio de projeção no quadro, demonstrando como acessar os simuladores selecionados para a pesquisa. Assim, os estudantes receberam as primeiras instruções, permitindo que todos conseguissem acesso.

Nesse momento, foram introduzidos os quatro simuladores virtuais PhET que seriam utilizados nos processos de ensino e aprendizagem ao longo da pesquisa: “Óptica Geométrica: Básico”, “Desvio da Luz”, “Espectro do Corpo Negro” e “Visão Colorida”. Além disso, foi explicado como cada conteúdo específico, representado em cada simulador, contribui para o objeto de estudo, seguindo o fluxograma representativo dos descritos pela plataforma.

**Fluxograma 4.** Simuladores utilizados na Sequência Didática (SD)



Fonte: Autora da pesquisa 2024.

Inicialmente, todos os estudantes estavam empolgados e ansiosos para acessar os simuladores virtuais e realizar as atividades previstas. Essa apresentação foi de suma importância, considerando a necessidade de manusear adequadamente o recurso didático digital, garantindo, assim, os melhores resultados possíveis na execução das atividades propostas.

### 3.4 UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA E ACESSO AOS SIMULADORES PHET

Para a realização das quatro atividades, os estudantes, previamente identificados como E1 a E18, foram organizados em duplas e receberam um novo código de identificação. Esse código consiste na letra “D” seguida de um número de 1 a 9, resultando em identificações como D1, D2, D3, e assim por diante. As duplas foram formadas da seguinte maneira: dupla D1 (E1 e E2), dupla D2 (E3 e E4), dupla D3 (E5 e E6), dupla D4 (E7 e E8), dupla D5 (E9 e E10), dupla D6 (E11 e E12), dupla D7 (E13 e E14), dupla D8 (E15 e E16) e dupla D9 (E17 e E18).

As respostas das atividades foram registradas utilizando os códigos das duplas, como D1, D2, D3, e assim por diante, de forma que cada dupla representava ambos os estudantes que a compunham.

No segundo momento, iniciou-se o desenvolvimento das atividades propostas. Os estudantes, organizados em duplas e utilizando os tablets disponibilizados pela escola, acessaram o simulador virtual PhET. Nesta etapa, desenvolveu a Atividade 1, focada no estudo da Óptica (luz e radiação), explorando conceitos relacionados à óptica geométrica, óptica física, espelhos e lentes.

As quatro atividades realizadas começaram com um questionamento, o que se encontra logo no início de cada quadro que apresenta a resposta dos estudantes, uma estratégia escolhida para instigar o pensamento científico e crítico dos estudantes. Essa abordagem oferece uma base sólida para que eles relacionem suas reflexões às respostas fornecidas em cada atividade feita com os simuladores virtuais PhET.

A partir das representações mostradas no simulador virtual PhET, os estudantes precisaram explicar como uma imagem é formada, destacando como a alteração das restrições de uma lente ou espelho relacionadas à imagem. Além disso, relacionamos alguns conceitos físicos às suas respectivas definições. Essa atividade teve como objetivo explorar o simulador “Óptica Geométrica: Básico” do PhET, proporcionando uma compreensão mais profunda das áreas envolvidas.

As respostas dos estudantes são apresentadas nos quadros abaixo de acordo com a ordem de realização das atividades.

**Quadro 7.** Respostas das duplas de estudantes com base no questionamento inicial da 1ª atividade.

<b>Código Dupla</b>	<b>Estudantes</b>	<b>Questionamento inicial:</b> Para enxergarmos é fundamental que a luz se propague até os olhos e atinja o cristalino, nesse sentido, qual é a natureza da luz e como se processa essa propagação até o nosso sistema visual?
D1	E1/E2	<i>A luz se propaga por radiação eletromagnética e pode ser em forma de onda e partícula.</i>
D2	E3/E4	<i>A luz é uma forma de radiação, no caso, existem vários tipos, mas nem todos são visíveis a olho nú.</i>
D3	E5/E6	<i>A luz é de natureza duplicada, que dizer que hora se propaga como onda e hora como partícula, dessa forma por meio da radiação da luz nos permite ver algumas coisas e outras não.</i>
D4	E7/E8	<i>A luz é uma onda que chega ao nosso olho e faz a gente enxergar.</i>
D5	E9/E10	
D6	E11/E12	<i>A luz é uma onda que se propaga em linha reta e serve para dar brilho aos objetos, por isso conseguimos ver.</i>
D7	E13/E14	<i>A luz é uma fonte que ilumina nosso entorno.</i>
D8	E15/E16	<i>A luz é uma forma de radiação eletromagnética com bastante frequência vista a olho nú.</i>
D9	E17/E18	

Fonte: Autora da pesquisa 2024

Como era esperado, nem todos os participantes responderam durante a atividade, como ocorreu com as duplas D5 e D9. Embora os 18 estudantes estivessem presentes na aula, apenas 14 participaram.

Nas respostas apresentadas, os estudantes possuíam uma base limitada sobre óptica. Nenhum deles conseguiu fornecer uma explicação aprofundada ou apresentar argumentos próprios, restringindo-se a repetir os conceitos encontrados em livros didáticos, provavelmente pelo fato da atividade não ser criativa, como ressalta Moreira (2018), quando diz que o ensino de ciências, principalmente de física ocorre sem criatividade. Esse resultado demonstra a necessidade de aprofundamento e maior desenvolvimento dos estudantes em relação ao tema.

A dupla D1 apresenta resposta alinhada com a abordagem da BNCC, que propõe que os estudantes compreendam a natureza dual da luz (onda e partícula), porém uma compreensão básica da natureza física da luz, atendendo à competência de compreender fenômenos naturais. A dupla D2 mostra conhecimento sobre o espectro eletromagnético, uma habilidade prevista pela BNCC. A compreensão de que há radiações visíveis e

invisíveis está de acordo com a ideia de explicar fenômenos naturais e relacioná-los ao cotidiano.

A dupla D3 reflete uma boa compreensão do conceito da dualidade da luz, um ponto avançado segundo as competências da BNCC. O uso de termos como “radiação” e a referência a “ver algumas coisas e outras não” indica que os estudantes estão começando a conectar teoria a experiências de vida.

As respostas das duplas D4 e D8 estão corretas em termos básicos, mas são limitadas em relação ao que a BNCC espera no ensino médio por abordar a natureza ondulatória da luz, mas não incluem a dualidade ou aspectos mais aprofundados, o que pode ser um ponto de desenvolvimento para estes estudantes.

A resposta da dupla D6 menciona a propagação retilínea da luz, o que está correto, porém falta uma explicação mais profunda sobre a natureza da luz (dualidade onda-partícula), com base nas expectativas da BNCC. No entanto, a ideia de “brilho nos objetos” é um ponto de partida para discutir como é visto os objetos por meio da reflexão da luz.

A explicação da dupla D7 é bem vaga e não atinge as premissões da BNCC para o ensino médio. A luz como fonte de iluminação é um conceito superficial.

Todas as respostas revelam diferentes níveis de compreensão sobre a natureza da luz, evidenciando a necessidade de utilizar outros recursos pedagógicos para aprimorar o aprendizado. Nesse contexto, é pertinente a visão de Leone (2022), que destaca como as tecnologias digitais podem potencializar as possibilidades de produção de conhecimento, oferecendo novas ferramentas e metodologias que tornam o ensino mais dinâmico e eficaz.

Para a realização da primeira atividade utilizando o simulador PhET indicado foi proposto duas questões:

1. Explique como uma imagem é formada por uma lente convergente ou espelho plano usando diagramas de raios.
2. Como a alteração dos parâmetros de uma lente (distância focal, diâmetro) afeta onde a imagem é formada e como ela aparece (ampliação, brilho e inversão)?

#### **Quadro 8.** Respostas das duplas de estudantes com base no uso do simulador PhET.

<b>Código da Dupla</b>	<b>Estudante</b>	<b>Resposta 1. Lentes e Espelhos</b>	<b>Resposta 2. Parâmetros: distância, diâmetro, brilho</b>	<b>Categorias</b>
D1	E1/E2	<i>Para a lente convexa a imagem é real e é invertida, além de ficar pequena, já no espelho plano a imagem é direta e do mesmo tamanho.</i>	<i>Quanto maior a distância da lente ao objeto, maior é a imagem formada. E quanto menor a distância, menor a imagem.</i>	IML, IME, VDE
D2	E3/E4	<i>Foi formada uma imagem real,</i>	<i>Quanto maior a distância focal e o</i>	

		<i>invertida e de tamanho menor considerando a lente convergente, mas no espelho forma imagem menor e mais brilhosa.</i>	<i>diâmetro, menor será a imagem formada.</i>	IML, IME, BRL
D3	E5/E6	<i>Ao fazer a simulação dos fenômenos físicos quanto a formação de imagem percebemos que ao utilizar a lente convergente a imagem formada é real, porque ultrapassa a lente e é invertida porque ocorre o cruzamento de raios luminosos e é menor, acreditamos que seja devido o prolongamento dos raios com relação ao objeto projetado. E ao usar o espelho percebemos que a imagem formada é virtual, não vemos ela do outro lado do espelho, é direta porque os raios luminosos voltam ao mesmo meio em que se encontram os objetos e também permanece no mesmo tamanho.</i>	<i>Quanto maior a distância dos parâmetros indicados, maior será a distância das imagens à lente e menor será o tamanho da lente. Quanto menor a distância dos parâmetros, menor a distância da lente à imagem formada, e menor o tamanho dessa imagem, que fica mais brilhosa. Sendo que se aumentar somente o diâmetro, a imagem continua menor, e se aumentar só a distância focal, a imagem, à distância e tamanho, aumenta, ficando menos brilhosa.</i>	IML, IME,  VDE, BRL PRM
D4	E7/E8	<i>Observamos que se formou uma imagem real, ela é invertida, menor que o objeto, se for à lente. Mas no espelho essa imagem é normal, ela é virtual porque no espelho não ultrapassa como na lente, e fica do mesmo tamanho.</i>	<i>Com a alteração a imagem pode perder o brilho e perde a ampliação, hora diminui e hora aumenta.</i>	IML, IME PRM
D5	E9/E10	<i>Não apresentou resposta.</i>	<i>Quanto menor à distância, maior a imagem e menor o brilho dela.</i>	VDE, PRM
D6	E11/E12	<i>Na lente-real, invertida e menor. No espelho normal, direta e virtual.</i>	<i>Quanto maior à distância, maior a imagem, porém o brilho da imagem é menor.</i>	IML, IME, VDE, PRM
D7	E13/E14	<i>Vemos uma imagem real na lente, invertida e menor. No espelho, a imagem é invertida e tamanho igual.</i>	<i>Se os parâmetros forem alterados, sem dúvida afetará onde a imagem será formada, ela pode ficar mais próxima ou mais distante e seu brilho pode ser mais intenso ou menos intenso.</i>	IML, IME, VDE, PRM
D8	E15/E16	<i>Quando se trata do uso da lente, vemos uma imagem real, invertida e menor. Quando usamos o espelho, a imagem formada é real e igual à projetada e do mesmo tamanho não muda.</i>	<i>Se aumentar distância focal e diâmetro ao mesmo tempo a imagem formada se afasta da lente e apresenta ângulos mais abertos, aumenta de tamanho e com menos brilho. E se diminuir os dois a imagem formada se aproxima da lente, se torna mais brilhosa e menor e os ângulos são mais fechados.</i>	IML, IME BRL, PRM

D9	E17/E18	<i>Para a lente convexa a imagem é real e é invertida, além de ficar pequena, já no espelho plano a imagem é direta e do mesmo tamanho.</i>	<i>Quanto maior a distância da lente ao objeto, maior é a imagem formada. E quanto menor a distância menor a imagem.</i>	IML, IME, VDE, PRM
<p><b>Análise dos Parâmetros Ópticos na Formação de Imagens por Lentes e Espelhos</b></p> <p><b>IML</b> (Imagem formada por Lente): Categoria para respostas que descrevem como a imagem é formada usando lentes convergentes com características como real, invertida e menor.</p> <p><b>IME</b> (Imagem no Espelho Plano): Categoria para respostas sobre a formação da imagem no espelho plano com características como virtual, direta e de mesmo tamanho.</p> <p><b>VDE</b> (Variação de Distância na Lente): Categoria para discussões sobre como a variação na distância entre a lente e o objeto afeta o tamanho da imagem formada.</p> <p><b>BRL</b> (Brilho e Reflexão na Lente): Categoria para respostas que falam sobre como o brilho da imagem muda de acordo com a variação de parâmetros.</p> <p><b>PRM</b> (Parâmetros de Reflexão e Mudanças): Categoria que abrange respostas relacionadas às mudanças nos fenômenos de reflexão e imagem com base na alteração dos parâmetros físicos como o diâmetro e a distância focal.</p>				

Fonte: Autora da pesquisa 2024.

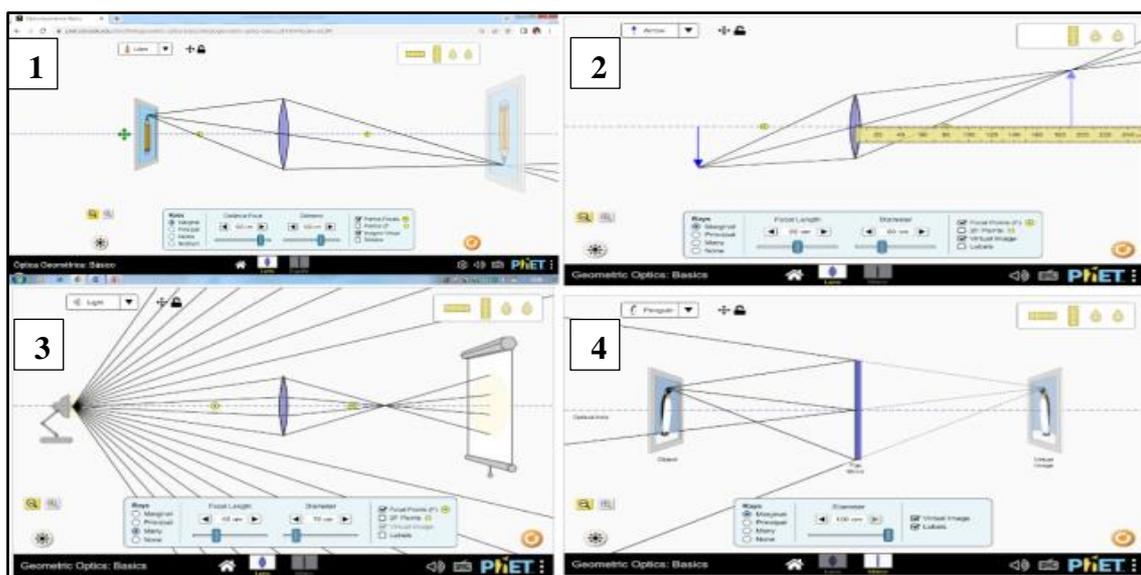
De forma geral, as respostas dos estudantes estão corretas e indicam uma compreensão sólida sobre a formação de imagens por lentes e espelhos, levando em consideração parâmetros como distância, diâmetro e brilho. De acordo com as categorias IML e IME, a maioria demonstra entender que as lentes convexas produzem imagens reais e invertidas, enquanto os espelhos planos formam imagens virtuais e diretas. Na categoria VDE, muitos estudantes reconhecem a variação no tamanho da imagem, que tende a ser menor nas lentes e igual nos espelhos.

Na categoria BRL, alguns estudantes mencionam de forma adequada que o diâmetro da lente e a distância focal têm impacto direto no tamanho e na distância da imagem em relação à lente, com maiores distâncias focais e diâmetros resultando em imagens mais afastadas e de maior tamanho. Quanto à categoria PRM, o brilho da imagem foi apontado como uma característica dependente da distância entre a lente e o objeto, quanto mais próxima à imagem está da lente, maior o brilho; à medida que a distância aumenta, o brilho tende a diminuir. Esse melhor entendimento confirma que o uso de simuladores PhET contribui significativamente para a melhoria da aprendizagem, alinhando-se à perspectiva de Laureiro, Cavalcante e Tavares (2019), que enfatiza a importância de integrar tecnologias aos processos educativos. Segundo os autores, “essas ferramentas são essenciais para potencializar a ação humana transformadora, promovendo um pensamento crítico, reflexivo, criativo e inovador tanto entre educadores quanto entre educandos”.

As respostas dos estudantes não apenas demonstram uma compreensão sólida dos conceitos de óptica, mas também atendem às exigências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O domínio dos fenômenos relacionados à formação de imagens por

lentes e espelhos, assim como a consideração de parâmetros físicos, reflete a capacidade dos estudantes de aplicar o conhecimento científico de forma prática e contextualizada. Essa abordagem está de acordo com os objetivos da BNCC, especialmente nas competências 2 e 3, bem como nas habilidades 201 e 306.

**Figura 8.** Simulações interativas sobre a reflexão da luz



Fonte: <https://phet.colorado.edu/>(2024).

Por meio das simulações interativas, os estudantes têm a oportunidade de desenvolver novas concepções sobre os conceitos já estudados. Nesse momento, é possível explorar diversas situações que levam a descobertas significativas. Como destacou Freitas (2022), "os simuladores estimulam o aprendizado significativo da Física". Enquanto nas aulas teóricas os estudantes enfrentam dificuldades para compreender conteúdos que muitas vezes são abstratos, as simulações tornam visíveis características que antes eram difíceis de entender. Um exemplo disso é a visualização da imagem virtual de um objeto atrás de um espelho, algo que se torna claro através do uso do simulador, como demonstrado no quadrante 4 da imagem acima. Segundo Queiroz, Silva e Medeiros (2023), "o PhET permite conduzir estudantes a um comportamento mais ativo no processo de ensino", o que facilita a compreensão de conceitos científicos.

**Imagem 1.** Participação dos estudantes na 1ª Atividade.



Fonte: Autora da pesquisa 2024.

Na primeira simulação, os estudantes foram capazes de identificar e qualificar fontes de luz primária e secundária, diferenciando-as como pontuais ou extensas. Eles também foram aptos a classificar a luz emitida como monocromática ou policromática, complementando a atividade 1. Além da descrição dos fenômenos estudados, os estudantes precisaram correlacionar conceitos teóricos com suas observações, explorando os simuladores PhET como parte de um processo de ensino e aprendizagem mais aprofundado sobre Óptica, especificamente luz e radiação. Esse procedimento permitiu não apenas a explicação dos fenômenos, mas também a aplicação prática dos conceitos, promovendo uma compreensão mais integrada do conteúdo como Lima, Chagas e Costa (2022) fazem ênfase em seus trabalhos.

**Quadro 9.** Respostas das duplas de estudantes com base no questionamento inicial da 2ª Atividade.

<b>Código Dupla</b>	<b>Estudantes</b>	<b>Questionamento inicial:</b> Considerando que a luz interage com a matéria provocando efeitos, qual o papel da luz para os seres vivos e quais fenômenos físicos estão envolvidos nesse processo de interação?
D1	E1/E2	<i>O papel da luz é suprir as necessidades dos seres vivos e os fenômenos físicos presentes são de reflexão refração, absorção e outros.</i>
D2	E3/E4	<i>A luz tem o papel de nos fazer enxergar.</i>
D3	E5/E6	<i>A luz nos faz enxergar por meio da reflexão.</i>
D4	E7/E8	<i>A luz é importante em várias áreas da sociedade, como medicina, agricultura, comunicação, energia, diagnósticos e tratamento de doenças.</i>
D5	E9/E10	<i>A luz tem a função de fazer funcionar os instrumentos elétricos através dos fenômenos de reflexão e refração, além da absorção e interferência.</i>
D6	E11/E12	<i>Além de contribuir para a prevenção de acidentes a luz proporciona um ambiente acolhedor, os fenômenos envolvidos são o de reflexão, refração e absorção.</i>
D7	E13/E14	<i>A luz serve para atender a necessidade de todos os seres vivos, desde as plantas que produzem seu próprio alimento até nós que conseguimos enxergar e fazer várias atividades através da luz que se processa de fontes diretas, como do sol, da energia, de uma lanterna e até do fogo.</i>

D8	E15/E16	<i>Tem papel fundamental para iluminar os lugares e serve para funcionar os aparelhos elétricos a partir dos princípios de reflexão e refração.</i>
D9	E17/E18	<i>Sem luz não teria vida, pois é dela que temos energia para viver. Os fenômenos que se percebe são de reflexão, de interferência e outros que não lembramos.</i>

Fonte: Autora da pesquisa 2024.

A maioria dos estudantes reconhece o papel central da luz em diversas funções essenciais para a vida, como a visão (D2, D3, D7) e a fotossíntese (D7). Além disso, alguns destacam a importância da luz para a sociedade em áreas como a medicina, agricultura, comunicação e energia (D4). Em outros casos, a luz é vista como um fator essencial para o funcionamento de aparelhos eletrônicos e a prevenção de acidentes (D5, D6, D8).

Os fenômenos mais citados pelos estudantes são a reflexão e a refração (D1, D5, D6, D8), que aparecem de forma recorrente nas respostas, indicando que esses conceitos foram bem compreendidos. Absorção também é mencionada em algumas respostas (D1, D5, D6), o que demonstra uma compreensão sobre como a luz pode ser absorvida por diferentes materiais. Interferência é mencionada em menor escala (D5, D9), mas reflete um conhecimento adicional sobre a natureza ondulatória da luz. Em outros Aspectos alguns estudantes (D1, D7, D9) mencionam a contribuição da luz para a manutenção da vida em um contexto mais amplo, destacando sua importância para a energia e o sustento dos seres vivos. Em contrapartida, algumas respostas são mais simplificadas (D2, D3), focando principalmente na função da luz para a visão, sem mencionar outros fenômenos ou aplicações.

Esses resultados mostram que os estudantes estão desenvolvendo não apenas o conhecimento teórico sobre óptica, mas também a habilidade de aplicar esses conceitos de maneira prática, dessa forma “a área de Ciências da Natureza tem contribuído com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada” como sugere a BNCC (BRASIL, 2018).

Vamos analisar as respostas obtidas na segunda atividade, com base na exploração do simulador PhET, considerando as seguintes situações propostas:

1. Explicar como a luz se desvia na interface entre dois meios e o que determina o ângulo.
2. Descrever como a velocidade e o comprimento de onda da luz muda em diferentes meios.

**Quadro 10.** Respostas das duplas de estudantes com base na utilização do simulador Phet.

Código	Estudante	Resposta 1. Desvio da luz:	Resposta 2. Velocidade e	Categorias
--------	-----------	----------------------------	--------------------------	------------

da Dupla		Reflexão e Refração	comprimento de onda	
D1	E1/E2	<i>Dependendo do meio o índice de refração faz com que as linhas se propagam e fica mais próxima da linha normal.</i>	<i>Quanto maior o índice de refração o comprimento da onda é menor e a velocidade de propagação diminui.</i>	DIR, VCO, LAD, IMP
D2	E3/E4	<i>Entre dois meios óptico e transparente, que no caso é o ar e a água, a velocidade de propagação muda.</i>	<i>Tanto a velocidade como o comprimento da onda diminui, por está em um meio de índice maior.</i>	DIR, LAD, IMP
D3	E5/E6	<i>O índice de refração por ser maior provoca o desvio da luz, fazendo com que ela se aproxime da reta normal e formando um ângulo menor.</i>	<i>A velocidade e o comprimento da onda diminuem porque o índice de refração da água é maior que do ar.</i>	DIR, VCO, LAD, IMP
D4	E7/E8	<i>Ao ser incidida a luz atravessa um meio diferente, é quando a luz é desviada mudando a velocidade e fazendo com que se aproxima da reta normal e isso quem explica é a lei de Snell.</i>	<i>Quando a luz viaja em diferentes meios sofre alterações tanto na sua velocidade como no seu comprimento de onda, por causa do maior índice presente.</i>	DIR, VCO, LAD, IMP
D5	E9/E10	<i>O índice de refração provoca o desvio da luz, isso porque os meios de propagação são diferentes.</i>	<i>O comprimento da onda e sua velocidade diminuem, deve ser porque o índice de refração é maior.</i>	DIR, LAD, IMP
D6	E11/E12	<i>O índice de refração causa o desvio da luz, acreditamos que seja porque a luz está se propagando em meios diferentes.</i>	<i>O comprimento da onda diminui e sua velocidade também. Para índices maiores sofre mudança dos fenômenos.</i>	DIR, LAD, IMP
D7	E13/E14	<i>O índice de refração determina o ângulo e faz com que a onda de luz se aproxima da reta normal.</i>	<i>Quanto maior o índice de refração menor é o comprimento de onda e também menor é sua velocidade.</i>	DIR, VCO, LAD, IMP
D8	E15/E16	<i>Dependendo do material (meio de propagação) a luz pode ser desviada causando mudança de velocidade e também determina o tamanho do ângulo formado, nesse caso, a onda ou raio de luz se aproxima da reta normal fazendo um ângulo menor em relação ao aumento do índice envolvido.</i>	<i>Quanto maior o índice de refração, menor é a velocidade da onda e de seu comprimento.</i>	DIR, VCO, LAD, IMP

#### **Análise da Refração: Mudanças na luz ao transitar entre meios**

**DIR** (Desvio da Luz e Índice de Refração): Categoria para respostas que mencionam como o índice de refração afeta o desvio da luz.

**VCO** (Velocidade e Comprimento de Onda em Meios Diferentes): Categoria para respostas que explicam mudanças na velocidade e no comprimento de onda devido ao índice de refração.

**LAD** (Lei de Snell e Ângulo de Desvio): Categoria para referências específicas à Lei de Snell ou como os ângulos são afetados.

**IMP** (Impacto do Meio na Propagação): Categoria para respostas que mencionam como diferentes materiais afetam a luz.

Fonte: Autora da pesquisa 2024.

Com relação à DIR (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8) o desvio da luz foi corretamente identificado em todas as respostas, evidenciando que os estudantes compreenderam a mudança na direção dos raios de luz ao atravessar meios com diferentes índices de refração. Quanto a VCO (D1, D3, D4, D7, D8) alguns estudantes mencionaram explicitamente a Lei de Snell, reforçando o conceito de que o desvio da luz depende do ângulo de incidência e da diferença nos índices de refração entre os meios. Sobre a categoria LAD (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8) em praticamente todas as respostas, os estudantes compreenderam que a velocidade da luz diminui ao passar por um meio com maior índice de refração. Para a IMP (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8) de forma semelhante, foi bem assimilado que o comprimento de onda diminui em meios de maior índice de refração, conforme a luz se propaga.

As respostas apresentadas deixam claro como o uso de simulações interativas transforma o pensamento dos estudantes. É provável que, se essa atividade tivesse sido realizada com base apenas em uma explicação teórica, as respostas fossem diferentes, e possivelmente mais de uma dupla teria apresentado respostas idênticas. Essa variação nas respostas ocorreu graças às simulações, confirmando as observações de Lima, Chagas e Costa (2022), que destaca as simulações do PhET como recursos eficazes para melhorar o processo de aprendizagem. Segundo os autores, os simuladores demonstram um grande potencial para facilitar a compreensão dos conteúdos ensinados, oferecendo uma experiência mais interativa e prática, o que contribui significativamente para o entendimento dos fenômenos físicos abordados.

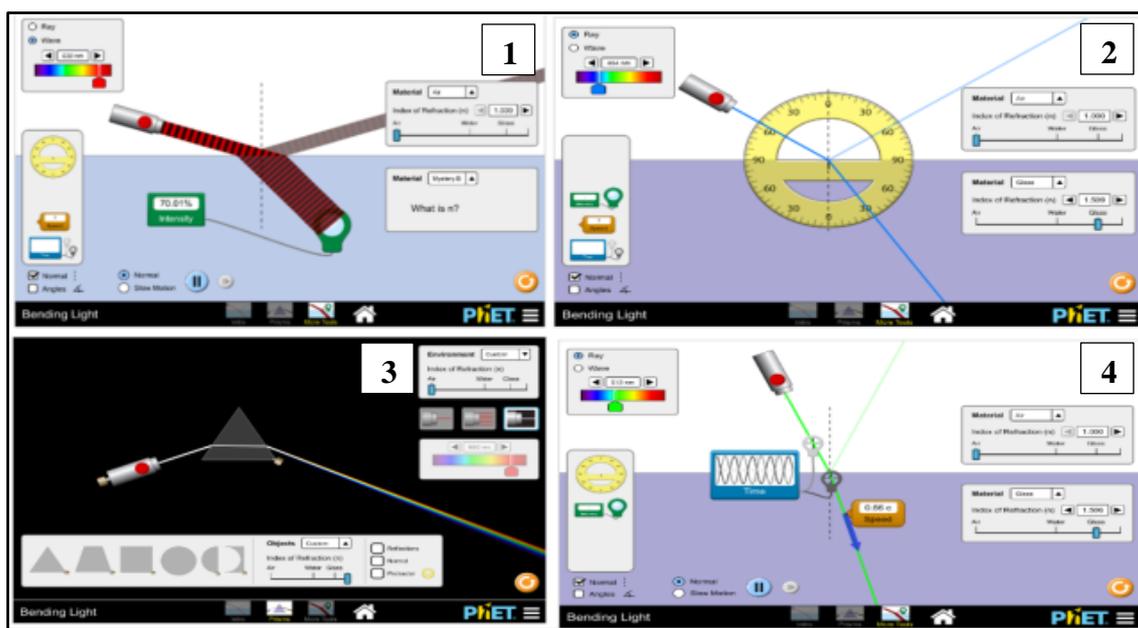
A explicação sobre o desvio da luz em meios diversos está bem elaborada e esclarecedora. Os estudantes evidenciaram um dos principais objetivos desta pesquisa: investigar se os simuladores virtuais PhET podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem de Física dos alunos da 2ª série do Ensino Médio. Nesse sentido, Melo *et. al.* (2020, p. 7) argumentam a respeito.

[...] o uso dos simuladores computacionais no ensino de Física é uma alternativa que pode possibilitar a melhoria do processo de ensino-aprendizagem, uma vez que, por meio das simulações o aluno tem a oportunidade de levantar e desenvolver hipóteses, testá-las, analisar e discutir resultados obtidos, melhorando a aprendizagem dos conteúdos, apresentando-se se como um poderoso recurso didático-pedagógico para atualizar, qualificar e aperfeiçoar o processo didático.

Conciliar o ensino de física com o uso de tecnologias potencializa a compreensão dos conceitos, como afirma Oliveira (2011). Silva, Belíssimo e Machado (2021) também destacam o papel essencial da tecnologia no processo de aprendizagem, ressaltando o quanto ela contribui para a assimilação de conteúdos de forma mais clara e eficiente. Assim, o uso

de recursos tecnológicos oferece uma abordagem mais interativa, facilitando o entendimento dos estudantes e enriquecendo o processo educacional. As imagens geradas pelo simulador utilizado estão apresentadas a seguir, ilustrando os fenômenos e conceitos trabalhados durante a atividade.

**Figura 9.** Simulações interativas sobre a refração da luz



Fonte: <https://phet.colorado.edu/>.

Este simulador permite observar a propagação de raios e ondas de luz em diferentes meios, como ar, água e vidro, conforme apresentado no quadrante 1. Ele é equipado com várias ferramentas que facilitam a medição de ângulos, como demonstrado no quadrante 2. Além disso, oferece a visualização dos diferentes núcleos do espectro eletromagnético no quadrante 3 e possibilita a mensuração da intensidade da onda de luz, bem como o tempo de propagação. Os estudantes percebem como a luz se comporta de forma normal ou em câmera lenta, conforme ilustrado no quadrante 4, entre outras possibilidades conforme o simulador seja explorado, Freitas (2022), recomenda que a interação dos estudantes com simulações computacionais possibilita que eles participem ativamente da construção dos conceitos e das relações entre eles, promovendo uma aprendizagem significativa. Essa abordagem favorece o engajamento no processo de aprendizagem, possibilitando que os estudantes explorem e compreendam de maneira mais aprofundada os fenômenos estudados.

Nas simulações realizadas, os estudantes relataram que aprender se tornou muito mais fácil ao observar os fenômenos de forma visível, o que lhes permitiu relacionar os conceitos com situações do cotidiano. Como destacou um estudante da dupla D3, “*agora eu entendo quando a luz bate numa janela de vidro. Quer dizer que a luz que vem do sol se*

*propaga no ar com uma velocidade maior e quando bate na janela, ela se propaga no vidro e nesse momento a velocidade do raio de luz vai diminuir”.*

Sem essa visualização dos fenômenos e a interação dos elementos que integram o processo educativo, o aprendizado dificilmente seria obtido de forma significativa, como assegura Oliveira (2011), “torna-se ‘elementar’ conciliar a aula de Física à tecnologia, de forma que ambas estejam efetivamente aliadas para a assimilação dos conteúdos.

Outra colocação feita durante a exploração do simulador por uma estudante da dupla D7 foi à seguinte: *“Quando a luz de uma lanterna bate num espelho ela volta, então isso acontece porque o meio de propagação não é transparente”.*

Observa-se que, com as colocações, agora é possível os estudantes associarem os fenômenos físicos estudados ao seu cotidiano, não somente nessas duas situações mais em muitas outras.

O que foi percebido durante a realização das atividades é que a turma de forma geral apresenta muita dificuldade na leitura e conseqüentemente na interpretação, sendo necessário o professor fazer a leitura em voz alta para todos, para que pudesse indicar a definição correta para cada conceito. Apresenta-se a imagem da participação de alguns estudantes na 2ª atividade.

**Imagem 2.** Participação dos estudantes na 2ª Atividade.



Fonte: Autora da pesquisa (2024).

De acordo com a segunda simulação, a maioria dos estudantes conseguiu reconhecer os principais fenômenos da óptica considerando situações vivenciadas no cotidiano, pois indicaram os conceitos estudados corretamente as suas definições, qualificando os meios de propagação da luz que foram listados, sendo esta uma parte complementar da atividade 2.

**Quadro 11.** Respostas das duplas de estudantes com base no questionamento da 3ª Atividade.

<b>Código Dupla</b>	<b>Estudantes</b>	<b>Questionamento inicial:</b> A radiação eletromagnética é um fenômeno que pode trazer benefícios à sociedade, mas também pode ser prejudicial à saúde, assim, em quais situações do cotidiano ela se faz presente?
D1	E1/E2	<i>Micro-onda, rádio, fone de ouvido sem fio, rede celular, sinal de TV, o prejudicial, o bom é que com a tomografia e radiografia doenças são descobertas, mais se as pessoas ficarem em contato por muito tempo é perigoso. E se for colocado uma dose muita alta de radiação seja na agricultura ou em outra coisa vai dar ruim.</i>
D2	E3/E4	<i>Raios-X, microondas, máquinas de exames, a radiação sendo utilizada com cuidado sempre será benéfica.</i>
D3	E5/E6	<i>Está presente quando ligamos o microondas ou aparelhos celulares e computador.</i>
D4	E7/E8	<i>Acesso à internet wifi, raios-X, no controle ao ligar a TV e em muitas outras coisas.</i>
D5	E9/E10	<i>Maquina de xérox e acesso a internet</i>
D6	E11/E12	<i>Máquina de bronzear, raio lazer, radioterapia, ressonância magnética.</i>
D7	E13/E14	<i>Microondas, celular, raios-X e ultrassom</i>
D8	E15/E16	<i>Processo de quimioterapia, telefone celular sinal via satélite.</i>
D9	E17/E18	<i>Está presente em muitas situações do cotidiano, desde o uso de dispositivos elétricos a realização de exames e tratamentos de algumas doenças.</i>

Fonte: Autora da pesquisa 2024.

Os estudantes apresentaram restrições em suas respostas, limitando-se ao essencial e não aprofundando as informações sobre a radiação, seja ela benéfica ou não. A única exceção é a dupla D1, que menciona onde a radiação eletromagnética está presente, além de esclarecer quando ela é benéfica e quando ela afeta a vida das pessoas, animais e do ambiente.

Apesar da radiação eletromagnética estar presente nas duas simulações das atividades anteriores, os estudantes não conseguiram relacioná-la ao questionamento inicial. Isso provavelmente deve ao fato de que a importância da radioatividade para a saúde da sociedade e do meio ambiente não foi discutida de forma detalhada.

É fundamental considerar que a turma pode não estabelecer associações imediatas entre as diversas influências abordadas. No entanto, é razoável acreditar que, gradativamente, esses estudantes começarão a perceber a interconexão entre os conceitos presentes nas simulações, que incluem luz, reflexão, refração, absorção e o espectro eletromagnético. Todos esses elementos estão constantemente presentes em seu entorno. Como afirma Santos (2017), a compreensão da óptica é essencial, pois se refere à parte da física que estuda a luz e sua interação com a matéria.

Por meio das simulações realizadas os estudantes puderam compreender em que equipamentos a reflexão e a refração se fazem presentes, além de sua importância para a visão, como menciona Silva et al. (2021) ao fazer ênfase que “várias aplicações das simulações computacionais vão dos mais simples contextos de demonstração até propostas de iniciação científicas” fazendo com que os estudantes se interessam mais pela ciência.

Para a realização da terceira atividade utilizando o simulador PhET, foram propostas duas situações problemas:

1. Descreva o que acontece com o espectro de corpo negro à medida que aumenta ou diminui a temperatura. O que acontece com a forma da curva e o pico desta curva?

2. Imagine que você veja dois objetos quentes e brilhantes - um está brilhando em laranja e o outro está brilhando em azul. Qual deles é mais quente? Justifique.

**Quadro 12.** Respostas das duplas de estudantes com base na utilização do simulador PhET.

Código da Dupla	Estudantes	Resposta 1. Relação entre Temperatura e Comprimento de Onda	Resposta 2. Cor mais Quente	Categorias
D1	E1/E2	<i>Quando é aumentada a temperatura o pico da curva é aumentado e quando diminui a temperatura o pico da curva também diminui.</i>	<i>A cor laranja, porque é considerada uma cor mais viva.</i>	TPC, TCO, CMQ
D2	E3/E4	<i>Quando aumenta o pico diminui o comprimento da onda e quando diminui a temperatura o comprimento da onda aumenta.</i>	<i>O azul é mais quente, deve ser porque a cor é mais intensa e porque é uma das cores primárias.</i>	TPC, TCO, IRC
D3	E5/E6	<i>Aumenta o pico e diminui a curva. Quanto maior a temperatura menor o comprimento da onda.</i>	<i>Azul é mais quente. Porque objetos com cores mais fortes emitem radiação em comprimentos de ondas mais curtos.</i>	TPC, TCO, CMQ, IRC, OCV
D4	E7/E8	<i>O pico da curva aumenta quando se aumenta a temperatura e a curva diminui. Quanta mais elevada a temperatura menor será o comprimento da onda.</i>	<i>A cor azul porque é uma das cores que o olho percebe, se não me engano são três e a azul é uma delas.</i>	TPC, TCO, OCV
D5	E9/E10	<i>Quanto mais alta a temperatura mais alta o pico da curva, quanto menor a temperatura menor o pico da curva.</i>	<i>O azul é mais quente está na cara, é mais forte.</i>	CMQ, OCV
D6	E11/E12	<i>Quando aumenta o pico o diâmetro da curva diminui e o diâmetro da curva aumenta. T maior, maior comprimento de onda, T menor, menor comprimento de onda</i>	<i>A cor azul porque tem mais intensidade, é uma que os olhos conseguem perceber devido sua frequência ser maior que a da laranja.</i>	TPC, TCO, CMQ, OCV
D7	E13/E14	<i>Se aumenta o pico diminui a temperatura. Se diminui o pico, maior temperatura.</i>	<i>É a laranja porque sua temperatura é mais forte.</i>	TPC, TCO, CMQ, OCV
D8	E15/E16	<i>Quanto maior o pico menor o comprimento. E quanto menor o pico maior a largura.</i>	<i>O azul porque está mais visível.</i>	TPC, TCO, IRC, OCV

D9	E17/E18	<i>O comprimento do pico aumenta quando a temperatura está baixa e diminui quando a temperatura está alta. O comprimento da onda é proporcional a temperatura, se está baixa o comprimento é maior e se está alta o comprimento é menor.</i>	<i>O azul sem dúvida é mais quente, porque apresenta mais intensidade na cor, como estudamos antes tem frequência maior e por isso pode ser captada pelos olhos.</i>	TPC, TCO, IRC,
<p><b>Análise da Interação entre Temperatura, Comprimento de Onda e Cores Quentes.</b></p> <p><b>TPC</b> (Temperatura e Pico da Curva): Categoria que descreve a relação entre a temperatura e o pico da curva de emissão, indicando como o aumento ou diminuição da temperatura afeta o pico.</p> <p><b>TCO</b> (Temperatura e Comprimento de Onda): Categoria que aborda como a temperatura influencia o comprimento de onda, ressaltando que temperaturas mais altas estão associadas a comprimentos de onda menores.</p> <p><b>CMQ</b> (Cor Mais Quente): Categoria para respostas que identificam a cor que é percebida como a mais quente e explicam o motivo dessa percepção, geralmente relacionado à intensidade e frequência.</p> <p><b>IRC</b> (Intensidade da Radiação e Cor): Categoria que fala sobre a intensidade da radiação emitida por objetos com cores diferentes, relacionando a emissão com comprimentos de onda mais curtos.</p> <p><b>OCV</b> (Observação das Cores Visíveis): Categoria para descrições sobre as cores visíveis e como é percebida em relação a diferentes temperaturas e comprimentos de onda.</p>				

Fonte: Autora da pesquisa 2024.

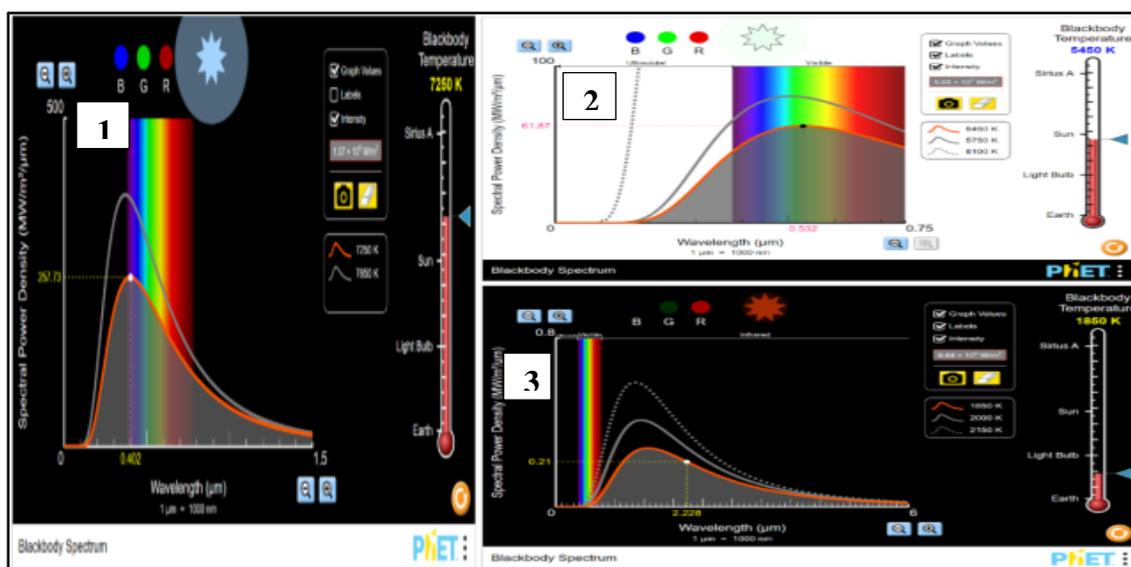
De acordo com a TPC a (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 e D8) a maioria dos estudantes reconheceu que o aumento da temperatura resulta em um aumento do pico da curva de emissão de radiação, enquanto a diminuição da temperatura leva à diminuição desse pico. Os estudantes também entenderam que, com o aumento da temperatura, o comprimento da onda diminui, enquanto a temperatura mais baixa resulta em um comprimento de onda maior. Essa compreensão demonstra um bom entendimento da relação inversa entre temperatura e comprimento de onda, conforme esperado. Os estudantes mostraram diferentes opiniões sobre qual cor é considerada mais quente. Para a TCO (D3, D4, D5, D6 e D7) a maioria identificou o azul como a cor mais quente, justificando que essa cor é mais intensa e está associada a objetos que emitem radiação em comprimentos de onda mais curtos. Outros estudantes (D1 e D8) mencionaram a cor laranja, destacando sua vivacidade e intensidade.

Com relação à CMQ (D3 e D6) as respostas também demonstraram um entendimento do fenômeno de emissão de radiação em relação à temperatura. Os estudantes explicaram que objetos com cores mais fortes emitem radiação em comprimentos de onda mais curtos, indicando uma boa compreensão do princípio físico que rege a emissão de luz e a relação com a temperatura. E sobre a IRC (D2, D4 e D8) alguns estudantes comentaram sobre a intensidade das cores e sua percepção visual. Eles indicaram que cores como o azul são percebidas com mais intensidade, o que contribui para sua associação com temperaturas mais altas. Além de discutir a temperatura, os estudantes associaram as cores a suas

intensidades e percepções, reconhecendo que a cor azul, por exemplo, é muitas vezes considerada "mais quente" devido à sua frequência mais alta em comparação à laranja, como apontado na OCV (D6 e D1).

Abaixo algumas imagens que possibilitaram aos estudantes uma compreensão melhor da temática estudada.

**Figura 10.** Simulações interativas sobre o espectro do corpo negro



Fonte: <https://phet.colorado.edu/> (2024).

Este simulador permite representar a Lei de Planck, possibilitando a construção de gráficos com valores precisos de densidade, temperatura, frequência e comprimento de onda de um corpo. Os usuários podem considerar diferentes fontes de luz, como a do sol ou de uma lâmpada. Uma das grandes vantagens de trabalhar com simulações é que os estudantes podem realizar experimentos repetidamente. Como destaca Macêdo (2012, p. 569), “as simulações possibilitam aos alunos observar, em poucos minutos, a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias, meses ou até anos em tempo real, além de permitir que o estudante repita a observação sempre que desejar”.

Dessa forma, acredito que a compreensão dos fenômenos físicos estudados será facilitada. Quanto mais o simulador for explorado, melhor será a assimilação do tema em questão. Cruz (2021, p. 105) corrobora essa ideia ao afirmar que “aqui o aluno manipula as variáveis, observa o gráfico e conclui, analisando a cor emitida, as relações com o mundo ao seu redor, construindo um aprendizado significativo, pois se torna o pesquisador ou agente ativo do processo”.

**Imagem 3.** Participação dos estudantes na 3ª Atividade.



Fonte: Autora da pesquisa 2024.

No momento de associarem os conceitos as suas definições, os estudantes se atrapalharam um pouco, mas, nada que interferissem em seus avanços, apenas se confundiram, provavelmente porque a atividade teve de ser lida, interpretada e respondida por conta própria, o professor dessa vez não fez a leitura para a turma. Afinal eles precisam da conta do seu processo de aprendizagem de forma autônoma e o simulador PhET oportuniza essa possibilidade como afirma Sampaio (2017), no que se refere a construção de novos conhecimentos.

**Quadro 13.** Respostas das duplas de estudantes com base no questionamento inicial da 4ª Atividade.

<b>Código Dupla</b>	<b>Estudantes</b>	<b>Questionamento inicial:</b> A luz visível é a parte do espectro eletromagnético que possui energia suficiente para provocar reações químicas nos fotorreceptores da retina, as quais são interpretadas pelo cérebro. Com base nessa afirmação, como se estabelece a associação entre a visão e as cores.
D1	E1/E2	<i>No olho contém a retina e nela existe um ponto que se chama córnea é nela que acontece a passagem da luz atingindo a íris e a pupila e juntas permite a concentração da luz fazendo com que a cor seja diferente na visão.</i>
D2	E3/E4	<i>As cores que vemos são captadas como luz que entra em nossos olhos e vão até nosso cérebro que faz uma leitura diferenciando cada cor.</i>
D3	E5/E6	<i>A luz que entre na nossa visão determina as cores que a gente vê, acreditamos que seja por causa da íris, parte colorida do olho que controla a quantidade da luz que faz a gente enxergar.</i>
D4	E7/E8	<i>A associação da visão e das cores é por causa da luz que faz enxergar. Se tudo ficar escuro não dar para enxergar nada.</i>
D5	E9/E10	<i>Sendo a luz visível parte do espectro eletromagnético emite todas as cores que chega a visão.</i>
D6	E11/E12	<i>A visão é o meio que podemos ver os objetos e também identificar as cores, por meio da retina do olho que é formada por nervo, recebe a luz e encaminha para o cérebro.</i>
D7	E13/E14	<i>Diferentes fragmentos de ondas dão a cor aos objetos os quais são vistos pelos olhos, a luz que chega ao olho é absorvidas e vai até o cérebro formando a visão.</i>
D8	E15/E16	<i>As cores que percebemos por nossa visão são processadas pelos nossos olhos, é</i>

		<i>essa relação que existe entre visão e cores.</i>
D9	E17/E18	<i>As cores que vemos são captadas da luz, a que chega aos olhos por ondas eletromagnéticas e permite o cérebro fazer distinção de cada cor dependendo do objeto ou coisa que olhamos a reflexão e a refração tá presente nesse meio.</i>

Fonte: Autora da pesquisa 2024.

Ao analisar as respostas das duplas, fica evidente o quanto elas avançaram em suas reflexões. Os estudantes estabeleceram de forma eficaz a relação entre visão e cores, expressando corretamente a conexão entre luz, olhos e a percepção das cores.

Embora todas as duplas tenham apresentado boas respostas, destaco as contribuições das duplas D1, D3, D6, D7 e D9, cujas respostas são mais detalhadas e eficazes. Essas duplas identificam partes do olho como instrumentos ópticos que formam as diversas imagens que percebemos no cotidiano, relacionando esses conceitos com os fenômenos físicos estudados, como reflexão e refração. Esse reconhecimento demonstra um avanço significativo na aprendizagem. É notório como é importante inserir tecnologias digitais no processo educativo, Barreto (2012) aponta que “essas ferramentas permitem a criação de espaços mais significativos de aprendizagem”.

Na quarta e última atividade da Sequência Didática proposta, que utiliza os simuladores PhET, as respostas refletem as simulações interativas realizadas, evidenciando o aprendizado adquirido. Para a realização da quarta atividade utilizando o simulador PhET indicado foram propostas duas situações:

1. Determine a cor que a pessoa vê para várias combinações de luz vermelha, verde e azul, justificando a resposta.
2. Descreva a cor da luz que é capaz de passar por filtros coloridos diferentes, justificando a resposta.

**Quadro 14.** Respostas das duplas de estudantes com base na utilização do Simulador PhET .

<b>Código da Dupla</b>	<b>Estudantes</b>	<b>Resposta 1. Observação das Cores</b>	<b>Resposta 2. Luz Branca e Amarela</b>	<b>Categorias</b>
D1	E1/E2	<i>É possível ver várias cores de acordo com o nível de cada uma das cores. Vimos rosa, verde claro, azul escuro, até chegar na branca. Então se olharmos para uma parede branca, a luz refletida dela vai entrar no olho com ondas coloridas.</i>	<i>Para a luz branca observo que todas as cores passam pela visão, mas se for a luz amarela, passo por todas as cores do filtro, mas a cor que passa pela visão é somente a amarela.</i>	OCN, CLB, LAA
D2	E3/E4	<i>Quando as cores se misturam no seu nível máximo vemos a cor branca, mas durante a mistura</i>	<i>Quando observamos as cores na luz amarela, só passa pela visão a luz amarela, ou</i>	OCN, CLB, FMF

		<i>gradativa das três cores indicadas, vemos outras cores como roxo, cinza e rosa.</i>	<i>vermelha se mudarmos a cor da lâmpada, mas se a luz for a branca se vê várias cores de fótons.</i>	
D3	E5/E6	<i>A mistura das cores formam outras cores, percebemos verde escuro, verde limão, azul claro e a branca se colocarmos todas no mesmo nível de intensidade.</i>	<i>Para a lâmpada branca, a cor será branca independente das cores do filtro, mas se a lâmpada for amarela continua vendo a cor amarela.</i>	OCN, CLB, LAA, FMF, IFC
D4	E7/E8	<i>Várias cores até formar a cor branca quando as três cores chegar ao topo de intensidade.</i>	<i>Quando vemos a cor branca, conforme o filtro for mudando vai mudando a cor da lâmpada. Quando é amarela fica amarela, quando é branca fica diversas cores.</i>	OCN, CLB, IFC
D5	E9/E10	<i>Independente da intensidade e quantidade de fótons forma várias cores diferentes.</i>	<i>Branca porque absorve todas os fótons.</i>	LAA, IFC
D6	E11/E12	<i>De acordo com a mudança de nível várias cores vão se formando, mais quando chega no nível máximo das três cores daí forma a cor branca.</i>	<i>Quando a lâmpada é branca os fótons são de várias cores. Quando é qualquer outra cor de lâmpada os fótons são da mesma cor.</i>	OCN, CLB, LAA, IFC
D7	E13/E14	<i>No máximo, as cores vermelha, verde e azul forma a cor branca, mais em outro ponto qualquer forma cores diferentes.</i>	<i>Mais se a cor da lâmpada for outra, no caso amarela, passa pela visão somente a cor amarela, se for azul, passa só a cor azul. Nesse caso as cores vão aparecendo a nossa visão de acordo com ambiente que estamos e com base na luz refletidas pelos objetos, se for verde, vamos perceber são o verde, se for preto, a luz será absorvida.</i>	OCN, CLB, LAA, IFC
D8	E15/E16	<i>Essas três cores são conhecidas como primárias e a combinação delas forma a cor branca.</i>	<i>Observando a luz branca vemos que os fótons ficam coloridos ao contrário das outras cores que não mudam.</i>	OCN, CLB, FMF, IFC
D9	E17/E18	<i>Essa combinação de cores resulta na cor branca, mais antes de chegar a ela percebemos outras cores, cinza, rosa, azul marinho e rosa claro.</i>	<i>Percebemos que a luz branca é formada por diferentes cores do espectro visível. Lembramos-nos do arco-íris que tem várias cores, então é resultado da luz branca. A luz entra na água e é refletida e refratada formando as sete cores.</i>	OCN, CLB, LAA

### **Análise das Cores: Interações e percepções em diferentes fontes de luz**

OCN (Observação das Cores Naturais): Categoria que descreve a observação de diferentes cores resultantes da mistura ou interação de luzes coloridas, como o surgimento de novas cores ao variar a intensidade.

CLB (Composição da Luz Branca): Categoria que trata da percepção da luz branca como a combinação de várias cores do espectro visível, mencionando fenômenos como o arco-íris.

LAA (Luz Amarela e Absorção): Categoria que explica a interação da luz amarela (ou de outras cores) com superfícies, destacando como as cores percebidas são resultado da absorção ou reflexão.

FMF (Formação das Misturas de Fótons): Categoria que fala sobre como as cores primárias (vermelha, verde, azul) se misturam para formar a luz branca ou outras cores visíveis.

IFC (Intensidade e Filtro de Cor): Categoria que aborda como a intensidade da luz e o uso de

filtros de cor afetam a percepção visual, descrevendo a mudança na cor observada conforme o ambiente ou a fonte de luz.

Fonte: Autora da pesquisa 2024.

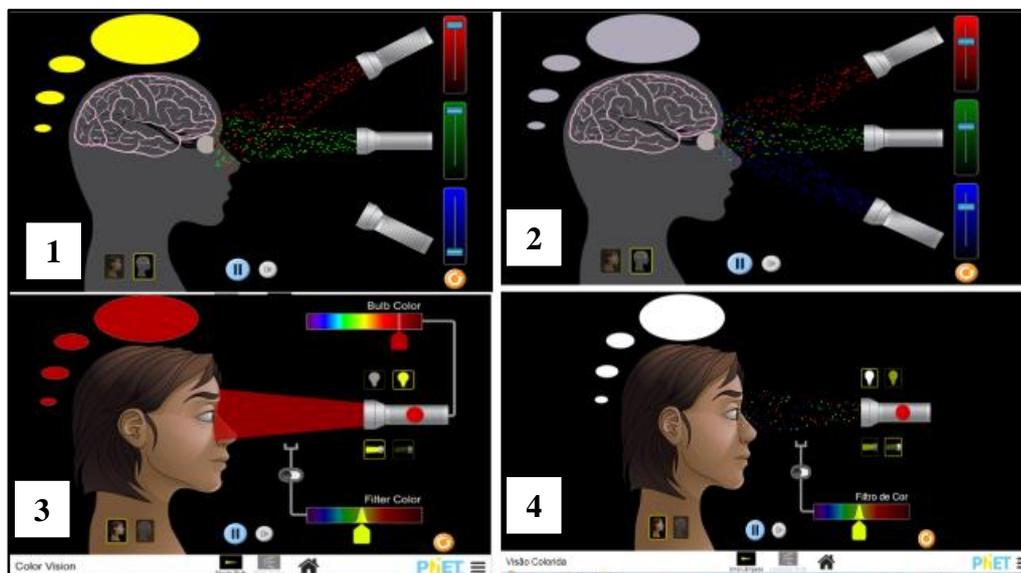
As duplas destacaram que a combinação de cores primárias (vermelho, verde e azul) leva à formação da cor branca. Resposta da OCN (D1, D2, D3, D4, D6 e D8) mencionaram que a intensidade das cores influencia a percepção, e que, ao atingir um nível máximo de mistura, a luz branca se forma. A observação de cores intermediárias, como rosa e verde, foi comum nas respostas. A interação da luz com filtros foi um ponto importante nas respostas. A CLB (D1, D2, D3, D4, D6 e D7) ressaltaram que a luz branca permite a visualização de várias cores, enquanto a luz amarela restringe a percepção às suas próprias tonalidades. Além disso, a observação de que diferentes lâmpadas (branca e amarela) afetam a visualização das cores foi consistente.

Na LAA (D1, D3 e D6), os estudantes comentaram que a luz branca é composta por várias cores do espectro visível, permitindo que os fótons coloridos sejam percebidos. As respostas também mencionaram que a luz branca é resultado da combinação de todas as cores, assim como a referência ao arco-íris reforçou essa ideia. A FMF, especialmente (D2 e D4), exploraram como a luz se comporta sob diferentes condições de iluminação, observando que, ao mudar o filtro, a cor percebida muda, enfatizando a interação da luz com o ambiente. Para IFC (D3, D5, D7 e D8) a percepção das cores em relação à fonte de luz foi um tema recorrente nas respostas, as duplas mencionaram que, sob luz amarela, apenas a cor correspondente é percebida, enquanto sob luz branca, várias cores são visíveis. A ideia de que a luz colorida é percebida de acordo com o ambiente e os objetos também foi comentada.

As respostas estão de acordo com as competências 2 e 4 com as habilidades específicas 1 e 3 previstas pela BNCC, as quais foram propostas para realização desta atividade.

Das quatro atividades propostas, cada uma utilizando um simulador PhET distinto, mas todas abordando o mesmo objeto de conhecimento (Óptica: Luz e Radiação), posso afirmar que esta foi a que os estudantes mais se dedicaram. Tanto com relação ao questionário inicial como das questões atendidas pelo simulador indicado.

**Figura 11.** Simulações interativas sobre visão colorida



Fonte: <https://phet.colorado.edu/> (2024).

Nas imagens, podemos observar quatro etapas das simulações realizadas pelos estudantes. Nas duas imagens superiores, é possível ver a transferência de luz resultante das combinações das cores, vermelha, verde e azul. Dependendo do nível de intensidade, essas cores se combinam, formando diferentes tonalidades e, ao se reunirem em sua máxima intensidade, produzem a cor branca.

Nas imagens inferiores, a transferência de luz é observada através de filtros coloridos. Quando se utiliza uma lâmpada amarela, a luz pode passar por todos os filtros, mas apenas uma cor é projetada nos olhos. Por outro lado, ao empregar a luz branca, ao percorrer os filtros, ela projeta fótons coloridos que, ao serem processados pelo cérebro, resultam na percepção da cor branca. Nesse momento, os estudantes demonstraram maior concentração na observação e exploração das simulações interativas. Isso se deve ao envolvimento direto entre o órgão da visão e o fenômeno da luz, um aspecto fundamental no estudo da óptica, conforme argumenta o autor mencionado abaixo.

A visão é um dos sentidos mais importantes do ser humano, pois é através dela que interagimos de forma mais rápida e eficiente com o mundo que nos cerca. Entretanto, para que isso ocorra, é necessário que haja luz, proveniente de uma fonte ou refletida pelos objetos, e que ela seja capaz de sensibilizar os nossos olhos. (SANTOS, 2017, p. 3).

Apesar de todos os fenômenos físicos estarem presentes na vida dos estudantes de alguma forma, existem uns que são mais fáceis de serem relacionados aos acontecimentos do dia a dia, outros não são percebidos, embora estejam muito em evidência, como no caso do controle de um equipamento, um ferro elétrico, cozimento dos alimentos, etc., mas o importante é que alguns conceitos foram compreendidos muito bem.

**Imagem 4.** Participação dos estudantes na 4ª Atividade.



Fonte: Autora da pesquisa (2024).

Nesta dissertação, são apresentados os resultados obtidos em consonância com o problema de pesquisa e os objetivos propostos. Realizou-se uma análise cuidadosa de todas as atividades realizadas, com base no modelo TPACK (Conhecimento Tecnológico, Pedagógico e de Conteúdo) e no uso dos simuladores virtuais PhET (Projeto Tecnológico para o Ensino de Física). Esses simuladores foram utilizados com o intuito de apoiar os agentes de ensino e aprendizagem no processo educacional.

**Imagem 5.** Participação dos estudantes envolvidos na pesquisa.



Fonte: Autora da pesquisa 2024.

Os resultados desta pesquisa estão em concordância com os achados de Queiroz, Silva e Medeiros (2023), que observaram que o uso de simuladores virtuais PhET contribuem para uma melhor compreensão dos conteúdos. No entanto, diferentemente do

estudo de Silva, Moraes e Leão (2022), que indicou dificuldades no uso dos simuladores, os estudantes deste estudo se adaptaram rapidamente ao ambiente digital, sugerindo que fatores como a familiaridade com a tecnologia podem ser determinantes para o sucesso da implementação da proposta.

### 3.5 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Com relação à verificação do questionário, o resultado do mesmo foi bastante positivo, a maioria dos estudantes acreditam que a estratégia metodológica utilizada tem grandes possibilidades de contribuir para aprimorar a aprendizagem.

Para analisar melhor os resultados que se referem à utilização dos Simuladores Virtuais PhET, foi realizada uma abordagem quantitativa para estabelecer o Ranking Médio (RM) no questionário, que utilizou uma escala Likert de 4 pontos para medir o grau de concordância ou discordância dos participantes em relação às afirmativas avaliadas. O cálculo do RM foi feito a partir da pontuação atribuída às respostas, considerando a frequência com que os respondentes escolheram cada nível de resposta. Na interpretação dos resultados, valores de RM menores que 3 foram considerados discordantes, enquanto valores maiores que 3 foram considerados concordantes.

O método de análise adotado para o cálculo do RM segue o procedimento de escala tipo Likert descrito por Malhotra (2001), aplicado também em estudos de Tresca e de Rose Jr. (2004) e Cassiano (2005). Abaixo está um exemplo de como o cálculo do RM foi realizado.

**Quadro 15:** Avaliação das Barreiras de Entrada.

QUESTÕES	FREQUENCIA DE SUJEITOS					RM
É necessária uma grande área de terra para entrar no negócio de Sementes de soja?	1	2	3	4		
	0	3	2	1		2,7
Média Ponderada = $(3 \times 2) + (2 \times 3) + (1 \times 4) = 16$						
Logo RM = $16 / (3+2+1) = 2,7$						

Fonte: Oliveira, 2005.

Os resultados indicam que todos os participantes demonstraram interesse, e a maioria concordou com a utilização desse recurso digital, a Plataforma PhET da Universidade do Colorado. A seguir, apresentamos os resultados detalhados no quadro abaixo.



De modo geral, os Rankings Médios (RM) obtidos para as diversas afirmativas situaram-se acima do valor de 3, indicando concordância. Isso sugere que os estudantes perceberam os simuladores PhET como eficazes tanto para facilitar a compreensão dos conceitos físicos de luz e radiação quanto para aplicar esses conceitos em situações do cotidiano, evidenciado nas afirmativas 1, 5, 6 e 8.

Particularmente, os aspectos que receberam os maiores índices de concordância dizem respeito à contribuição dos simuladores para o entendimento de fenômenos visuais e comportamentais da luz, como o desvio entre diferentes meios e a associação da óptica com o cotidiano que correspondem às questões 2, 3, 7 e 9. Esse alto nível de concordância reforça a eficácia do PhET para ilustrar fenômenos abstratos, que são difíceis de observar diretamente, auxiliando assim no desenvolvimento de uma compreensão mais prática e visual dos conceitos.

Algumas afirmativas apresentaram um nível de concordância ligeiramente menor, como o resultado das questões 4 e 10, embora ainda positivo. Essas afirmações, com valores mais próximos a 3, sugerem que os simuladores poderiam ser melhor explorados ou associados a outras estratégias didáticas.

Em suma, os dados reforçam o potencial dos simuladores PhET como recurso metodológico eficaz para o ensino de óptica, sendo especialmente valorizados pela capacidade de contextualizar conceitos físicos e tornar visíveis fenômenos de difícil observação. A análise sugere que os simuladores podem ter um impacto positivo no aprendizado, mas que seu uso pode ser enriquecido quando combinado com outras abordagens pedagógicas, proporcionando uma experiência de ensino mais completa e integrada.

De acordo com a aplicação da referida pesquisa, pode-se dizer que os processos de ensino e aprendizagem alcançaram resultados promissores, pois tanto a professora pesquisadora, como os estudantes da 2ª série do ensino médio foram motivados e desafiados a novas formas de ensinar e aprender. É nesse processo desafiador as possibilidades de mudança ocorreram.

Desde a avaliação diagnóstica, passando pela aplicação da sequência didática até os resultados do questionário, tornou-se evidente a importância de oferecer aos estudantes uma nova metodologia de ensino e aprendizagem. Esse processo é essencial para garantir a aprendizagem, conforme preconizado pela BNCC, além de potencializá-la, como destacam os autores do modelo TPACK. Eles, juntamente com estudiosos sobre tecnologias digitais, argumentam que, quando essas tecnologias são integradas de forma adequada, contribuem

significativamente para o aprendizado dos estudantes.

Nessa perspectiva, espera-se que, por meio do PE dessa dissertação, professores e estudantes das diversas áreas do conhecimento possam utilizar a estratégia metodológica aqui elencada para trabalhar em suas aulas, possibilitando que o ensino de ciências seja melhor compreendido e associado as situações do cotidiano.

O problema da pesquisa dessa dissertação se trata “Como os simuladores virtuais PhET podem contribuir com os processos de ensino e aprendizagem de física da 2ª série dos estudantes do ensino médio?”, e considerando os argumentos dos autores companheiros nessa empreitada no que diz respeito ao TPACK e aos SV PhET acredita-se que o problema foi muito bem respondido quando afirmam, que é necessário “o professor saber que estratégia metodológica utilizar para cada conteúdo, bem como por meio de que será ensinado, quais recursos podem fazer uso, dando assim qualidade no trabalho desenvolvido”. (MAZON, 2012, p. 32).

Que “o modelo TPACK expressa um saber que se diferencia do conhecimento de especialistas em tecnologia, de professores de áreas específicas ou de profissionais que dominam a didática geral”. (NAKASHIMA; PICONEZ 2016, p. 234).

Que “o simulador PhET é uma estratégia de ensino que desenvolve a imaginação, desperta o interesse dos estudantes e os aproximam mais do professor, proporcionando melhor aprendizagem, pois as simulações são ferramentas capazes de auxiliar o professor em sala de aula e melhorar a metodologia dele para ensinar a Física. (FREITAS, 2022, p. 18).

Mesmo que tenha ocorrido alguns entraves durante a implementação da pesquisa, de acordo com os envolvidos nesse processo considera-se um resultado significativo e satisfatório, tendo em vista que os estudantes ainda não haviam participado de aulas dessa natureza e pelo fato da escola não possuir um ambiente específico para esse tipo de atividade.

### 3.6 PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional (PE) desta dissertação foi desenvolvido com o auxílio dos simuladores virtuais do PhET, da Universidade do Colorado (<https://phet.colorado.edu/>). O PE consiste em uma sequência didática intitulada “Simuladores Virtuais PhET como metodologia para o ensino da Física”, destinada a professores e estudantes da educação básica, além de todos aqueles interessados em seu conteúdo. Este trabalho insere-se na linha de pesquisa “A” – Métodos pedagógicos e tecnológicos digitais no ensino de ciências, conforme as diretrizes estabelecidas pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Científica (PPGEC). A figura abaixo ilustra a etapa inicial do PE.

**Figura 12.** Produto Educacional Simuladores Virtuais PhET.



Fonte: Autora da pesquisa 2024.

Com a crescente presença das tecnologias digitais no âmbito educacional, o PE explora a utilização dos simuladores virtuais PhET para auxiliar os professores no desenvolvimento de suas aulas. Para isso, observa três elementos fundamentais e essenciais ao ensino e à aprendizagem: os conteúdos (Objeto de Conhecimento) na área da Física, as ações metodológicas (planejamento e elaboração das atividades) e as tecnologias digitais (Simuladores Virtuais PhET), buscando integrar esse conjunto para alcançar resultados significativos.

Por meio da plataforma PhET, tanto o ensino dos professores quanto a aprendizagem dos estudantes podem ser facilitados, permitindo uma interação mais rica e efetiva entre os conhecimentos necessários ao processo educativo. Essa abordagem é sustentada pelo modelo TPACK, que considera o conhecimento tecnológico (tecnologias digitais) e o conhecimento pedagógico (metodologia de ensino), conforme apresentado por Cibotto e Oliveira (2017).

O Objeto de Conhecimento (OC) escolhido para a implementação deste Produto Educacional foi a Óptica, em virtude de sua complexidade e de sua presença em diversas situações cotidianas que os estudantes frequentemente não conseguem perceber ou explicar. Portanto, compreender os fenômenos luminosos e relacioná-los, especialmente ao funcionamento da visão, é de extrema relevância e se torna necessário para uma formação mais aprofundada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que os recursos tecnológicos digitais têm sido rapidamente integrados ao campo educacional e estão diretamente ligados à vida dos estudantes, é fundamental utilizá-los nos processos de ensino e aprendizagem da Física. Esta área do conhecimento é frequentemente vista como complexa, especialmente no que diz respeito à compreensão dos fenômenos físicos abordados em sala de aula.

Nesse contexto, esta dissertação analisou as contribuições de uma Sequência Didática (SD) desenvolvida com base nas Simulações Virtuais (SV) do PhET, fundamentada no modelo TPACK, e destinada ao ensino da Óptica (luz e radiação) para estudantes da 2ª série do ensino médio. Desde o início, foi possível perceber que os estudantes se envolveram com a proposta, levando a resultados significativos.

Durante a avaliação diagnóstica, constatou-se que os estudantes nunca haviam estudado física utilizando o Simulador Virtual PhET, reforçando a pertinência da estratégia metodológica adotada. Conclui-se que essa abordagem agrega uma nova dimensão ao processo de ensino e aprendizagem. Tanto nas respostas abertas dos estudantes, que descrevem suas experiências com os simuladores virtuais PhET durante as atividades propostas, quanto nas respostas de concordância e discordância para cada alternativa do questionário Likert, evidencia-se a potencialidade da tecnologia digital para o avanço do aprendizado.

Os resultados obtidos estão alinhados com os objetivos específicos da pesquisa, essenciais para o alcance do objetivo geral. Para isso, considerou-se a elaboração da SD e sua aplicação conforme os conhecimentos pedagógicos e tecnológicos do conteúdo (TPACK). A elaboração da SD incluiu o planejamento, a seleção do objeto de conhecimento e a análise das competências e habilidades previstas, tudo segundo as diretrizes da BNCC, que garantem o aprendizado dos estudantes.

Essa abordagem possibilitou a definição de uma estratégia metodológica adequada para o ensino da Óptica. Como a escola não dispunha de um laboratório de informática, optou-se por utilizar os tablets disponibilizados para aplicação da pesquisa, que foram considerados neste estudo como o recurso tecnológico digital empregado para a realização das atividades propostas. A sala de aula foi o ambiente utilizado para essas atividades. Apesar das limitações, a metodologia e os mecanismos inovadores mostraram-se eficazes, por serem essenciais para auxiliar o desenvolvimento das aulas, especialmente ao esclarecer e relacionar o conteúdo ensinado com as vivências dos estudantes, conferindo maior significado ao aprendizado.

As Simulações Virtuais PhET se revelaram dispositivos capazes de representar fenômenos complexos que, de outra forma, seriam difíceis de perceber, como a propagação da luz. Embora não possamos ver a luz se deslocando da fonte até nós, as simulações permitem que os estudantes visualizem esses fenômenos e outros na área de ciências e em outras áreas. Assim, as simulações interativas do PhET do Colorado contribuem significativamente para a compreensão dos fenômenos físicos relacionados à Óptica, através da execução da SD proposta.

O modelo TPACK proporciona uma reflexão sobre a prática pedagógica dos professores, permitindo uma abordagem integrada, resultando em aulas de maior qualidade, interatividade e motivação. Seus elementos estão interconectados em prol da garantia de um aprendizado integral, conforme estipulado pela BNCC, que define as aprendizagens essenciais para os estudantes.

Ressalto que a utilização de Simulações Virtuais (SV) do PhET, integrada ao modelo TPACK, demonstrou ser eficaz no ensino de Óptica para estudantes da 2ª série do ensino médio. Os resultados afirmam que, ao permitir uma visualização clara de fenômenos complexos, as simulações não apenas facilitam a compreensão, mas também aumentam o envolvimento dos estudantes.

A experiência adquirida durante a pesquisa reforçou a importância da integração de tecnologias educacionais no currículo de Física, apontando para um caminho favorável, no intuito de melhorar o aprendizado. Contudo, é importante reconhecer que o estudo, em alguns momentos teve limitações, como acesso à internet, disponibilidade de aparelhos tecnológicos digitais de qualidade, pelo fato da escola ainda não ter laboratório de informática e processo de comunicação com alguns estudantes pelo fato de serem estrangeiros, mas nada que pudesse inviabilizar a pesquisa.

Por fim, acredita-se que a continuidade na exploração de ferramentas tecnológicas, como as SV do PhET, é essencial para o avanço do ensino de Ciências. Que este estudo sirva de estímulo para educadores e pesquisadores a buscarem inovações que tornem o aprendizado mais acessível e significativo, considerando que no estado de Roraima as investigações científicas ainda são bastante precárias com relação à temática pesquisada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Mariel José Pimentel de; ALENCAR, Anderson Fernandes de; COUTINHO, Clara Pereira. O TPACK e a taxonomia dos tipos de atividades de aprendizagem: frameworks para integração da tecnologia na educação. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, v. 16, n. 43, 2019. PPGE/UNESA. Rio de Janeiro.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CASSIANO, Reinaldo Mesquita. **Estratégias competitivas das empresas produtoras de sementes de soja: um estudo exploratório no Sul de Mato Grosso**. CNEC/FACECA. Faculdade Cenecista de Varginha. Mestrado em Administração e Desenvolvimento Organizacional. Varginha, 2005. (Dissertação).
- CIBOTTO, Rosefran Adriano Gonçalves; OLIVEIRA, Rosa Maria Moraes Anunciato. TPACK–Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo: Uma Revisão Teórica. **Imagens da Educação**, v. 7, n. 2, p. 11-23, 2017.
- CRUZ, Thales Allan Santos da. **O ensino do problema da radiação de corpo negro por meio de ambientes virtuais de aprendizagem: análise e inserção através do Google Meet aliado ao PhET simulations**. 2022. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/123456789/8888> Acesso 14 de jul. 2024.
- DIAS, Isabel Simões. Competências em Educação: conceito e significado pedagógico. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, SP, v. 14, n. 1, p. 73-78, jan./jun. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pee/a/XGgFPxFQ55xZQ3fXxctqSTN/?format=pdf&lang=pt#:~:text=Em%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20o%20conceito%20de,tarefas%20e%20de%20situa%C3%A7%C3%B5es%20educativas>. Acesso em 14 jul 2024.
- FEITOSA, Murilo Carvalho; LAVOR, Otávio Paulino. Ensino de Circuitos Elétricos com auxílio de um Simulador do PhET. **Revista REAMEC**, Cuiabá (MT), v. 8, n. 1, p. 125-138, jan.-abr. 2020.
- FIGUEIRA, Larissa Fonseca; DOROTEA, Nuno. Competência digital: DigCompEdu Check-In como ferramenta diagnóstica de literacia digital para subsidiar formação de professores. **Educação e Formação**, Fortaleza, v. 7, e8332, 2022. DOI: <https://doi.org/10.25053/redufor.v7.e8332>.
- FREITAS NETO, João Joaquim de. **Formação de professores da educação básica em Robótica Educacional: uma estratégia baseada no Modelo TPACK**. Porto Alegre, 2023. 91 f. Disponível em: <https://dspace.ifrs.edu.br/xmlui/handle/123456789/805> Acesso em 20 agos 2024.
- FREITAS, Tárício Barbosa de; CABRAL, Stênio Cavalier; JUNIOR, Sérgio Antônio Brum. Ensino de física em tempos de pandemia: a utilização do applet “forças e movimento”, da plataforma PhET Interactive Simulation, como ferramenta metodológica. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, e220101522796, 2021.
- FREITAS, Tárício Barbosa de. **Exploração de Simulações Computacionais como forma de estimular o aprendizado significativo de conceitos da Física**. Teófilo Otoni, 2022.

GERHARDT, Tatiane Engel. SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIRCOREANO, José Paulo; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. **o ensino da óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão**. *Cad.Cat.Ens.Fís.*, v. 18, n.1: p. 26-40, abr. 2001.

INFOESCOLA. Espectro eletromagnético. 2024. Disponível em: <https://infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>. Acessado em: 30 ago. 2024.

LOUREIRO, Ana Claudia; CAVALCANTI, Carolina Costa; TAVARES, Cristina Zukowsky. **Concepções docentes sobre o uso das tecnologias na educação**. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, V. 17, n.º 3, dezembro, 2019.

LARA, Alessandro Luiz de; et al. **Ensino de Física mediado por Tecnologias de Informação e Comunicação: um relato de experiência**. XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2013 – São Paulo, SP. 2013.

LEÃO, Marcelo Franco. SOUTO, Daise Lago Pereira. **Objetos educacionais digitais para o ensino de física**. *Revista Tecnologias na Educação – Ano 7 - número 13 – Dezembro 2015* - <http://tecnologiasnaeducacao.pro.br/>.

LEONE, Robson; et al. **Contribuições e desafios do uso de tecnologias e metodologias ativas na prática docente: uma proposta pedagógica utilizando o modelo TPACK**. XI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2022).

LIMA, Hélio Guedelha de. **Uso do simulador PhET e da experimentação como recursos facilitadores para o ensino de equilíbrio químico com alunos do ensino médio de uma comunidade ribeirinha do Baixo Rio Branco, Roraima**. – Boa Vista (RR): UERR, 2020. 100f.

MACÊDO, Josué Antunes de; DICKMAN, Adriana Gomes; ANDRADE, Isabela Silva Faleiro de. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v. 29, n. Especial 1: p. 562 613, set. 562 2012.

MACHADO, Andreia de Bem; ALMERAYA, Juan Martín Ceballos. **Educação e competências digitais pós-pandemia: cenários e perspectivas em tempos de incertezas**. Livro eletrônico, 1.ed. – Curitiba-PR: Editora Bagai, 2021. Disponível em: <https://editorabagai.com.br/product/educacao-e-competencias-digitais-pos-pandemia-cenarios-e-perspectivas-em-tempos-de-incertezas%E2%80%89/> Acesso em 20 agos 2024.

MALHOTRA, Naresh. **Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MAZON, Michelle Juliana Savio. **TPACK(Conhecimento Pedagógico de Conteúdo Tecnológico): relação com as diferentes gerações de professores de Matemática**. 2012. 124 f.

MARTINS, Sabrina Oliveira; SERRÃO, Caio Renan Goes; SILVA, Maria Dulcimar de Brito. **O uso de simuladores virtuais na educação básica: uma estratégia para facilitar a**

**aprendizagem nas aulas de química.** Revistas Ciências & Ideias. VOLUME 11, N.1 – JANEIRO/ABRIL 2020.

MOREIRA, Marco Antonio. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 43, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhqLy/abstract/?lang=pt>. Acesso em 03 mar 2024.

MOREIRA, Marco Antônio. Ensino de Física no século XXI: desafios e equívocos. **Revista do Professor de Física**. Brasília, vol. 2, n. 2018.

MOREIRA, Marco Antônio. **Uma análise crítica do ensino de Física**. Estudos Avançados 32 (94), 2018.

NAKASHIMA, Rosária Helena Ruiz; PICONEZ Stela Conceição Bertholo. Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): modelo explicativo da ação docente. ISSN 1982-7199 | DOI: <http://dx.doi.org/10.14244/198271991605>. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 10, n. 3, p. 231-250, 2016.

NAKASHIMA, Rosária Helena Ruiz. A dialética dos conhecimentos pedagógicos dos conteúdos tecnológicos e suas contribuições para a ação docente e para o processo de aprendizagem apoiados por ambiente virtual. Tese (Doutorado – Programação de Pós-Graduação em Educação). São Paulo: 248p., 2014.

NASCIMENTO, Tiago Lessa. **Repensando o ensino da Física no ensino médio**.

Monografia (Graduação em Licenciatura Plena em Física) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia. Fortaleza, 2010. Disponível em:

[https://www.uece.br/posla/wp-content/uploads/sites/28/2021/08/tiago\\_lessa\\_nascimento.pdf](https://www.uece.br/posla/wp-content/uploads/sites/28/2021/08/tiago_lessa_nascimento.pdf)

OLIVEIRA, Luiz Kildery de Melo. **O ensino de Física numa perspectiva de inovação pedagógica**. Fortaleza-CE, 2011. Monografia submetida ao Programa Especial de Formação Pedagógica de Docentes em Física, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Física, outorgado pela Faculdade Integrada da Grande Fortaleza-FGF. Disponível em:

[http://www.nead.fgf.edu.br/novo/material/monografias\\_fisica/LUIZ\\_KILDERY\\_DE\\_MEL\\_O\\_OLIVIERA.pdf](http://www.nead.fgf.edu.br/novo/material/monografias_fisica/LUIZ_KILDERY_DE_MEL_O_OLIVIERA.pdf). Acesso em 20 mar 2024.

OLIVEIRA, Luciel Henrique de. **Exemplo de cálculo de Ranking Médio para Likert**.

Notas de Aula. Metodologia Científica e Técnicas de Pesquisa em Administração. Mestrado em Adm. e Desenvolvimento Organizacional. PPGA CNEC/FACECA: Varginha, 2005.

PEREIRA, Givaldo Da Silva. **Modelo TPACK na formação de professores: possibilidade para fomentar o uso das tecnologias digitais no ensino de geometria nos anos iniciais**.

2022. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ensino de Ciências Exatas, Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 19 dez. 2022. Disponível em:

<http://hdl.handle.net/10737/3466>. Acesso em 20 mar 2024.

PhET. **Simulações interativas para o ensino de ciência e matemática**. 2024. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/pt_BR). Acesso em: 19 ago 2024.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico** / Cleber Cristiano Prodanov, Ernani Cesar de Freitas. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUEIROZ, Joelma de Pontes Silveira. **A importância do uso da tecnologia como ferramentapedagógica na sala de aula.** Educação e Tecnologias – inovação em cenários em transição. De 26/06 a 13/07 de 2018.

QUEIROZ, Thayane Rodrigues de; SILVA, Jusciane da Costa e; MEDEIROS, Subênia Karine de. **O uso de simulador virtual como instrumento facilitador no ensino de física: um estudo de caso na aprendizagem de circuitos elétricos.** Contemporânea – Revista de Ética e Filosofia Política, v. 3, n. 5, 2023. ISSN 2447-0961

RORAIMA. **Documento Curricular de Roraima (DCRR).** Secretaria Estadual de Educação eDesporto (SEED). Boa Vista–RR, SEED, 2019.

SAMPAIO, Iracilma da Silva. **O simulador PhET como recurso metodológico no ensino de reações químicas no primeiro ano do ensino médio com aporte teórico na teoria de Ausubel.** – Boa Vista (RR), UERR, 2017. 104f.

SANTOS, Magno de Oliveira. **Utilização de simuladores virtuais no ensino de matemática.** Revista Educação e Ciências Sociais, UNEB, Salvador.v.6, n10, jan – jun. de 2023 - ISSN 2595-9980 DOI: <https://doi.org/10.38090/recs.2595-9980.v6.n10.12951>.

SANTOS, José Silva dos. **Óptica geométrica – a construção de conceitos através da experimentação.** Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) –Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2017.

SILVA, Drayton Mário da. TAVARES, Carla Valéria Ferreira. **O uso da tecnologia como meioauxiliar para o ensino da física: uma abordagem geral sobre sua importância e possibilidades.** Educação e Tecnologias – inovação em cenários em transição. De 26/06 a 13/07de 2018.

SILVA, Marcele Borges da; MORAES, Devacir Vaz de; LEÃO, Marcelo Franco. Concepçõesdos estudantes de Ensino Médio de uma escola pública mato-grossense sobre o entendimento dos conceitos da Física após utilizar a plataforma PhET Interactive Simulations. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, e20611528802, 2022.

SILVA, W. A.; OLIVEIRA, J. V.; VOLTOLINI, L. Reflexões teóricas sobre a utilização de tecnologias digitais no ensino superior em decorrência das restrições impostas pela pandemia do novo Coronavírus. **RITECiMa**, Foz do Iguaçu, v.1, p. 114-135, 2021.

SILVA, Wender Antônio da; COSTA, Fernando Albuquerque. Reflexões teóricas sobre o lugar e o papel das tecnologias digitais na formação inicial de professores em Portugal. **Pesquisa e Debate em Educação**, Juiz de Fora: UFJF, v. 12, n. 1, p. 1-20, e35328, jan./jun. 2022. ISSN 2237-9444. DOI: <https://doi.org/10.34019/2237-9444.2022.v12.35328>.

SILVA, A. G; SOUZA, G. F; LOPES, J. S. B. **Ensino de física com uso de simuladores virtuais: potencial de utilização em sala de aula.** HOLOS, Ano 39, v.1, e14365, 2023

SIQUEIRA, Kleber Saldanha. **Linguagem e tecnologias digitais no ensino da física como elementos facilitadores da aprendizagem.** A **Revista Processando o Saber.** 2023 (ISSN: 2179-5150) é publicada pela Fatec Praia Grande Multidisciplinar - Revisão por pares - Acesso aberto - [www.fatecpg.edu.br/revista](http://www.fatecpg.edu.br/revista) - [revista@fatecpg.edu.br](mailto:revista@fatecpg.edu.br)

TRESCA, Rosemary Pezzetti e DE ROSE JR, Dante. **Estudo comparativo da motivação intrínseca em escolares praticantes e não praticantes de dança.** Disponível em: <http://www.ucb.br/mestradoef/rbcm/downloads/a1v8n1.pdf>. Acesso em: 28 set 2024.

VIEIRA, Leandro Moreira; RAGG Desirée Gonçalves. Ondas Eletromagnéticas e os fenômenos da luz: uma proposta de Sequência Didática para alunos da Educação de Jovens e Adultos Ensino Médio / Leandro Moreira Vieira – São Mateus–ES, **Revista Humanidades e Inovação**, v.6, n.12 - 2019. Disponível em: <https://revista.unitins.br/index.php/humanidadeseinovacao/article/view/1169/1115>

## ANEXO 1

### DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO

**Instituição:** Universidade Estadual de Roraima

**Curso:** Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**Título:** SIMULADORES VIRTUAIS PHET COMO METODOLOGIA PARA O ENSINO DA ÓPTICA COM ESTUDANTES DA 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

A/O pesquisador (a) do presente projeto compromete-se a:

- Desenvolver o projeto de pesquisa aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Roraima, ficando responsável por qualquer alteração que realizar, sem a devida autorização do CEP/UERR, que venha a causar danos ao participante pesquisado. Caso haja a necessidade de alteração, o pesquisador compromete-se a enviar emenda ao projeto seguindo os trâmites da Plataforma Brasil para análise e consequente aprovação.

Boa Vista, 25 de outubro de 2023.

---

**Maria da Paixão Sousa Silva (RG: 223.305 SSP/RR)**  
Assinatura da Pesquisadora

## ANEXO 2

### TERMO DE CONFIDENCIALIDADE

**Instituição:** Universidade Estadual de Roraima

**Curso:** Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**Título:** Simuladores Virtuais PhET como metodologia para o ensino da Óptica com estudantes da 2ª Série do Ensino Médio

**Pesquisadora:** Maria da Paixão Sousa Silva

A/O pesquisador (a) do presente projeto se comprometem a preservar a privacidade dos participantes da pesquisa, assim como, de qualquer informação por eles prestada. Os dados coletados e disponibilizados para a pesquisa serão acessados exclusivamente pela equipe de pesquisadores e a informação arquivada em papel não conterá a identificação dos nomes dos sujeitos elencados. Este material será arquivado de forma a garantir acesso restrito aos pesquisadores envolvidos com a pesquisa, e terá a guarda por **cinco anos**, quando será incinerado.

Concorda, igualmente, que essas informações serão utilizadas única e exclusivamente para execução do presente projeto. As informações somente poderão ser divulgadas de forma anônima e serão mantidas nos computadores das salas dos grupos de pesquisa da instituição envolvida sob responsabilidade da **Prof.<sup>a</sup> Maria da Paixão Sousa Silva**.

Este projeto foi avaliado por um Comitê de Ética em Pesquisa e aprovado sob n° \_\_\_\_\_.

Boa Vista, 25 de outubro de 2023.

---

**Maria da Paixão Sousa Silva (RG: 223.305 SSP/RR)**  
Assinatura da Pesquisadora

Para esclarecer eventuais dúvidas ou denúncias ligue para UERR/CEP na rua Sete de Setembro, n.º 231 - Bairro Canarinho; Tels.: (95) 2121-0953; Horário de atendimento: Segunda a Sexta das 08 às 12 horas.

Nome da pesquisadora responsável: Maria da Paixão Sousa Silva  
Endereço completo: Rua Dom Pedro I – Bairro Mecejana, nº1250, CEP: 69.301-190  
Telefone: (95) 99143-2380

### ANEXO 3

#### REGISTRO DE CONSENTIMENTO DE LIVRE E ESCLARECIDO (RCLE) – PAIS E/OU RESPONSÁVEIS

**Instituição:** Universidade Estadual de Roraima

**Curso:** Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

**Título da Pesquisa:** **Simuladores virtuais PhET como metodologia para o ensino da óptica com estudantes da 2ª série do ensino médio**

**Pesquisadora:** Maria da Paixão Sousa Silva

**Orientadora:** Dr. Wender Antônio da Silva

Prezado (a) responsável,

Este Registro de Consentimento Livre e Esclarecido tem o propósito de solicitar a sua autorização para que o seu filho (a) possa participar do projeto de pesquisa: **Simuladores virtuais PhET como metodologia para o ensino da óptica com estudantes da 2ª série do ensino médio**. O objetivo desta pesquisa científica é “**Analisar como os simuladores virtuais PhET integrado ao modelo TPACK pode contribuir com os processos de ensino e aprendizagem da Óptica com estudantes da 2ª série do ensino médio**”.

A pesquisa justifica-se, pela necessidade de professores e estudantes aprimorarem habilidades de utilização de plataformas e/ou instrumentos tecnológicos que colaborem e potencializem os processos de ensino e aprendizagem, permitindo assim a construção do conhecimento, o qual é indispensável para a formação cidadã, além de possibilitar uma estratégia metodológica diferenciada para o aprimoramento das práticas educacionais. Para tanto, faz-se necessária (o) a participação dos envolvidos em um estudo sobre o objeto de conhecimento Óptica (luz e radiação) considerando a óptica geométrica, os fenômenos ópticos, espectro do corpo negro e visão colorida, situações que estão presentes no cotidiano, e que na maioria das vezes falta compreensão de alguns conceitos por serem questões teóricas bem abstratas. Nesse sentido, com o auxílio dos simuladores virtuais PhET os conceitos dos objetos de conhecimento mencionados poderão ser observados na prática a partir das simulações realizadas, as quais serão efetuadas utilizando-se os tablets que foram distribuídos na escola pelo governo, uma vez que estes possuem chip que possibilita acesso à internet para baixar as simulações pertinentes ao estudo da Óptica e utilizar consequentemente o aparelho para realizar cada simulação a respeito da luz e radiação. A metodologia que será utilizada busca integrar os conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e de conteúdo, formando, assim, um conjunto de elementos essenciais para potencializar a aprendizagem dos estudantes. Em alguns momentos durante o desenvolvimento da pesquisa serão colhidas informações e feitos registros de imagem dos envolvidos, lembrando que todas as informações e imagens serão tratadas de forma confidencial, não permitindo o conhecimento de nenhum dos participantes pesquisados. Dessa forma, você responsável pelo participante, autoriza o uso das informações e imagem?

( ) SIM, eu responsável autorizo a divulgação da imagem e/ou voz do meu filho(a) e

( ) NÃO, eu responsável não autorizo a divulgação da minha imagem e/ou voz do meu filho(a).

Quaisquer registros feitos durante a pesquisa não serão divulgados, mas o relatório final, contendo citações anônimas, estará disponível quando estiver concluído o estudo, inclusive para apresentação em encontros científicos e publicação em revistas

especializadas. Ressalto que será mantido o sigilo e a privacidade dos participantes em todas as fases da pesquisa. Pode-se destacar que o estudo dos conceitos pode beneficiar o estudante na melhor compreensão ou mesmo aprimoramento das habilidades cognitivas conceituais a respeito do tema.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Estadual de Roraima, sob parecer nº (xxx) e a Secretaria de Educação e Desporto de

2/2

Roraima – SEED/RR e a Escola Estadual Hildebrando Ferro Bitencourt, tem conhecimento e incentiva a realização da pesquisa.

Este REGISTRO, em duas vias, é para certificar que eu, \_\_\_\_\_, na qualidade de responsável pelo participante, autorizo a participar do projeto científico acima mencionado.

Estou ciente de que a participação do meu filho (a) na pesquisa apresenta risco mínimo, pois não haverá nenhum tipo de contato com material químico ou perigoso, mas pode ser que algum estudante tenha desconforto ao ver um pesquisador na sala de aula. Além disso, eles podem, caso desejem, deixar de participar da pesquisa sem nenhum prejuízo, embora continuem na atividade por fazer parte da rotina escolar. A pesquisa terá riscos mínimos, podendo haver risco de constrangimento, cansaço ou stress ao responder alguma pergunta, no entanto, o participante terá o direito de não responder perguntas ou testes escritos até que se sinta à vontade e confortável para continuar. Quanto ao sigilo dos participantes, os dados serão mantidos em um computador com acesso restrito por meio de senha pelos pesquisadores.

Estou ciente de que, como responsável pelo estudante, terei direito a esclarecimentos sobre a forma de acompanhamento e assistência a que terão direito os participantes da pesquisa, inclusive considerando benefícios e acompanhamentos posteriores ao encerramento e/ou a interrupção da pesquisa.

Estou ciente de que, como responsável, posso recusar e retirar meu consentimento, encerrando a participação do meu filho(a) qualquer tempo, sem penalidades.

Estou ciente de que não haverá formas de ressarcimento ou de indenização pela participação da criança que sou responsável no desenvolvimento da pesquisa. Por fim, sei que terei a oportunidade para perguntar sobre qualquer questão que eu desejar, e que todas deverão ser respondidas a meu contento.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura do responsável pelo participante

Eu **Maria da Paixão Sousa Silva** (pesquisador responsável) declaro que serão cumpridas as exigências contidas na Resolução CNS 510/16.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura do Pesquisador Responsável

**Para esclarecer eventuais dúvidas ou denúncias ligue para:**

**Nome da Pesquisadora:** Maria da Paixão Sousa Silva

**Telefone:** (95) 99143-2380

**Endereço completo:** Rua Dom Pedro I, nº. 1250, bairro Mecejana.

CEP/UERR Rua Sete de Setembro, nº 231 - Bairro Canarinho (sala 201)

Tels.: (95) 2121-0953

Horário de atendimento: Segunda a Sexta das 08 às 12 horas.

## ANEXO 4

### REGISTRO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO – PADRES Y/O RESPONSABLES

Institución: Universidade Estatal de Roraima  
 Curso: Programa de Postgrado en Enseñanza de las Ciencias  
 Título de la Investigación: Simuladores virtuales PhET como metodología para la enseñanza de la óptica a estudiantes de 2º de secundaria

Investigadora: Maria da Paixão Sousa Silva  
 Asesor: Dr. Wender Antônio da Silva

Estimado responsable,

Este Acta de Consentimiento Informado tiene como objetivo solicitar su autorización para que su hijo pueda participar en el proyecto de investigación: **Simuladores virtuales PhET como metodología para la enseñanza de la óptica a estudiantes de 2do grado de secundaria**. El objetivo de esta investigación científica es **“Analizar cómo los simuladores virtuales PhET integrados con el modelo TPACK pueden contribuir a los procesos de enseñanza y aprendizaje de Óptica con estudiantes de 2do grado de secundaria”**.

La investigación se justifica por la necesidad de que docentes y estudiantes mejoren habilidades en el uso de plataformas y/o instrumentos tecnológicos que colaboren y potencien los procesos de enseñanza y aprendizaje, permitiendo así la construcción de conocimientos, lo cual es fundamental para la formación de ciudadanía, además de posibilitar una estrategia metodológica diferenciada para mejorar las prácticas educativas. Para ello, es necesario que los involucrados participen en un estudio sobre el objeto de conocimiento Óptica (luz y radiación) considerando la óptica geométrica, los fenómenos ópticos, el espectro del cuerpo negro y la visión de colores, situaciones que están presentes en la vida cotidiana, y que la mayoría de las veces hay falta de comprensión de algunos conceptos porque son cuestiones teóricas muy abstractas. En este sentido, con la ayuda de los simuladores virtuales PhET se podrán observar en la práctica los conceptos de los objetos de conocimiento antes mencionados a partir de las simulaciones realizadas, las cuales se llevarán a cabo utilizando las tabletas que fueron distribuidas en la escuela por parte del gobierno, ya que cuentan con un chip que permite acceder a internet para descargar simulaciones relevantes para el estudio de la Óptica y consecuentemente utilizar el dispositivo para realizar cada simulación respecto a luz y radiación. La metodología que se utilizará busca integrar la conocimientos pedagógicos, tecnológicos y de contenidos, conformando así un conjunto de elementos esenciales para potenciar el aprendizaje de los estudiantes. En momentos durante el desarrollo de la investigación se recolectará información y se tomarán registros de imágenes de los involucrados, recordando que toda la información e imágenes serán tratadas de manera confidencial, no permitiéndose el conocimiento de ninguno de los participantes investigados. Por tanto, ¿es usted responsable de que el participante autorice el uso de la información e imagen?

- ( ) SÍ, autorizo la divulgación de la imagen y/o voz de mi hijo y  
 ( ) NO, no autorizo la publicación de mi imagen y/o voz de mi hijo.

No se divulgarán los registros realizados durante la investigación, pero el informe final, que contiene citas anónimas, estará disponible cuando finalice el estudio, incluso para

su presentación en reuniones científicas y su publicación en revistas especializadas. Hago hincapié en que se mantendrá la confidencialidad y privacidad de los participantes en todas las etapas de la investigación. Se prede resaltar que el estudio de conceptos puede beneficiar al estudiante en una mejor comprensión o incluso mejorar las habilidades cognitivas conceptuales respecto al tema.

Este proyecto fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación en Humanos de la Universidad Estatal de Roraima, bajo dictamen n° (xxx) y el Departamento de Educación y Deportes de Roraima – SEED/RR y la Escola Estadual Hildebrando Ferro Bitencourt, tiene conocimiento y

2/2

fomenta la investigación.

La presente INSCRIPCIÓN, en dos copias, es para certificar que yo,  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, como responsable del participante, autorizo la participación en el proyecto científico antes mencionado.

Soy consciente de que la participación de mi hijo en la investigación presenta un riesgo mínimo, ya que no habrá contacto con materiales químicos o peligrosos, pero puede darse el caso de que un estudiante se sienta incómodo al ver a un investigador en el aula. Además, si lo desean, pueden dejar de participar en la investigación sin ningún perjuicio, aunque continuarán en la actividad por formar parte de la rutina escolar. La investigación tendrá riesgos mínimos, pudiendo existir riesgo de vergüenza, cansancio o estrés al responder una pregunta, sin embargo, el participante tendrá derecho a no responder preguntas o pruebas escritas hasta que se sienta a gusto y cómodo para continuar. En cuanto a la confidencialidad de los participantes, los datos se guardarán en un ordenador con acceso restringido mediante contraseña por parte de los investigadores.

Soy consciente de que, como responsable del estudiante, tendré derecho a recibir aclaraciones sobre la forma de seguimiento y asistencia a la que tendrán derecho los participantes de la investigación, incluida la consideración de beneficios y seguimiento después del cierre y/o interrupción de la investigación.

Soy consciente de que, como tutor, puedo negar y retirar mi consentimiento, dando por terminada la participación de mi hijo en cualquier momento, sin penalización.

Soy consciente de que no habrá ningún tipo de reembolso o compensación por la participación del niño de mi responsabilidad en el desarrollo de la investigación. Finalmente, sé que tendré la oportunidad de hacer cualquier pregunta que desee, todas las cuales deberán ser respondidas a mi entera satisfacción.

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Firma del responsable del participante

Yo Maria da Paixão Sousa Silva (investigadora responsable) declaro que se cumplirán los requisitos contenidos en la Resolución CNS 510/16.

---

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Firma del Investigador Principal

Para aclarar cualquier duda o queja llamar al:

Nombre del investigador: Maria da Paixão Sousa Silva

Teléfono: (95) 99143-2380

Dirección completa: Rua Dom Pedro I, nº. 1250, barrio Mecejana.

CEP/UERR Rua Sete de Setembro, nº 231 - Bairro Canarinho (sala 201)

Tel.: (95) 2121-0953

Horario de atención: lunes a viernes de 8 a 12 horas

## ANEXO 5

### REGISTRO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (RALE)

#### **Simuladores virtuais PhET como metodologia para o ensino da Óptica com estudantes da 2ª Série do Ensino Médio**

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa, cujo pesquisador responsável é **Maria da Paixão Sousa Silva** da **Universidade Estadual de Roraima - UERR**, sob a orientação do **prof. Dr. Wender Antônio da Silva**. Este documento, chamado Registro de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante da pesquisa, sendo elaborado em duas vias, assinadas e rubricadas pelo pesquisador e pelo participante, sendo que uma via deverá ficar guardada com você.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Registro para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

#### **Justificativa e objetivos:**

A pesquisa justifica-se, pela necessidade de professores e estudantes aprimorarem habilidades de utilização de plataformas e/ou instrumentos tecnológicos que colaborem e potencializem os processos de ensino e aprendizagem, permitindo assim a construção do conhecimento, o qual é indispensável para a formação cidadã, além de possibilitar uma estratégia metodológica diferenciada para o aprimoramento das práticas educacionais. Para tanto, faz-se necessária(o) a participação dos envolvidos em um estudo sobre o objeto de conhecimento Óptica (luz e radiação) considerando a óptica geométrica, os fenômenos ópticos, espectro do corpo negro e visão colorida, situações que estão presentes no cotidiano, e que na maioria das vezes falta compreensão de alguns conceitos por serem questões teóricas bem abstratas. Nesse sentido, com o auxílio dos simuladores virtuais PhET os conceitos dos objetos de conhecimento mencionados poderão ser observados na prática a partir das simulações realizadas, as quais serão efetuadas utilizando-se os tablets que foram distribuídos na escola pelo governo, uma vez que estes possuem chip que possibilita acesso à internet para baixar as simulações pertinentes ao estudo da Óptica e conseqüentemente utilizar o aparelho para realizar cada simulação a respeito da luz e radiação. A metodologia que será utilizada busca integrar os conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e de conteúdo, formando, assim, um conjunto de elementos essenciais para potencializar a aprendizagem dos estudantes. Em alguns momentos durante o desenvolvimento da pesquisa serão colhidas informações e feitos registros de imagem dos envolvidos, lembrando que todas as informações e imagens serão tratadas de forma confidencial, não permitindo o conhecimento de nenhum dos participantes pesquisados.

Dessa forma a pesquisa apresenta os seguintes objetivos: Geral: Analisar como os simuladores virtuais PhET integrado ao modelo TPACK pode contribuir com os processos de ensino e aprendizagem da Óptica com estudantes da 2ª série do ensino médio. Objetivos específicos: a) Diagnosticar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito dos simuladores virtuais PhET e da Óptica; b) Identificar o nível de aprendizagem dos estudantes a partir da aplicação de uma sequência didática sobre a Óptica (luz e radiação); c) Verificar as contribuições da sequência didática aplicada e as percepções dos estudantes quanto ao desenvolvimento do ensino e aprendizagem da Óptica a partir dos simuladores virtuais PhET.

**Procedimentos:**

Após a aprovação pelo CEP/UERR, você será convidado a participar de uma dinâmica de estudo a respeito do objeto de conhecimento Óptica (luz e radiação) que acontecerá de acordo com os seguintes momentos:

**Primeiro momento** (contempla a 1ª e a 2ª aula): que inclusive inicia-se com aplicação de uma avaliação diagnóstica (roda de conversa) para apropriação do que os estudantes já conhecem a respeito do estudo da Óptica (luz e radiação) e outras atividades que serão descritas;

**Segundo momento** (contempla a 3ª e a 4ª aula): Serão demonstrados os fenômenos ópticos por meio da utilização dos simuladores virtuais PhET considerando a luz curvada, como denominado na plataforma do colorado.

**Terceiro momento** (contempla a 5ª e a 6ª aula): Será demonstrado “corpo negro”, Lei de Planck, Radiação eletromagnética e aspectos da astronomia por meio da utilização dos simuladores virtuais PhET utilizando o “Espectro do corpo negro”, como denominado na plataforma do colorado.

**Quarto momento** (contempla a 7ª e a 8ª aula): Serão demonstrados as características pertinentes a “luz colorida” por meio da utilização dos simuladores virtuais PhET considerando a visão colorida, como denominado na plataforma do colorado. E aplicação de um questionário (final) com opções para marcação sobre a temática de estudo, onde será verificado o nível de abstração dos conceitos e a percepção dos estudantes sobre a utilização dos simuladores PhET.

**Desconfortos e riscos:**

A pesquisa terá riscos mínimos, conforme a Resolução 510/2016, podendo haver risco como constrangimento, cansaço, estresse ou mesmo desinteresse quanto a participação e envolvimento nos momentos propostos, no entanto, o participante terá o direito de não se envolver ou participar da dinâmica de estudo ou mesmo ficar fora de alguns momentos até que se sinta à vontade e confortável para continuar, também a quebra de sigilo dos participantes, no entanto para resguardar o sigilo, os dados serão mantidos em um computador com acesso restrito através de senha pelos pesquisadores.

**Benefícios:**

A pesquisa poderá beneficiar os estudantes com uma estratégia metodológica diferenciada da costumeira, possibilitando outros benefícios quanto a utilização de recursos digitais (plataforma), visualização de fenômenos, que na teoria são considerados abstratos, de difícil compreensão, tornando os conceitos mais esclarecidos e entendidos. Além da aquisição das competências digitais que estarão envolvidas nos momentos propostos.

**Sigilo e privacidade:**

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado, terá um código para cada participante a fim de representa-lo.

**Acompanhamento e assistência:**

A qualquer momento, antes, durante ou até o término da pesquisa, os participantes poderão entrar em contato com os pesquisadores para esclarecimentos e assistência sobre qualquer aspecto da pesquisa em danos decorrentes da pesquisa.

**Contato:**

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o/a pesquisador (a) Maria da Paixão Sousa Silva, residente na Rua Raul Cunha, nº. 1250, bairro Mecejana, cel: (95) 99143-2380.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Roraima, endereço Rua sete de setembro, 231, sala 201, TELEFONE: 2121-0953, Horário de atendimento: Segunda a Sexta das 08 às 12 horas, e-mail cep@uerr.edu.br.

**Consentimento livre e esclarecido:**

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar:

\_\_\_\_\_  
Nome do(a) participante

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Responsabilidade do Pesquisador:**

Asseguro ter cumprido as exigências da Resolução CNS nº 510 de 2016. Artigo 2º, item V, na elaboração do protocolo e na obtenção deste Registro de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguo, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP CAAE\_\_\_\_\_. Comprometo-me a utilizar o material e os dados que serão obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador Responsável

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Nome do responsável

## ANEXO 6



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS

1/1

## CARTA DE ANUÊNCIA

Ilustríssima Senhora  
Hilda Maria Freire Montysuma  
Gestora da Escola Estadual Hildebrando Ferro Bitencourt

Solicitamos autorização institucional para realização da pesquisa intitulada **Simuladores Virtuais PhET como metodologia para o ensino da Óptica com estudantes da 2ª Série do Ensino Médio** a ser realizada na Escola Estadual Hildebrando Ferro Bitencourt, pela aluna de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, **Maria da Paixão Sousa Silva** sob orientação da Prof. Dr. **Wender Antônio da Silva**, com o(s) seguinte(s) objetivo(s): Geral: **Analisar como os simuladores virtuais PhET integrado ao modelo TPACK pode contribuir com os processos de ensino e aprendizagem da Óptica com estudantes da 2ª série do ensino médio.** Objetivos específicos: a) **Diagnosticar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito dos simuladores virtuais PhET e da Óptica;** b) **Identificar o nível de aprendizagem dos estudantes a partir da aplicação de uma sequência didática sobre a Óptica (luz e radiação);** c) **Verificar as contribuições da sequência didática aplicada e as percepções dos estudantes quanto ao desenvolvimento do ensino e aprendizagem da Óptica a partir dos simuladores virtuais PhET.**

Ao mesmo tempo, pedimos autorização para que o nome desta instituição possa constar no relatório final bem como em futuras publicações na forma de artigo científico. Ressaltamos que os dados coletados serão mantidos em absoluto sigilo de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS/MS) 510/16 que trata da Pesquisa envolvendo Seres Humanos. Salientamos ainda que tais dados serão utilizados somente para realização deste estudo.

Na certeza de contarmos com a colaboração e empenho desta Diretoria, agradecemos antecipadamente a atenção, ficando à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MARIA DA PAIXÃO SOUSA SILVA  
Data: 23/11/2023 08:09:00-0300  
Verifique em <https://validar.itu.gov.br>

— **Maria da Paixão Sousa Silva** —  
Pesquisador(a) Responsável do Projeto

Concordamos com a solicitação  
 Não concordamos com a solicitação

BOA VISTA, 23 de novembro de 2023.

Prof.ª Dra. Hilda Maria Freire Montysuma  
Diretoria da Instituição onde será realizada a pesquisa  
(CARIMBO)

Hilda Maria Freire Montysuma  
Gestora  
Escola Est. Professor Hildebrando Ferro Bitencourt  
Dec. Nº 60-P de 23.01.23



Comitê de Ética em Pesquisa - CEP  
Rua 7 de Setembro, 231/ Sala 201 - Cani  
CEP 69306-530 / Boa Vista - RR - Brasil  
Fone: (95) 2121-0953  
E-mail: cep@uerr.edu.br  
www.uerr.edu.br

## ANEXO 7



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** SIMULADORES VIRTUAIS PHET COMO METODOLOGIA PARA O ENSINO DA ÓPTICA COM ESTUDANTES DA 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

**Pesquisador:** PAIXÃO SILVA

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 76036923.7.0000.5621

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 6.594.625

#### Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo

PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_2252790.pdf postado 14 de dezembro de 2023 e no arquivo PROJETO\_MESTRADO.docx postado dia 14 de dezembro de 2023.

Este projeto tem como título: "SIMULADORES VIRTUAIS PHET COMO METODOLOGIA PARA O ENSINO DA ÓPTICA COM ESTUDANTES DA 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO" cuja pesquisadora é PAIXÃO SILVA acadêmica do Mestrado em Ensino de Ciências pela UERR, sob orientação do Prof. Wender Antônio da Silva. Introdução: Frente a essa falta de competência digital à possibilidade de ingressar no Mestrado Profissional no Ensino de Ciências, surgiu a ideia de desenvolver um estudo a respeito das competências digitais, intitulado-se "Simuladores virtuais PhET como metodologia para o ensino da Óptica com estudantes da 2ª Série do Ensino Médio". Nesse sentido, é de conhecimento de muitos profissionais, principalmente da educação que as Competências Digitais são imprescindíveis no mundo globalizado. Silva e Costa (2022, p. 9) sinalizam que "visivelmente professores e alunos estão imersos na era digital, o que nos deixa em uma situação complexa pela necessidade de formar competências para enfrentar com certa autonomia as grandes possibilidades e desafios deste mundo globalizado, acelerado e incerto". Por ser uma situação complexa é que é fundamental fortalecer o vínculo que há entre professores, estudantes e competências digitais para que se possa de fato culminar uma aprendizagem significativa. Figueira

**Endereço:** Rua Sete de Setembro, 231 - Sala 201

**Bairro:** Canarinho

**CEP:** 69.306-530

**UF:** RR

**Município:** BOA VISTA

**Telefone:** (95)2121-0953

**Fax:** (95)2121-0949

**E-mail:** cep@uerr.edu.br

## APÊNDICE 1

### ATIVIDADES DESENVOLVIDAS COM AUXÍLIO DOS SV PHET

#### ATIVIDADE 1. Óptica (Estudo da luz e radiação)

**Questionamento inicial:** Para se enxergar é preciso que a luz se propague nos olhos até atingir o cristalino, nesse sentido, qual a natureza da luz e como ela pode ser conceituada?

---

---

**Questões com base na exploração do simulador virtual PhET “Óptica geométrica: noções básicas”.**

1. Explique como uma imagem é formada por uma lente convergente ou espelho plano usando diagramas de raios. \_\_\_\_\_

---

---

2. Como a alteração dos parâmetros de uma lente (distância focal, diâmetro) afeta onde a imagem é formada e como ela aparece (ampliação, brilho e inversão)? \_\_\_\_\_

---

---

3. Prever onde uma imagem será formada, dada à distância do objeto e os parâmetros ópticos.

---

---

#### Questões complementares

4. Relacionar a fonte de luz, tamanho e emissão ao seu conceito:

A. Fonte de luz primária

B. Fonte de luz secundária

C. Luz puntiforme

D. Luz extensa

E. Monocromática

F. Policromática.

( ) cuja dimensão é desprezível em comparação com a distância a que é observada.

( ) luz composta por uma combinação de duas ou mais cores.

( ) luz composta de apenas uma cor.

( ) são capazes de apenas refletirem a luz que incide sobre

( ) cuja dimensão não pode ser desprezível em comparação com a distância a que é observada.

## APÊNDICE 2

### ATIVIDADE 2. FENÔMENOS ÓPTICOS (REFRAÇÃO E REFLEXÃO)

**Questionamento inicial:** Sabendo que a luz interage com a matéria provocando efeitos, qual o papel da luz para os seres vivos e quais fenômenos físicos estão envolvidos nesse processo de interação? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_.

#### Questões com base na exploração do simulador virtual PhET “Luz curvada”.

1. Explicar como a luz se desvia na interface entre dois meios e o que determina o ângulo.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

2. Descrever como a velocidade e o comprimento de onda da luz muda em diferentes meios.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

3. Descrever o efeito da mudança de comprimento de onda do ângulo de refração.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

#### Questões complementares

4. Relacionar os fenômenos físicos e meios de propagação da luz ao seu conceito:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| A) Reflexão          | ( ) consiste na mudança da velocidade da luz ao passar de um meio para o outro.                      |
| B) Refração          | ( ) fenômeno óptico em que a luz é separada em suas diferentes cores quando refratada.               |
| C) Absorção          | ( ) acontece quando um raio luminoso atinge uma superfície refletora e retorna ao seu meio original. |
| D) Dispersão         | ( ) são aqueles em que a luz pode ser transmitida de forma parcial.                                  |
| E) Meio transparente | ( ) são aqueles que não possibilitam a transmissão da luz.   |
| F) Meio translúcido  | ( ) são aqueles em que a luz pode ser transmitida quase em sua totalidade.                           |
| G) Meio opaco        | ( ) fenômenos responsáveis pelas cores dos corpos iluminados.  |

## APÊNDICE 3

### ATIVIDADE 3. ESPECTRO DE CORPONEGRO (RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA)

**Questionamento inicial:** A radiação eletromagnética é um fenômeno benéfico à sociedade, mas também pode ser prejudicial à saúde, assim, em que situações do cotidiano ela está presente? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_.

**Questões com base na exploração do simulador virtual PhET “Espectro do corpo negro”.**

1. Descreva o que acontece com o espectro de corpo negro à medida que aumenta ou diminui a temperatura. O que acontece com a forma da curva e o pico desta curva?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

2. Imagine que você veja dois objetos quentes e brilhantes - um está brilhando em laranja e o outro está brilhando em azul. Qual deles é mais quente?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

3. Encontre a relação entre a temperatura e o comprimento de onda no pico da curva e registre. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

**Questões complementares**

1. Relacionar cada alternativa

A) Corpo negro

B) Lei de Planck

C) Astronomia

D) Radiação eletromagnética

( ) postulou que a energia emitida por cada oscilador harmônico se dar em pacotes (quantum).

( ) considerada como um conjunto de ondas (elétricas e magnéticas) cuja velocidade no vácuo é ( $C = 3 \times 10^8$  m/s).

( ) definido como um meio ou substância que absorve toda energia incidente sobre ele, nenhuma parte da radiação incidente é refletida ou transmitida.

( ) ciência que estuda os corpos celestes e o Universo, ou seja, os planetas, estrelas, cometas, etc.

## APÊNDICE 4

### ATIVIDADE 4. VISÃO COLORIDA (VISÃO, LUZ E CORES)

**Questionamento inicial:** A luz visível é a parte da onda eletromagnética que possui energia suficiente para gerar uma reação química nos fotorreceptores da retina, que será interpretada pelo cérebro, a partir dessa afirmativa, explique a associação entre a visão e as cores. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Questões com base na exploração do simulador virtual PhET “Visão colorida”.

1. Determine a cor que a pessoa vê para várias combinações de luz vermelha, verde e azul, quando observado no seu nível máximo de intensidade. Justifique: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Descreva a cor da luz que é capaz de passar por filtros coloridos diferentes. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### Questões complementares

3. Relacionar os fenômenos físicos e meios de propagação da luz aos seus conceitos:

- a) Fótons
- b) Luz monocromática
- c) Luz policromática
- d) Composição da luz
- e) Decomposição da luz.

( ) fenômeno que ocorre na natureza quando as gotículas da água no ar agem sobre a luz, formando o arco-íris.

( ) aquela composta por uma combinação de duas ou mais cores, como, por exemplo, a luz branca emitida pelo sol ou por lâmpadas comuns.

( ) são partículas que compõem a luz e podem ser definidos como pequenos “pacotes” que transportam a energia contida nas radiações eletromagnéticas.

( ) formada pela propagação em conjunto de um campo elétrico e um magnético. Como é característico da radiação eletromagnética

( ) aquela composta de apenas uma cor, como, por exemplo, a luz amarela emitida por lâmpadas de sódio.

## APÊNDICE 5

### SIMULADORES VIRTUAIS PHET INTEGRADO AO MODELO TPACK COMO METODOLOGIA PARA O ENSINO DE ÓPTICA COM ESTUDANTES DA 2ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

Mestranda: Profa. Maria da Paixão Sousa Silva

Escola de implementação: Escola Estadual Hildebrando Ferro Bitencourt

Público objeto da intervenção: Estudantes da 2ª Série do Ensino Médio

Participante: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

DADOS COLETADOS CONSIDERANDO OS 18 ESTUDANTES PARTICIPANTES.

<b>Com relação aos Simuladores Virtuais PhET nas aulas de Óptica (Física), em que medida você concorda ou discorda com cada uma das afirmativas a seguir?</b>					
Nº	AFIRMATIVAS	C	C.T.	D.	D.T.
1	Os Simuladores virtuais PhET são instrumentos que possibilitam uma melhor compreensão dos conceitos físicos estudados sobre luz e radiação.	10	05	01	02
2	A Utilização do simulador virtual PhET contribui bastante para associar a óptica a situações do nosso cotidiano.	14	03	01	00
3	As simulações realizadas no simulador PhET permite a diferenciação entre raios luminosos e ondas luminosas.	12	04	02	00
4	Através do simulador PhET é mais fácil entender o papel da luz para os seres vivos e o meio ambiente.	11	02	02	03
5	Os Simuladores virtuais PhET são capazes de reproduzir fenômenos abstratos, os quais muitos vezes não são perceptíveis a olho nu.	08	07	02	01
6	As simulações realizadas no simulador PhET esclarece como as imagens são formadas em espelhos e lentes.	11	04	02	01
7	É possível perceber o desvio da luz entre os meios com índices de refração a partir de uma simulação do PhET.	13	05	00	00
8	Durante as simulações ficou entendido que a luz visível é a parte da onda eletromagnética que possui energia suficiente para o funcionamento da visão.	08	08	02	00
9	Os Simuladores virtuais PhET são ótimas estratégias metodológicas para auxiliar nos processos de ensino e aprendizagem da Óptica.	10	08	00	00
10	As simulações utilizadas no PhET contemplam significativamente o estudo da luz associado às cores.	08	05	05	00
<b>Legenda:</b>					
C: Concordo		CT: Concordo totalmente			
D: Discordo		DT: Discordo Totalmente			