

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PIAUÍ



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

ISAIAS DO NASCIMENTO SILVA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA PROBLEMATIZAÇÃO DAS CONCEPÇÕES
ALTERNATIVAS SOBRE ABSORÇÃO, REFLEXÃO E REFRAÇÃO**

**TERESINA
2023**

ISAIAS DO NASCIMENTO SILVA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA PROBLEMATIZAÇÃO DAS CONCEPÇÕES
ALTERNATIVAS SOBRE ABSORÇÃO, REFLEXÃO E REFRAÇÃO**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Sequência Didática

Orientador: Prof. Dr. Micaías Andrade Rodrigues

**TERESINA
2023**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Sistema de Bibliotecas UFPI – SIBi/UFPI
Biblioteca Setorial do CCN

S586s	Silva, Isaias do Nascimento. Sequência Didática Para Problematização Das Concepções Alternativas Sobre Absorção, Reflexão e Refração / Isaias do Nascimento Silva – 2024. 161 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí. Centro de Ciências da Natureza. Programa de Pós- Graduação em Ensino de Física. Teresina. 2024. “Orientador: Prof. Dr. Micaias Andrade Rodrigues” 1. Física - Ensino e Aprendizagem. 2. Aprendizagem significativa. 3. Óptica. I. Rodrigues Micaias Andrade. II. Título. CDD 530.7
-------	---




UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFPI
 e-mail: mnpef@ufpi.edu.br

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE ISAIAS DO NASCIMENTO SILVA

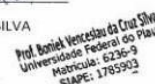
Às nove horas do dia primeiro de setembro de dois mil e vinte e três, reuniu-se na sala virtual da plataforma Google Meet, <https://meet.google.com/hej-ejsy-hzk>, a Comissão Julgadora da dissertação intitulado "SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA PROBLEMATIZAÇÃO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS SOBRE ABSORÇÃO, REFLEXÃO E REFRAÇÃO" do discente Isaias do Nascimento Silva, composta pelos professores Micaías Andrade Rodrigues (orientador, UFPI), João Eduardo Fernandes Ramos (UFPE) e Boniek Venceslau da Cruz Silva (UFPI), para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão o Orientador e Presidente da Comissão, Prof. Micaías Andrade Rodrigues, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O aluno foi considerado APROVADO, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente a discente pelo Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 01 de setembro 2023.

Prof. Micaías Andrade Rodrigues


Documento assinado digitalmente
 MICAÍAS ANDRADE RODRIGUES
 Data: 01/09/2023 14:21:11-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


 PROF. DR. BONIEK VENCESLAU DA CRUZ SILVA
 SIAPE: 1785903

Prof. Boniek Venceslau da Cruz Silva


 Prof. Boniek Venceslau da Cruz Silva
 Universidade Federal do Piauí
 Matrícula: 6236-9
 SIAPE: 1785903

Prof. João Eduardo Fernandes Ramos

Documento assinado digitalmente
 JOAO EDUARDO FERNANDES RAMOS
 Data: 04/09/2023 10:29:37-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dedico essa dissertação aos meus pais que acima de tudo puseram minha educação em primeiro lugar, e assim me fizeram compreender a importância que há nos estudos.

AGRADECIMENTOS

A Deus por todos os dias realizar o milagre da vida em mim e em minha família, permitindo-me estabilidade emocional e carinho no seio familiar.

Aos meus pais Francisca das Chagas do Nascimento Silva e Raimundo Nonato Rodrigues da Silva, por todo o amor e dedicação empenhados durante toda minha vida, sempre com o intuito de me proporcionar uma boa educação.

A minha irmã Elane do Nascimento Silva, por todo carinho e apoio a minha educação.

A minha esposa Sara Monykelly Rodrigues Mesquita, por sempre me incentivar a crescer e apoiar em minha carreira profissional.

A minha professora de português Francisca Teixeira que foi a primeira professora que me cativou a alcançar o grau de mestre, com todos os seus ensinamentos educacionais e profissionais.

Aos meus professores do mestrado, por toda dedicação e zelo em nos mostrar a importância da pesquisa dentro do ensino.

Ao meu orientador Prof Dr. Micaías Andrade Rodrigues, que reacendeu a luz da esperança em meu trabalho, com sua perfeita orientação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, que atua na expansão e consolidação da pós-graduação stricto sensu em todos os estados brasileiros.

A Sociedade Brasileira de Física, que nos proporciona o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF.

A Universidade Federal do Piauí que procura ofertar sempre de forma excelentes seus cursos de graduação a pós graduação.

A gravidade explica os movimentos dos planetas, mas não pode explicar quem colocou os planetas em movimento. Deus governa todas as coisas e sabe tudo que é ou que pode ser feito.

(Sir Isaac Newton)

RESUMO

Atualmente, os jovens procuram os meios que os proporcionem as respostas mais rápidas e fáceis possíveis, nessa busca por respostas de fácil acesso muitas vezes são aceitas teorias incompatíveis com os estudos da Ciência. Essa prática em aceitar qualquer tipo de respostas tem prejudicado o meio escolar fazendo com que os jovens não tenham mais interesse pela concepção científica, tornando-os em “tábula rasa”. Nesse sentido, a construção de um modelo de Sequência Didática que colabore para uma aprendizagem significativa surge a todo momento como necessidade nas escolas, devido a forma volátil e dinâmica da escola com seu público que a cada dia torna-se mais jovem. No entanto, mesmo com a alta rotatividade do público, alguns obstáculos na aprendizagem não mudam, como o caso das concepções alternativas que sempre existiram, e provavelmente continuarão existindo, por uma razão básica, o ser humano sempre irá formular explicações razoáveis, sem fundamento científico, para explicar situações problema do dia a dia. Por esse motivo, explicações equivocadas sempre produziram concepções alternativas. Nessa perspectiva o presente trabalho aborda a implementação de uma Sequência Didática voltada para modificação das concepções alternativas referentes aos primeiros fenômenos da Óptica: Absorção, Reflexão e Refração da luz. Para isso, teoria escolhida para fundamentação dessa pesquisa é Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. A SE é composta por 4 estágios, sendo o primeiro responsável pela identificação das concepções alternativas, o segundo estágio promove a avaliação formativa através da construção de mapas conceituais, o terceiro estágio compreende a atividade com simulador virtual. E por fim, o último estágio que possui a missão de avaliar todos os resultados analisados durante os estágios iniciais. Os resultados apresentados durante o fim da aplicação do produto educacional se mostraram satisfatórios, pois motivaram a participação dos alunos nas aulas do ensino de Física, além da verificação de aquisição de conhecimento sobre os fenômenos de absorção, reflexão e refração.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa, Concepções alternativas, Ensino de Física, Óptica.

ABSTRACT

Currently, young individuals seek the means that provide them with the quickest and easiest answers possible. In this quest for easily accessible answers, theories incompatible with scientific studies are often embraced. This practice of accepting any type of answer has detrimentally affected the educational environment, causing the youth to lose interest in scientific concepts, rendering them as "blank slates." In this context, the development of a Didactic Sequence model that contributes to meaningful learning emerges as a constant necessity in schools, due to the volatile and dynamic nature of the educational setting, with an increasingly youthful audience each day. Nevertheless, even with the high turnover of the audience, some obstacles to learning remain unchanged, such as the case of alternative conceptions that have always existed, and likely will continue to exist for a fundamental reason: human beings will always formulate reasonable explanations, devoid of scientific foundation, to elucidate everyday problems. For this reason, misconceptions have consistently generated alternative conceptions. From this perspective, the present study addresses the implementation of a Didactic Sequence aimed at modifying alternative conceptions related to the primary phenomena of Optics: Absorption, Reflection, and Refraction of light. To achieve this, the theory chosen for the foundation of this research is David Ausubel's Theory of Meaningful Learning. The Didactic Sequence comprises four stages. The first stage is responsible for identifying alternative conceptions, while the second stage fosters formative evaluation through the construction of conceptual maps. The third stage involves activities with a virtual simulator, and finally, the last stage is dedicated to evaluating all the results analyzed during the initial stages. The results presented at the end of the application of the educational product proved satisfactory, as they motivated student engagement in Physics classes, in addition to verifying the acquisition of knowledge about the phenomena of absorption, reflection, and refraction.

Keywords: Meaningful Learning, Alternative Conceptions, Physics Education, Optics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de aprendizagem: por recepção ou por descoberta	25
Figura 2 - Frente de onda e raios de onda	35
Figura 3 - Frente de onda de acordo com o Princípio de Huygens	36
Figura 4 - Pontos A e B sobre uma superfície espelhada	38
Figura 5 - Ponto C de contato da luz na superfície do espelho no menor tempo, determinado pelo ponto B' posicionado na região interna do espelho, abaixo do ponto B.....	39
Figura 6 - Trajetória de uma bola que ricocheteia sobre uma superfície, mantendo sua velocidade escalar resultante inalterada.....	40
Figura 7 - Explicação ondulatória do fenômeno da reflexão	41
Figura 8 - Lei da reflexão	41
Figura 9 - Reflexão difusa	42
Figura 10 - Trajetória de um salva-vidas e a trajetória da luz durante a refração.....	43
Figura 11 - Explicação corpuscular para o fenômeno da refração.	43
Figura 12 - Explicação ondulatória para o fenômeno da refração	44
Figura 13 - Átomo de Rutherford-Bohr, com núcleo, orbitais e um decaimento eletrônico.....	47
Figura 14 - Absorção de radiação P_0 em um bloco de matéria de comprimento b e seção transversal S	48
Figura 15 - Vista frontal da escola EEMTI Sinhá Sabóia.....	51
Figura 16 - Apresentação da sequência de execução dos estágios.	57
Figura 17 - Jogo RGB.	58
Figura 18 – Cabine do jogo RGB com a vista da frente na imagem da esquerda e a direita com a vista posterior.	59
Figura 19 - Gabarito do jogo RGB.....	60
Figura 20 - Momento 1: luz vermelha: absorvida nas tintas verde, azul e preta e refletidas nas tintas branca e vermelha.	61
Figura 21 - Momento 2: luz verde: absorvida nas tintas vermelha e azul e preta e refletidas nas tintas branca e verde.....	61
Figura 22 - Momento 3: luz azul: absorvida nas tintas verde, vermelha e preta e refletidas nas tintas branca e azul.	62
Figura 23 - Posição dos olhos do observador para execução do experimento.	62

Figura 24 – Experimento de refração da luz, utilizando recipiente opaco, um bquer com água e uma moeda.....	63
Figura 25 – Um dos gabaritos RGB que continha a marcação da posição correta do tubo de tinta preta, mas com a conclusão equivocada na resposta final.	69
Figura 26 – Minitexto motivador em forma de diálogo para o questionário inicial.	70
Figura 27 – Alternativas da questão 05: De acordo com as imagens abaixo, marque a alternativa que melhor representa o caminho da luz para que o homem enxergue a caixa? Caso nenhuma das alternativas represente a sua concepção, desenhe no quadro branco abaixo como você imagina.	79
Figura 28 – Resposta em forma de desenho da concepção do participante P4	81
Figura 29 – Resposta em forma de desenho da concepção do participante P12.	81
Figura 30 – Figura da questão 06: Imagine que um guarda policial está segurando a lanterna e você está olhando para o guarda nesta posição de acordo com a ilustração abaixo. Circule o(s) número(s) na imagem que de acordo com sua concepção, há a presença de luminosidade da luz da lanterna?	83
Figura 31 – Imagem da questão 08 de um índio pescando em um barco com arco e flecha, e três pontos A, B e C na água marcando os possíveis lugares que o peixe verdadeiro pode estar.	86
Figura 32 – Mapa conceitual do grupo G1.	90
Figura 33 – Mapa conceitual do grupo G2	92
Figura 34 – Mapa conceitual do grupo G3	94
Figura 35 – Respostas da questão 01 do questionário final, expostas por um gráfico gerado no pelo próprio Google formulário.	104
Figura 36 – Respostas da questão 02 do questionário final, expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.	105
Figura 37 – Pergunta 03 do questionário final: A figura abaixo ilustra uma situação em que uma lanterna incide luz sobre uma parede conforme especificado a seguir e três regiões especificadas pelos números I, II, III também são indicadas na figura. De acordo com as situações a seguir, responda.	106
Figura 38 – Respostas da questão 03 (alternativa a) do questionário final. expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.	107
Figura 39 - Respostas da questão 03 (alternativa b) do questionário final. expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.	108

Figura 40 – Resposta da questão 03 (alternativa c) do questionário final. expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.	109
Figura 41 – Pergunta 04 do questionário final: A imagem abaixo retrata a situação dos raios de luz durante os fenômenos de reflexão e refração da luz. De acordo com seus conhecimentos, determine a sequência correta para cada tipo de raio de luz:	109
Figura 42 – Pergunta da questão 05: Na imagem abaixo podemos observar que apenas a luz vermelha atravessa a superfície. A explicação mais adequada para esse fenômeno é?.....	111
Figura 43 – Respostas da questão 05 do questionário final. expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.....	112
Figura 44 – Pergunta da questão 06 do questionário final: Uma mulher observa o motorista pelo retrovisor do carro, ao mesmo tempo, ele também a observa, isso acontece pois.....	113
Figura 45 – Respostas da questão 05 do questionário final. expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.....	113
Figura 46 – Pergunta da questão 07 do questionário final: De acordo com os tipos de propagação da luz, qual a classificação está sendo representada pela imagem abaixo?.....	114
Figura 47 - Respostas da questão 08 do questionário final. expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.....	115
Figura 48 – Pergunta da questão 08 do questionário final: O céu do meio-dia é azul, enquanto o céu do amanhecer e do anoitecer é avermelhado. podemos observar pelas imagens abaixo a trajetória da luz ao entrar na atmosfera terrestre, qual a melhor explicação e qual o fenômeno está em maior evidência para que isso ocorra?	115
Figura 49 – Respostas da questão 08 do questionário final, expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.....	116
Figura 50 – Pergunta da questão 09 do questionário final: A bandeira do Brasil esquematizada na figura é confeccionada em tecidos puramente pigmentados. Estando estendida sobre uma mesa no interior de uma sala absolutamente escura, a bandeira é iluminada por luz monocromática VERDE	116
Figura 51 – Respostas da questão 09 do questionário final, expondo um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.....	118

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Quantidade e percentual dos participantes que acertaram e dos que erraram a resposta no jogo RGB.....	68
Gráfico 2 – Gráfico de desempenho comparativo das questões teóricas x práticas.	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Regras para orientação sobre as fases da pré-análise de um conteúdo.	55
Quadro 2: Perguntas inseridas no roteiro da prática com o simulador virtual Phet Simulações: Desvio da luz.	65
Quadro 3 – Respostas da questão 01: Na situação acima, Pedro tem a percepção de ver a camisa de João na cor azul, mesmo sabendo que a camisa possui cor branca. Explique com suas palavras, como Pedro pode ter essa percepção?	70
Quadro 4 – Mapeamento das concepções alternativas da questão 01	72
Quadro 5 – Respostas da questão 02: João também ao olhar para a camisa de Pedro teve a percepção de ver a camisa com a cor preta, mesmo sabendo que a camisa possui a cor verde. Na sua concepção, João enxerga a camisa de outra cor, pelo mesmo motivo que Pedro viu a cor azul na camisa de João? Justifique.....	73
Quadro 6 – Mapeamento das concepções alternativas da questão 02.....	74
Quadro 7 – Respostas da questão 03: Estabeleça uma relação entre a história acima com o fenômeno que você observou no jogo RGB.	76
Quadro 8 – Quadro de categorias a priori e a posteriori das concepções alternativas das questões 01, 02 e 03.	77
Quadro 9 – Respostas da questão 05.....	80
Quadro 10 – Quadro de categorias das concepções alternativas presentes na questão 05.....	82
Quadro 11 – Respostas da questão 07: De acordo com o experimento da moeda no fundo do copo, analisando pela sua concepção como é possível ver a moeda no fundo do copo apenas inserindo água?	84
Quadro 12 – Quadro de categorias das concepções alternativas presentes na questão 07.....	85
Quadro 13 – Síntese de todas as categorias de concepções alternativas encontradas com a aplicação deste questionário inicial.	87
Quadro 14 – Quadro de análise do mapa conceitual desenvolvido pelo grupo G1 ...	91
Quadro 15 – Quadro de análise do mapa conceitual desenvolvido pelo grupo G2...	93
Quadro 16 – Quadro de análise do mapa conceitual desenvolvido pelo grupo G3...	95
Quadro 17 – Respostas da pergunta 01: De acordo com o que você está observando neste simulador, qual ou quais dos fenômenos ópticos visto em sala (Absorção,	

Reflexão, Refração) ele aborda em prioridade? Justifique porque você escolheu essa resposta.....	97
Quadro 18 – Respostas da pergunta 02: O simulador contém uma linha tracejada vertical, qual o nome e a função dessa linha?.....	98
Quadro 19 – Respostas da pergunta 03: Na parte direita da tela encontra-se uma seletor de índice de refração, referente ao meio ao qual deseja-se que a luz do laser se propague. O que representa o índice de refração no estudo do fenômeno da refração da luz?.....	98
Quadro 20 - Respostas da questão 04: Utilizando o seletor do índice de refração inferior, selecione a opção “Mistério A” em seguida, de acordo com seus conhecimentos, descreva o procedimento para encontrar o índice de refração deste meio, elencando as ferramentas, presentes no simulador, necessárias para esta tarefa? (use os conhecimentos da aula anterior).	100
Quadro 21 – Respostas da pergunta 06 o que você achou desta atividade? Comente o que você pode aprender com ela.	102
Quadro 22 – Quadro comparativo das concepções alternativas iniciais e finais.	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Instrumentos de pesquisa	52
Tabela 2: Cronograma de aplicação do produto educacional	57
Tabela 3 – Respostas da questão 04: Circule o(s) número(s) referente(s) ao(s) objeto(s) abaixo com a capacidade de refletir a luz.	78
Tabela 4 – Respostas da questão 06.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CA	Concepções Alternativas
CE	Ceará
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LDB	Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LEC	Laboratório Educacional de Ciências
LEI	Laboratório Educacional de Informática
MCA	Movimento das Concepções Alternativas
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PE	Produto Educacional
SD	Sequência Didática
SEDUC	Secretaria de Educação e Cultura
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	24
2.1	A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel	24
2.2	Aprendizagem significativa e a teoria de mapas conceituais	27
2.3	Sequência didática	29
2.4	Concepções Alternativas	31
3	CONCEITOS DA ÓPTICA.....	35
3.1	Os primeiros conceitos da óptica geométrica	35
3.1.1	Princípio retilíneo da luz	37
3.1.2	O Fenômeno da Reflexão.....	39
3.1.3	Fenômeno da Refração	42
3.1.4	Fenômeno da absorção	46
4	METODOLOGIA.....	50
4.1	Caracterização da Pesquisa	50
4.2	Campo Empírico da Pesquisa	50
4.3	Participantes da Pesquisa	51
4.4	Técnicas e Instrumentos de Produção de Dados	52
4.5	Procedimentos de Análise de Dados.....	53
4.6	Produto Educacional.....	55
4.6.1	Estágio 1: A Problematização.....	57
4.6.2	Estágio 2: Avaliação formativa	64
4.6.3	Estágio 3: Aprendizagem por simulação virtual	64
4.6.4	Estágio 4: Aplicação do questionário final	65
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	67
5.1	Estágio 1: Problematização	67
5.1.1	Análise do questionário inicial	69
5.2	Estágio 2: Avaliação formativa (aplicação dos mapas conceituais).....	88
5.3	Estágio 3: Simulação virtual	96
5.4	Estágio 4: Aplicação do questionário final	103
5.5	Análise comparativa das concepções alternativas iniciais e finais.....	118
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
	REFERÊNCIAS.....	124
	APÊNDICE A– PRODUTO EDUCACIONAL	129

APÊNDICE B - GABARITO DO JOGO RGB.....	145
APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO INICIAL	146
APÊNDICE D - ROTEIRO PARA O SIMULADOR DESVIO DA LUZ	150
APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO FINAL.....	152
APÊNDICE F - SLIDES DAS AULAS SOBRE ABSORÇÃO, REFLEXÃO E REFRAÇÃO.	160

1 INTRODUÇÃO

Compreender os conceitos científicos é fundamental na formação educacional dos jovens e, por esse motivo, é necessário que o país saiba o nível de letramento científico de sua população estudantil. Para a Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) o letramento científico refere-se a compreensão de conceitos e a capacidade de aplicá-los sob uma perspectiva científica (INEP, 2018).

A dificuldade em identificar e aplicar conceitos científicos pode inicialmente ter forte influência das concepções alternativas, formadas pelo pensamento intuitivo dos alunos, podendo se tornar mais robusta durante o processo de ensino. Essas concepções são significados equivocados, não compartilhados pela comunidade científica (SILVEIRA, 1993).

Problemas de aprendizagem como este, prejudicam a assimilação de modelos reconhecidos e aprovados pela ciência, promovendo um baixo nível de letramento científico. O Programa de Avaliação Internacional de Estudantes (PISA), em sua mais recente avaliação, em 2018, constatou que o Brasil se encontra abaixo da média dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e que cerca de dois terços da população brasileira com 15 anos de idade não sabem conceitos básicos de Ciências e Matemática (INEP, 2018).

Dados como estes refletem a realidade do aprendizado em Física, a qual é trabalhada de pelos professores sem uma investigação que possibilite o acesso ao que o discente já conhece previamente ou tenha uma opinião de como seja. Esse conhecimento prévio, segundo Kazitoris Neto (2015), em geral, é fruto do senso comum que nasce por meio das experiências cotidianas. Arruda e Villani (1994), ao tratarem sobre o tema, descrevem as concepções como ideias parcialmente consistentes, estáveis, úteis para explicar os fenômenos do cotidiano e que fazem parte do que chamamos de senso comum.

Diferentes pesquisas na área da educação canalizam a conclusão de que o discente não deve ser considerado uma “tábula rasa”, como orienta Demo (2000), argumentando que a visão do professor deve ser profunda, superando a figura do discente como uma folha em branco ou uma “tábula rasa”. Outra fala que corrobora nesse sentido é de Paulo Freire, ao afirmar que é fundamental ao educador enxergar no educando o saber que o mesmo tem a oferecer, visto que, o discente não é um ser

sem conteúdo, sem essência, uma “tábula rasa” (FREIRE, 1992).

De acordo com exposto, o processo cultural vivenciado pelo discente é fator preponderante para a construção do seu conhecimento e formador de bases significativas para suas primeiras conclusões. Desfrutar destes conhecimentos prévios, possibilita uma aprendizagem significativa, devido a relevância estabelecida entre a informação prévia e a nova (MOREIRA, 2010). Esse elo entre os conhecimentos deve acontecer alicerçado por conceitos relevantes (subsunçores), que são facilitadores de aprendizagem significativa.

Nesse segmento, a utilidade do conceito subsunçor, formulado por Ausubel, como ferramenta de aprendizagem, eleva potencialmente a aquisição de conhecimento do educando, possibilitado pelos subsunçores que realizam a ancoragem desse novo conhecimento incorporando-o a estrutura cognitiva (NOVAK; HANESIAN, 1978).

A partir disso, é conveniente trabalhar com os subsunçores associando-os aos conhecimentos prévios dos discentes. Visto que, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), são nas primeiras concepções que o aluno possui sobre um tema, o principal abrigo para as bases formadoras de aprendizagem.

Juntamente às concepções prévias, permeiam por elas as concepções alternativas, referentes aos conceitos e teorias baseadas em senso comum, em desacordo com os conceitos científicos, desenvolvidos ao longo de sua trajetória de vida (LIBANORE; OBARA, 2009).

Segundo Megid Neto (1999) as concepções alternativas, não são objetos novos de pesquisa. Desde a década de 70 o tema vem sendo explorado no meio acadêmico com diferentes codinomes: concepções prévias, concepções espontâneas, conceitos intuitivos, entre outras denominações.

De forma consubstancial as pesquisas em concepção alternativa são voltadas com maior intensidade para o mapeamento dessas primeiras conclusões que formam as concepções dos estudantes, e até mesmo, dos professores (KAZITORIS NETO, 2015). Desse modo, surge a necessidade de guiar o aprendizado do educando por rotas que o leve a conceitos consolidados, a fim de que caminhe amparado por conhecimentos científicos.

A busca por uma metodologia de ensino que possua um mecanismo prático e eficaz de ensinar física a jovens sempre foi um desafio para os educadores de todas as áreas e em todas as gerações. Uma possibilidade para modificar este quadro é

através de sequências didáticas que catalisem o aprendizado na disciplina de Física.

Nesse sentido, trabalhar com sequências didáticas que colaborem para a construção de um conhecimento sólido é de grande valia para o educador que pretende engajar seus alunos na disciplina proposta. Leal e Rôcas (2016) reconhecem a importância da sequência didática na organização de conteúdos e a caracterizam como: “Conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas etapa por etapa pelo docente”.

Por isso, dinamizar o aprendizado é necessário e pode ser uma ferramenta atrativa para transpor barreiras históricas das práticas pedagógicas enraizadas no ensino da Física. É preciso que o professor de Física procure enxergar caminhos pedagógicos que transcendam um currículo como lista de tópicos que irá trabalhar (MENEZES, 2009).

Para tanto, foi escolhida como amostra uma turma de uma disciplina eletiva: práticas no ensino de Física, com alunos da 1º e 2º série do ensino médio da escola pública Sinhá Sabóia, devido ao alinhamento da mesma com o tema escolhido: introdução à óptica, explorando principalmente a parte da formação das cores e os fenômenos de absorção e reflexão. Esse tema foi escolhido devido os fenômenos associados à luz possuem uma facilidade de gerar explicações próprias para as pessoas, ou seja, em produzir concepções alternativas já que sua aparente simplicidade os faz parecer autoexplicativos.

Ademais, o problema desta pesquisa consiste em responder qual a possibilidade de uma sequência didática fundamentada na teoria da aprendizagem de David Ausubel possibilita modificar as concepções alternativas referentes aos conteúdos de absorção, reflexão e refração da luz.

Para isso, este trabalho tem como objetivo geral: produzir uma sequência didática que atenda ao problema desta pesquisa, almejando que os alunos compreendam os conceitos de absorção, reflexão e refração da luz através da modificação das concepções alternativas sobre os mesmos.

Tendo como objetivos específicos:

- Elaborar uma sequência didática como ferramenta mediadora no processo de construção de uma aprendizagem significativa relacionada aos fenômenos ópticos de absorção, reflexão e refração da luz.
- Investigar inicialmente as concepções alternativas sobre absorção, reflexão e refração da luz, dos estudantes.

- Analisar as possibilidades de aprendizagem significativa alcançadas pela aplicação da sequência didática como produto educacional.

Estes objetivos tiveram importantes contribuições da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que expressa o compromisso do Estado Brasileiro com a educação integral e desenvolvimento pleno da educação (BRASIL, 2018, p apresentação). Este, fundamenta-se em competências e habilidades que contemplam a importância do ensino sobre a óptica geométrica e a natureza de ondas eletromagnéticas, entre elas a luz visível (BRASIL, 2018).

Para que houvesse um melhor entendimento sobre a pesquisa, esta dissertação é estruturada em 7 seções, sendo a seção 1 destinada para a introdução dessa obra, a seção 2 traz um breve relato dos principais teóricos que embasaram a pesquisa como David Ausubel, Joseph Novak e Marco Antônio Moreira, com a teoria da aprendizagem significativa. A seção 3 apresenta uma revisão literária da física relativa aos fenômenos da óptica geométrica. A seção 4 faz referência a metodologia ativa: rotação por estação, empregada como parte integrante da sequência didática. A seção 5 detalha a metodologia utilizada durante a sequência didática. A seção 6 expõe e analisa os dados coletados referentes a esta pesquisa e a seção 7 trata sobre conclusão da pesquisa.

2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

2.1 A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel

A busca por uma sequência didática que favoreça o ensino/aprendizado na escola de uma forma integral é corroborada pela teoria da aprendizagem de Ausubel, devido a sua íntima relação com a aprendizagem no cotidiano do acadêmico. Isso faz este teórico referência para os estudos os quais apontam em direção para melhoria da didática do professor.

É trilhando esse caminho que o presente trabalho propõe uma sequência didática baseada na teoria da aprendizagem de David Ausubel. Delimitando mais sobre esse tema, o uso das concepções prévias é uma ferramenta inerente a teoria deste autor. Desse modo pretende-se alinhar estas concepções ao ensino sequencial, no intuito de alcançar uma compreensão efetiva do conteúdo por parte do aluno.

O trabalho de Ausubel foi de grande importância na pedagogia, pois ele dedicou-se a elaborar uma teoria da aprendizagem que fosse contextualizada e claramente preocupada com a sistemática da sala de aula e sempre voltada para o educando. Esse interesse em pôr em prática uma aprendizagem efetiva é baseada no conceito primordial da aprendizagem significativa onde Moreira (1999, p. 78) afirma:

Para Ausubel a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura do conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação de uma nova informação com uma estrutura de conhecimento específica.

Com isso Moreira deixa explícito o conceito apresentado por David Ausubel juntamente com Joseph Novak e Helen Hanesian que em sua obra argumentam que a aprendizagem significativa implica na aquisição do conhecimento por meio de um saber já adquirido anteriormente pelo educando (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Assim é possível perceber que o fator mais importante que influencia na aprendizagem é aquilo que o aluno já conhece. Deste modo o ensino toma potencialidades, beneficiando o aprendiz que recebe novos conteúdos e disciplinas através de abordagens do seu aprendizado do cotidiano. Essa é uma tarefa do profissional de educação, pois como já relatado por Ausubel (1980, p.137) “O fator

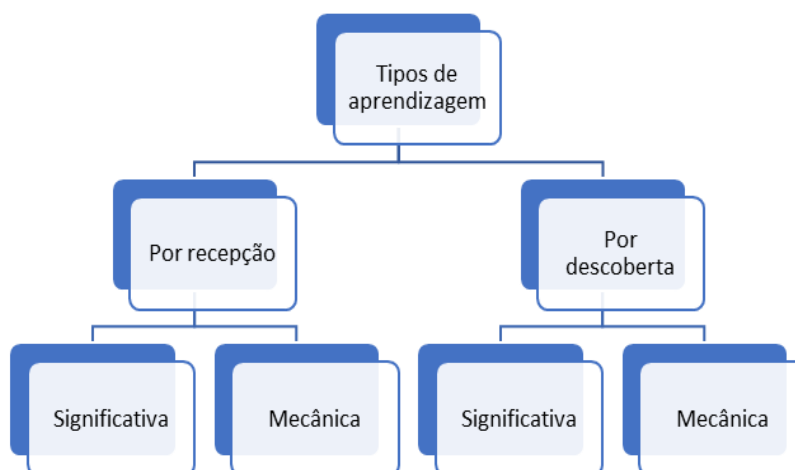
isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que sabe e baseie nisso seus ensinamentos”.

O aproveitamento que o professor pode usufruir de um saber existente do aluno é definido por este autor e relatado por Moreira (1999, p. 78) “como conceito subsunçor ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo.” Isso é referente aos conceitos relevantes de novas aprendizagens, ancorados em conceitos já preexistentes na estrutura cognitiva do educando.

Pode-se usar como referência na física o aprendizado sobre máquinas simples como a alavanca usada para a troca de um pneu furado em um carro. Muitos, intuitivamente, usam algum objeto longo como extensão da ferramenta para folgar o parafuso da roda. O educador pode aproveitar esse conhecimento do discente para ensinar o conteúdo de torque. Desse modo estará usando o conceito de subsunçor para auxiliar o ensino/aprendizado do mesmo.

A aprendizagem significativa é uma teoria que pode ser subdividida em alguns subconceitos referentes à forma a qual ela acontece durante o processo de ensino/aprendizagem. Este pode ser por recepção ou por descoberta, como é relatado por Jesus (1999) na Figura 1, baseado na teoria de Ausubel:

Figura 1 - Tipos de aprendizagem: por recepção ou por descoberta



Fonte: (JESUS, 1999, p.13)

Essa subdivisão é importante para que o educador identifique no início da aplicação da sequência didática qual o tipo de aprendizagem ele irá aplicar com seus alunos, se por recepção ou por descoberta. Na primeira, todo o conteúdo será apresentado ao aprendiz de forma que o mesmo atuará ativamente sobre a temática relacionando-a às ideias relevantes em sua estrutura cognitiva. Para a aprendizagem

do tipo descoberta o professor deve relacionar o conteúdo de forma não arbitrária e subjetiva, ou seja, a nova aprendizagem deve estar correlata a conceitos preexistentes (AUSUBEL, 1980).

É importante ressaltar que para Ausubel quanto mais se instigar o cognitivo do aluno, mais significativo será seu aprendizado, ou seja, de acordo com sua teoria o caminho que mais colabora para a aprendizagem significativa deve ser por descoberta, a qual estimula de forma mais intensa o mecanismo de raciocínio do discente. Nesse entendimento, o aluno não pode atuar de forma passiva no processo de ensino/aprendizagem como afirma (VASCONCELOS; PRAIA; ALMEIDA, 2003, p.15) “a aprendizagem passa a ser encarada como um processo interno e pessoal que implica o aluno na construção ativa do conhecimento e que progride no tempo de acordo com os interesses e capacidades de cada um”.

Partindo desse ponto, a assimilação de conceitos é um ponto crucial na aprendizagem significativa de David Ausubel. Segundo Moreira e Masini (2001) haverá assimilação de conceitos quando houver uma relação entre os aspectos relevantes e preexistentes da estrutura cognitiva, podendo ambas serem modificadas no processo. Este processo como já mencionado, é pessoal e ocorrerá se o estudante vier a progredir sua assimilação perante aos aspectos relevantes e preexistentes em sua estrutura cognitiva.

A teoria ausubeliana apresenta três formas de aprendizagem significativa, segundo a teoria da assimilação, descrita por Moreira e Masini (2001, p.159) como aprendizagem subordinada, superordenada e combinatória, sendo

Aprendizagem subordinada:

O processo até aqui enfatizado, segundo a nova informação adquire significado por meio da nova interação com subsunçores reflete uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente [...].

Aprendizagem superordenada:

É a que se dá, quando um conceito ou proposição potencialmente significativo **A**, mais geral e inclusivo do que ideias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva **a₁**, **a₂**, **a₃**, é adquirido a partir desses e passa a assimilá-los [...].

Aprendizagem combinatória:

É a aprendizagem de proposições e, em menor escala, de conceitos que não guardam uma relação de subordinação ou superordenação com proposições ou conceitos específicos, e sim, com conteúdo amplo e relevante de uma maneira geral, existente na estrutura cognitiva, isto é, a nova proposição não pode ser assimilada por outras já estabelecidas na estrutura cognitiva, nem é capaz de assimilá-las [...].

Portanto para Moreira e Masini (2001) a teoria da assimilação a partir dessa categorização leva a situações de aprendizagem que são reconhecidas pela maneira a qual a tipo de aprendizagem ocorreu. Pode-se entender que, o procedimento durante a ocorrência dos tipos de aprendizagem (subordinada, superordenada e combinatória) promove situações de aprendizagem construídas no decorrer do procedimento.

2.2 Aprendizagem significativa e a teoria de mapas conceituais

As ideias de Novak foram baseadas na aprendizagem significativa de David Ausubel, desenvolvida em 1960 com contribuições do próprio Joseph Novak nas pesquisas sobre a facilidade referente a aprendizagem através de significados (SANTOS et al, 2021).

Logo depois, em 1980, Joseph Novak e seus colaboradores elaboraram a teoria de mapas conceituais. Estes tinham o intuito de desenvolver uma ferramenta de investigação da aprendizagem, relacionando a epistemologia e o aprendizado do estudante de maneira direta, baseado em um conjunto de representações gráficas (SANTOS et al, 2021).

Mapa conceitual é entendido por Moreira e Buchweitz (1993) como um instrumento didático que prioriza mostrar as relações conceituais apreendidas durante o que foi lecionado, e definido pelos autores Novak e Gowin (1996), como um recurso de representação dos significados organizados de maneira estruturada. Moreira (2010) traz a definição e usabilidade dos mapas como representações concisas das estruturas conceituais utilizadas para relacionar significados e conceitos ensinados em uma única aula, ou unidade, ou em um curso inteiro.

Diante destas definições, a ferramenta do mapa de conceitos é valiosa perante uma análise qualitativa de aprendizado. Contudo, Moreira (2010, p.17) retrata um ponto muito importante que é o papel do educador mesmo com uma ferramenta potencialmente didática de aprendizagem, a qual não se caracteriza com autonomia própria.

Entretanto, diferentemente de outros materiais didáticos, mapas conceituais não são autoinstrutivos: devem ser explicados pelo professor. Além disso, embora possam ser usados para dar uma visão geral do tema em estudo, é preferível usá-los quando os alunos já têm certa familiaridade com o assunto, de modo que sejam potencialmente

significativos e permitam a integração, reconciliação e diferenciação de significados de conceitos.

É perceptível em sua fala que os mapas conceituais possuem uma cronologia didática em sua aplicação, sendo mais propícia na fase conclusiva do ensino pois, o discente deve estar familiarizado com os termos, conceitos e explicações do professor para realizar as conexões existentes nos mapas conceituais.

Além disso, é importante que o docente não idealize um mapa conceitual correto e assim o exija do discente visto que dessa maneira, estar-se-á promovendo uma aprendizagem mecânica, como afirma Moreira (2010, p.8)

No momento em que um professor apresentar para o aluno um mapa conceitual como sendo o mapa correto de um certo conteúdo, ou no momento em que ele exigir do aluno um mapa correto, estará promovendo (como muitos outros recursos instrucionais) a aprendizagem mecânica em detrimento da significativa.

Por isso, o docente deve ter muita cautela ao expor um mapa conceitual ao estar lecionando sobre um conteúdo, pois apontar o mapa que está sendo apresentado como o mapa conceitual do conteúdo, fará com que o discente trate o mesmo de maneira arbitrária, literal, prejudicando uma possível aprendizagem significativa. O tratamento ao mapa conceitual apresentado pelo professor, deve ser entendido pelo aluno como uma das possíveis construções de mapas sobre aquele conteúdo. De maneira análoga a essa ótica, os mapas que assim vierem a ser construídos pelos educandos. (MOREIRA, 2010).

A aprendizagem significativa deve ter como objetivo central a construção de conceitos de maneira individualizada, particular. Zabala (2007) expõe que a aprendizagem mesmo estando vinculada em processos coletivos, deve ser considerada pessoal. Este tipo de apreciação voltada para os mapas conceituais, são referentes ao modo de avaliação que o docente deve se a ter ao trabalhar com este tipo de ferramenta de aprendizagem pois o mesmo explicita o que o estudante compreendeu de maneira estruturada.

Segundo Novak e Gowin (1996) o professor pode ficar a par sobre elementos que nortearam sua avaliação qualitativa referente ao que o estudante está abstraído, elementos como: ligações cruzadas, concepções alternativas e indicativos de diferenciação de conceitos. Moreira (2010, p.6) chega a ser mais categórico no papel

fundamental desempenhado pelos mapas conceituais ligando-os diretamente a aprendizagem significativa por uma abordagem ausubeliana:

- 1) identificar a estrutura de significados aceita no contexto da matéria de ensino;
- 2) identificar os subsunçores (significados) necessários para a aprendizagem significativa da matéria de ensino;
- 3) identificar os significados preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz;
- 4) organizar sequencialmente o conteúdo e selecionar materiais curriculares, usando as ideias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como princípios programáticos;
- 5) ensinar usando organizadores prévios, para fazer pontes entre os significados que o aluno já tem e os que ele precisaria ter para aprender significativamente a matéria de ensino, bem como para o estabelecimento de relações explícitas entre o novo conhecimento e aquele já existente e adequado para dar significados aos novos materiais de aprendizagem.

A busca por uma aprendizagem significativa com o uso de mapas conceituais remete também ao um poder criativo que o estudante precisa desenvolver, pois, com sua prática, novas integrações conceituais vão sendo reconhecidas pelo docente, valorizando assim, a aprendizagem significativa que ganha qualitativamente quando o estudante reconhece novas relações conceituais (MOREIRA; MASINI, 2001).

2.3 Sequência didática

A educação, para que seja transmitida, necessita da utilização de métodos ordenados antes de sua execução, a fim de atribuir qualidade no aprendizado. Para isso, de acordo com Zabala (1998) o professor deve fazer-se perguntas norteadoras para construir uma pedagogia reflexiva, como “Para que educar? Para que ensinar?” a partir disso nasce na educação a sequência didática.

Esse termo é definido como um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais que tem um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos alunos (ZABALA, 1998, p.18). É fundamental que se priorize uma continuidade lógica dos conteúdos, pois dessa forma haverá potencialização no aprendizado do educando em virtude da estrutura adotada pelo docente.

Aderindo a essa pedagogia, o educador pode, inclusive, estender o conhecimento do aluno devido ao encadeamento de grandes áreas afins do conhecimento. Como exemplo disto, podemos citar a Matemática e a Física

relacionando a curva gráfica da função do 2º grau ao lançamento de projéteis que descrevem a mesma trajetória no plano cartesiano, e também das áreas de conhecimento que não possuem afinidade evidente como Física e Geografia no estudo do comportamento de ciclones, que em seu movimento obedecem ao campo vetorial rotacional.

Essa integração de conhecimento torna-se uma ferramenta metodológica importante no ensino, com um poder efetivo sobre a sua fragmentação. Como afirma Zabala (1998, p. 139) “apesar de que seguidamente se apresentem em classe de modo separado, têm mais potencialidade de uso e de compreensão quanto mais relacionados estejam entre si”. Sob essa ótica, a organização do currículo é uma medida metodológica simples que delimita etapas, atividades e conteúdos disciplinares proporcionando um melhor ensino/aprendizado para o educando (OLIVEIRA, 2013).

A supremacia do ensino sequencial sobre o ensino em unidades isoladas é entendida com um propósito de compreensão fundamental pelos estudantes. Assim como uma história necessita da cronologia dos fatos para ser entendida, o ensino alicerça-se na sequência didática para que haja o aprendizado de forma mais descomplicada.

Desta forma, a elaboração de uma sequência didática efetiva deve seguir fases consideravelmente importantes como: a escolha do tema, questionamentos para problematização do tema a ser desenvolvido, planejamento dos conteúdos, objetivos a serem alcançados, determinação das atividades, o cronograma, o material didático e a integração entre cada atividade e avaliação dos resultados (OLIVEIRA, 2013).

Para tanto, Oliveira (2013) verifica em seus estudos que há uma sequência didática, a qual é definida:

[...] uma proposta didático-metodológica que desenvolve uma série de atividades, tendo como ponto de partida a aplicação do círculo hermenêutico-dialético para a identificação de conceitos/definições, que subsidiam os componentes curriculares (temas), e, que são associados de forma interativa com teoria(s) de aprendizagem e/ou propostas pedagógicas e metodologias, visando à construção de novos conhecimentos e saberes (p. 43).

Seguindo estas orientações de Oliveira, é possível notar a prioridade na estrutura e organização mínima em uma SD, visando desenvolver atividades que proporcionem um aprendizado efetivo, como já supracitado as fases pelo próprio autor.

Ademais, a publicação da obra “Gêneros orais e escritos da escola” de Dolz, Noverraz e Schneuwly (2004), contribuiu significativamente, conduzindo o docente a elaboração de SDs que proporcionem aos discentes múltiplas maneiras de expressar seus conhecimentos e, conseqüentemente, seus níveis de aprendizado. Seguindo a narrativa desta obra que sugere o ensino por meio de SD seja:

[...] um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero oral ou escrito, [...] com a finalidade de ajudar o aluno a dominar melhor um gênero de texto, permitindo-lhe, assim, escrever ou falar de maneira mais adequada numa dada situação de comunicação (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004, p. 97).

Essa prática, corrobora em um modelo de ensino mais democrático, visto que possibilita ao discente, diferentes modos de externalizar seu aprendizado, propiciando ao professor que conheça mais sobre o público ao qual está lidando.

2.4 Concepções Alternativas

É fundamental priorizar os conhecimentos prévios nos primeiros contatos do ato de ensinar, em virtude de os mesmos tornarem-se pontos de ancoragem e descobertas para novos conhecimentos (PIVATTO, 2014).

A relevância desta prática, segundo Hoffmann, Nahirne e Strieder (2017), teve seu ápice por volta dos anos 80, período que surgiu o Movimento das Concepções Alternativas (MCA). Este movimento era dedicado, com maior intensidade, em analisar o lado epistemológico da relação entre a aprendizagem e os saberes do cotidiano.

A presença do termo “concepções” surgiu antes mesmo desta época. Segundo Caldeira e Bastos (2009, p. 22) “[.] Piaget publicara há muito tempo uma obra em que descrevia as concepções das crianças sobre o mundo que as rodeia, e essa ideia [...] foi então retomada, dando origem ao chamado Movimento das Concepções Alternativas.”.

Outro grande precursor do MCA foi David Ausubel, ao considerar aquilo que o aluno já conhece, as suas experiências e sua vivência com conceitos importantes e pontos de transformação dos significados, sendo este, fundamental para a construção de uma aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003).

Ambos os teóricos da educação defendem que o sujeito é parte determinante no processo de desenvolvimento da estrutura que determina a organização do seu

conhecimento (OLIVEIRA, 2008, p.7). Esta consideração é importante, pois sendo o sujeito parte ativa do processo de aprendizagem, a sua visão de mundo torna-se um valioso componente para a aprendizagem significativa.

Trilhando este mesmo raciocínio, Libâneo (1990) descreve o ser humano como sujeito influenciado por agentes externos, como o seu meio cultural, social e econômico. Conseqüentemente, estes influenciam na construção do conhecimento científico. A partir disso é gerado pelo senso comum conceitos informais que não coadunam com a literatura científica, fundamentados em interpretações superficiais concebidas por vivências do cotidiano, influenciadas pelo meio o qual o indivíduo está inserido.

Este tipo de conhecimento informal torna-se resistente ao longo do tempo, devido a sua alta recorrência e sua maneira acessível de dedução, estabelecendo barreiras que:

O aluno dificilmente abandona suas concepções informais, mesmo depois de ter estudado e aplicado um conceito científico em algum momento da sua vida escolar. Podemos atribuir essa resistência ao fato de que ele parece não perceber a aplicabilidade de conceitos científicos em situações do dia a dia, enquanto algumas de suas concepções informais são úteis em determinados contextos. (SILVA; AMARAL, 2016, p. 71).

Estas concepções informais, receberam diversas denominações por diferentes autores: ideias intuitivas (DRIVER, 1986), concepções (GIL PÉREZ, 1986; FREITAS; DUARTE, 1990), preconceitos (NOVAK, 1977), concepções alternativas (SANTOS, 1998), sendo esta última a predominante no MCA e que irá prevalecer neste trabalho. Em outras palavras a definição de concepções alternativas, segundo Silvera (1993), são significados contextualmente errôneos, não compartilhados pela comunidade científica.

Essa dificuldade em abandonar concepções alternativas, como supracitado por Silva e Amaral (2016), é agregada em situações do cotidiano que intuitivamente corroboram em explicações intuitivas que levam a construção de conceitos informais, a exemplo disso, uma pessoa ao abrir a porta de uma geladeira e sentir o ar gelado saindo, pode sentir dificuldade em abstrair a concepção científica, de que o calor sempre flui do ponto 1, com a temperatura mais alta, para o ponto 2, com a temperatura mais baixa (NUSSENZVEIG, 2014, p.210). Casos como este, tornam as

concepções alternativas tenazes a mudanças conceituais durante o ensino, prejudicando, conseqüentemente, o aprendizado.

Além das concepções alternativas construídas ao longo do processo de formação cognitiva, durante as experiências do dia a dia, é possível que haja a construção ou o reforço destas no decurso das vivências escolares. Silva e Mazzotti (2009) corroboram com esta visão ao relatar que estas concepções são frutos de influências sociais vivenciadas no meio onde o indivíduo está presente, inclusive nas escolas.

Esse reforço negativo das concepções alternativas que acontece dentro da escola está ligado a maneira a qual o docente estimula a percepção cognitiva do aluno durante o processo de ensino. Um dos primeiros autores a se debruçar sobre essa temática foi Chevallard, já anteriormente denominada por Verret (1975) de “transposição didática”. Esta por sua vez foi conceituada como:

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O ‘trabalho’ que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática. (CHEVALLARD, 1991, p.39)

Entende-se, então, que as adaptações sofridas, no ato de ensinar, são inerentes no trabalho do docente, visto que a partir do momento que um objeto de saber a ensinar se torna um objeto de ensino (saber ensinado), o educador estará fazendo uso da ferramenta “transposição didática. Chevallard (1991) afirma que o ensino de um determinado elemento só será possível se o mesmo sofrer “deformações” para que seja apto a ser ensinado.

Nesse sentido, percebe-se que essas adaptações/deformações são ferramentas e ao mesmo tempo armadilhas, capazes de produzirem as concepções alternativas, dependendo da maneira que é modelada. Assim como apontam, Silva, Simões Neto e Silva (2015):

Nesse contexto de transformações que sofre o saber científico para transformar-se em saber ensinado a vigilância epistemológica é fundamental, para evitar que essas deformações e adaptações não resultem por “desfigurar” o saber original, de maneira que o saber a ser ensinado deixe de ser fiel ao primeiro, podendo gerar certos obstáculos à aprendizagem. [...] deve-se tomar cuidado para não distorcer o significado dos conteúdos: eles serão utilizados em outros

contextos e precisam ser compreendidos da maneira adequada, pois uma linguagem equivocada pode ser fonte de concepções alternativas (p. 45).

Entende-se então, a partir do observado na literatura, a potencial capacidade das concepções alternativas serem formadas durante o processo de ensino e aprendizagem. Por esse motivo, o docente deve ser mais cauteloso na estruturação e explanação do conteúdo a ser abordado, priorizando um planejamento alicerçado em metodologias pedagógicas que colaborem na identificação do pré-conhecimento dos estudantes.

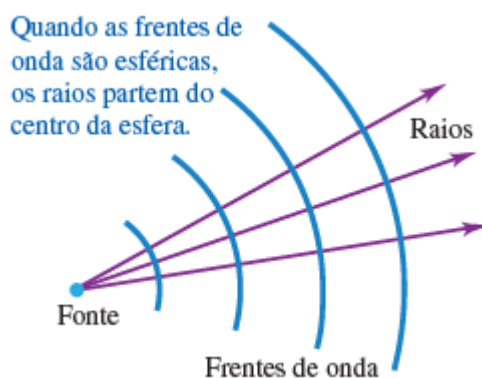
3 CONCEITOS DA ÓPTICA

3.1 Os primeiros conceitos da óptica geométrica

Para entender os primeiros conceitos da óptica é conveniente que se inicie pela maneira como a luz se propaga. Para isso, é importante definir dois termos: frente de onda e raio luminoso, os quais suas definições estão alicerçadas no celebre princípio de Huygens: cada ponto de uma frente de onda comporta-se como fonte puntiforme de novas ondas, chamadas de ondas secundárias (NUSSENZVEIG, 2014, p.174). O princípio de Huygens foi pensado inicialmente para descrever o movimento ondulatório.

Descrita a frente de onda, pode-se partir para o segundo termo que inicialmente deriva da definição de raio na física ondulatória, retratado em Young e Freedman (2016) como uma linha reta imaginária ao longo da direção de propagação da onda. Partindo do ponto de vista da óptica geométrica essa onda é uma das maneiras de como a luz se propaga. Como é possível ver os dois conceitos bem representados na Figura 2.

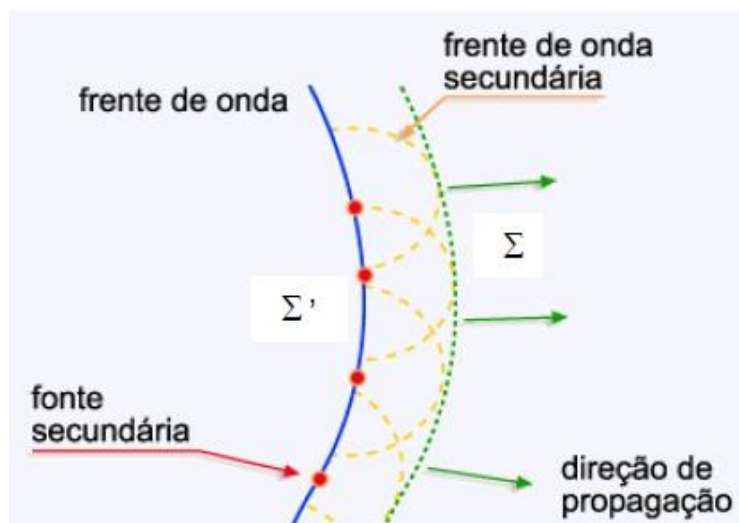
Figura 2 - Frente de onda e raios de onda



Fonte: Young e Freedman (2016, p 3)

Para Huygens, a frente de onda possui pontos posicionados geometricamente em uma mesma fase pertencentes a uma única crista, cada ponto de uma frente de onda se comporta como uma nova fonte secundária em um instante posterior (YOUNG; FREEDMAN, 2016). Esta construção de onda pode ser representada como mostrada na Figura 3.

Figura 3 - Frente de onda de acordo com o Princípio de Huygens



Fonte: e-Física - Óptica Universitário (2011, p 9)

Essa figura ilustra como as setas (raios) desenham o caminho retilíneo da frente de onda. Os pontos verdes se comportarão como uma nova envoltória sucessiva. A partir disso é possível determinar o formato da próxima frente de onda após um intervalo de tempo (t), considerando que cada ponto da onda viaja a uma mesma velocidade (v). Pode-se concluir, por cinemática básica, que a distância percorrida pelo raio (r) é

$$r = vt \quad (1)$$

A frente de onda de cor azul na Figura 3 seria a primeira frente de onda marcada por pontos que são a origem de novas ondas secundárias, formando uma nova frente de onda de cor verde. A distância entre as duas frentes de ondas é determinada pela equação acima.

Os raios viajam em linha reta e de forma perpendicular à frente de onda. Essa característica é observada em todos os meios homogêneos e isotrópicos. No entanto é possível constatar uma alteração neste comportamento quando existe superfícies que separam dois meios com composições diferentes. Nestes casos ocorre um desvio na direção dos raios, todavia estes ainda permanecem viajando em linha reta. Esse fenômeno será melhor descrito mais a frente, quando for comentado sobre a fenômeno da refração (YOUNG, 2016).

3.1.1 Princípio retilíneo da luz

A luz, em sua trajetória histórica, gerou muita polêmica quanto à sua natureza. Não havia um consenso se a luz possuía uma natureza ondulatória ou corpuscular. Por isso, muitos adotavam uma das naturezas para explicar os fenômenos (JONH; SERWEY, 2012).

Esse embate perdurou por muito tempo, tendo registros já por volta do século V a.C., o qual os gregos antigos já descreviam:

a luz como uma formação de pequenas partículas emitidas pelo olho em direção ao objeto observado, que se iluminava ao ser atingido por elas. Posteriormente, o filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.) propôs uma natureza ondulatória para a luz, considerando-a uma espécie de fluido imaterial que chegava aos nossos olhos, vindo dos objetos visíveis. (MARTINI et al, 2016, p.140).

No decorrer da história, estas linhas de pensamentos tornaram-se mais recorrentes, sendo atribuídas a um teor científico. Os principais responsáveis pelas atribuições científicas, foram o físico Holandês Christiaan Huygens (1629-1695) para a teoria ondulatória e seu contemporâneo Isaac Newton (1642-1727), para a teoria corpuscular (SILVA, 2007)

Toda via, o prestígio a Newton prevaleceu na comunidade científica levando adoção da teoria corpuscular. No entanto, como outrora mencionado os fenômenos sobre a luz já haviam sendo fundamentados por outros filósofos e matemáticos, como o caso do princípio retilíneo da luz.

Esta concepção retilínea da luz é bem antiga e um dos primeiros pensadores a justificá-la foi Heron, de Alexandria. Seu princípio dedutivo foi bem simples, e por incrível que pareça, partiu de dois conceitos equivocados da luz, conhecidos atualmente como: raios visuais e velocidade infinita da luz. O primeiro interpreta os olhos como uma fonte propagadora de raios que permitem enxergar os objetos, e o segundo considera que a luz se movimenta com velocidade infinita (MARTINS; SILVA, 2013).

Com base nessas teses, Heron descreveu, em seu livro *Katoptrika* (Catóptrica), o que é conhecido hoje, pela proposta do princípio de Heron, o qual propõe que a luz adota o caminho mais curto para sua trajetória, justificando sua teoria com o movimento de velocidade infinita da luz (MARTINS; SILVA, 2013).

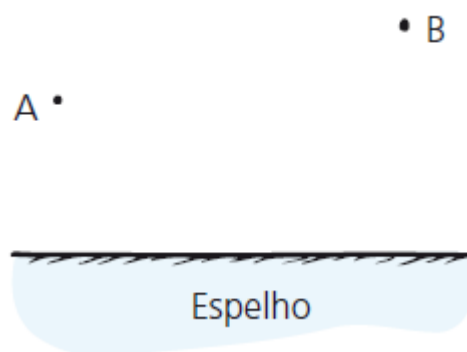
Esta conclusão, partiu da observação comparando a luz a uma flecha lançada por um arco, o qual percorre inicialmente uma trajetória retilínea, devido a “violência” a qual é impelida. Expandindo assim, seu raciocínio para os raios visuais que de forma imediata são transmitidos até os objetos, mesmo com distâncias gigantescas, como os astros, que são enxergados imediatamente após se abrir os olhos. Com essa interpretação, Heron concluiu que a luz deve percorrer o caminho mais curto, ou seja deve transitar em linha reta (MARTINS; SILVA, 2013). A linearidade da luz é, de fato, um de seus princípios fundamentais para que se possa estudar sua propagação.

Este modelo de Heron, de Alexandria, aplicava-se perfeitamente a trajetória direta da luz. No entanto, falha ao ser imposta a condição que a luz deve incidir sobre uma superfície espelhada primeiro, possuindo limitações em relação a trajetória da luz deve percorrer.

O modelo que solucionou esta problemática foi elaborado pelo matemático francês Pierre Fermat, em 1657, baseado no princípio fundamental de que a natureza adota o menor percurso (NUSSENZVEIG, 1998). Propondo assim, que de todos caminhos possíveis para ir de um ponto a outro, a luz segue aquele que é percorrido no tempo mínimo (NUSSENZVEIG, 1998, p 11).

Tal concepção, pode ser entendida pelo exemplo citado por Hewitt (2015) partindo da consideração de dois pontos A e B posicionados acima de um espelho, como visto na Figura 4, sabendo que a luz deve partir do ponto A e chegar ao ponto B passando pelo espelho, no menor tempo possível.

Figura 4 - Pontos A e B sobre uma superfície espelhada

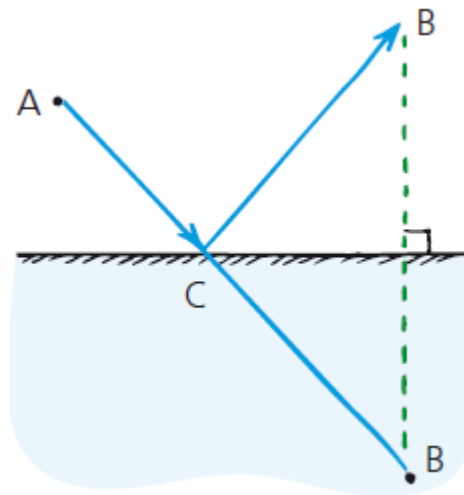


Fonte: Hewitt (2015, p.520)

Nesta situação, o primeiro obstáculo está na definição do ponto da superfície espelhada que o raio de luz deve incidir e chegar ao ponto B no menor tempo. Fermat encontrou a solução para o referido problema, marcando um ponto artificial B'

localizado na “região interna” ao espelho logo abaixo do ponto B, posicionados a mesma distância da superfície do espelho. De acordo com a Figura 5 é possível compreender a determinação do ponto C de contato da luz na superfície espelhada para que o trajeto ocorra no menor tempo possível (HEWITT, 2015).

Figura 5 - Ponto C de contato da luz na superfície do espelho no menor tempo, determinado pelo ponto B' posicionado na região interna do espelho, abaixo do ponto B



Fonte: Hewitt (2015, p.521)

O caminho mais curto entre ponto A e o ponto B' é uma reta, que atravessa a superfície do espelho no ponto C, determinando assim o ponto do espelho o qual o trajeto da luz deve realizar no menor tempo. É possível notar que a distância de C até B é idêntica à de C até B', ou seja, a trajetória retilínea da luz de A até B' é igual a trajetória de A até B, passando pelo ponto C do espelho (HEWITT, 2015).

De acordo com Nussenzveig (1998, p. 11) o princípio de Pierre Fermat deduz que para a propagação da luz num único meio homogêneo ($n = \text{constante}$), o caminho ótico mínimo corresponde à distância mínima, ou seja, o princípio de Fermat leva a propagação retilínea da luz entre dois pontos. Este princípio é tão fundamental que é capaz de guiar os fenômenos da reflexão e refração, como será exposto nas subseções a seguir.

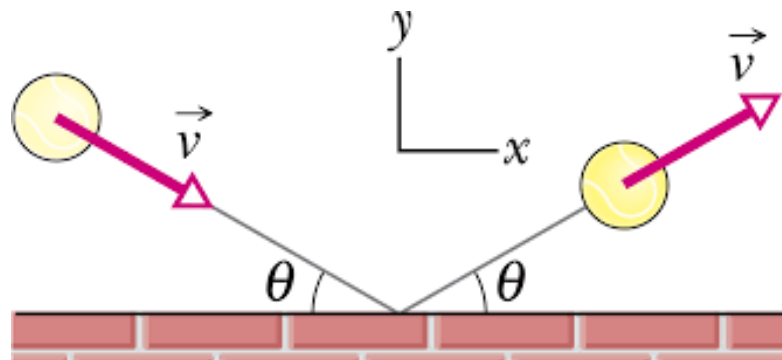
3.1.2 O Fenômeno da Reflexão

Ao observarmos uma paisagem, é possível perceber que a maior parte dos objetos não emitem luz própria, ou seja são objetos iluminados. Esse fato, proporciona de maneira singela e significativa um fenômeno da natureza, chamado de *reflexão da*

luz, provocado pela reemissão da luz na superfície destes objetos que não emitem luz própria (HEWITT, 2015).

Como dito anteriormente, a luz possui duas naturezas, corpuscular e ondulatória. Para a teoria corpuscular, a reemissão da luz sobre uma superfície pode ser entendida similarmente ao movimento de uma bola arremessada sobre o solo e que ricocheteia (Figura 6). Analisando sob uma perspectiva cartesiana, a velocidade da componente vertical é invertida no momento pós impacto. No entanto, a velocidade na componente horizontal mantém-se inalterada (NUSSENZVEIG, 1998).

Figura 6 - Trajetória de uma bola que ricocheteia sobre uma superfície, mantendo sua velocidade escalar resultante inalterada.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2008, p. 250)

Esta analogia permite, segundo Nussenzveig (1998), a implicação da igualdade entre os ângulos de incidência e reflexão. Por sua vez, a igualdade angular formada neste fenômeno, já era de conhecimento dos antigos gregos, como lei da reflexão, definida em “o raio refletido pertence ao plano de incidência e o ângulo de reflexão é igual ao de incidência” (NUSSENZVEIG, 1998, p. 7), expressa logo abaixo:

$$\theta'_1 = \theta_1 \quad (2)$$

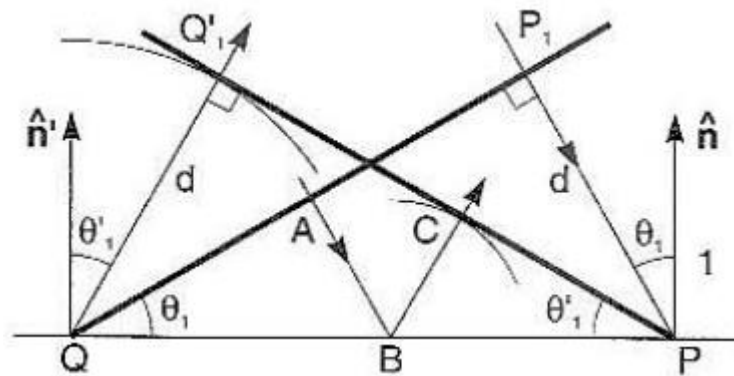
sendo θ'_1 o ângulo de reflexão e θ_1 o ângulo de incidência.

A teoria ondulatória, também oferece uma explicação para a igualdade formada entre os ângulos de reflexão e de refração. Como Nussenzveig (1998) expõe em sua obra uma dedução, por geometria básica, da lei da reflexão a partir do princípio de Huygens.

Nesta é exibida uma imagem (Figura 7) em que uma frente de onda QP_1 incidindo sobre uma superfície, formando o ângulo θ_1 , o ponto P_1 leva um determinado tempo $\frac{d}{v_1}$, para atingir a superfície, sendo d a distância P_1P e v_1 a velocidade de

propagação da onda no meio. Simultaneamente a isso, o ponto Q'_1 é atingido pela frente de onda refletida PQ'_1 .

Figura 7 - Explicação ondulatória do fenômeno da reflexão



Fonte: Nussenzveig (1998, p. 9)

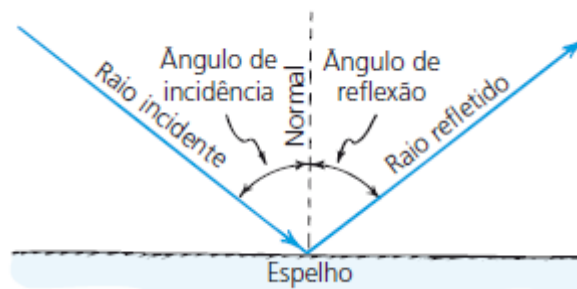
É possível perceber, a formação de dois triângulos retângulos QP_1P e PQ'_1Q , os quais compartilham a mesma hipotenusa, ou seja, são iguais em suas medidas, por tanto os ângulos θ_1 e θ'_1 , são numericamente iguais.

Dessa maneira, foi exposto que, por geometria básica, a lei da reflexão, fundamentada no princípio de Huygens, ratifica a teoria ondulatória como base explicativa para a lei da reflexão.

Após esse tratamento detalhado sobre o fenômeno da reflexão, de modo geral, pode-se representar os raios de luz com setas, e medir os ângulos de incidência e reflexão em relação a uma linha imaginária perpendicular à superfície, denominada de normal (Figura 1

Figura 8). O raio incidente, a normal e o raio refletido pertencem ao mesmo plano, sendo este caso reservado a superfícies lisas, chamada assim de reflexão especular. Exemplos perfeitos de reflexão especular são os espelhos (HEWITT, 2015).

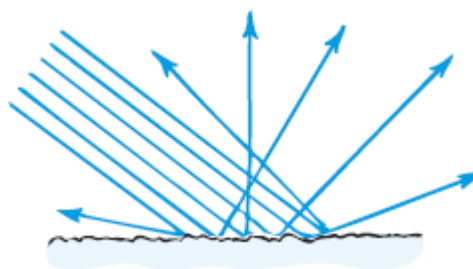
Figura 8 - Lei da reflexão



Fonte: Hewitt (2015, p. 521)

No entanto, a maior parte dos objetos a nossa volta não possuem superfícies totalmente lisas. Estas dispõem de rugas ou estrias que ao recebem os raios de luz os refletem em todas as direções, de modo desordenado, como visualizado na Figura 9. Essa reflexão, desordenada é chamada de reflexão difusa.

Figura 9 - Reflexão difusa



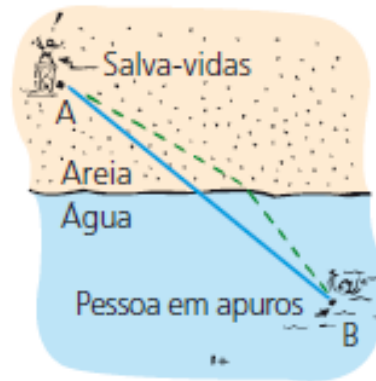
Fonte: Hewitt (2015, p. 523)

3.1.3 Fenômeno da Refração

Outro fenômeno bastante relevante ao comportamento da luz, é o seu translado de um meio para outro, uma vez que se contempla um desvio da mesma imediatamente após cruzar a superfície que divide os dois meios.

Esse comportamento é intitulado de refração da luz. Esse fenômeno, assim como a reflexão, é descrito *a priori* pelo princípio de Fermat, que afirma que a luz tende sempre a percorrer o caminho de menor tempo entre dois pontos (NUSSENZVEIG, 1998). Ou seja, a trajetória retilínea, quando se trata de dois meios diferentes não é o caminho mais rápido entre dois pontos. Pode-se citar, como exemplo prático, um salva-vidas que avista uma pessoa afogando-se no mar, pretendendo chegar ao indivíduo no menor tempo possível (Figura 10). O salva-vidas deve escolher o caminho com menos água, em razão da sua velocidade nadando ser inferior a correndo (HEWITT, 2015).

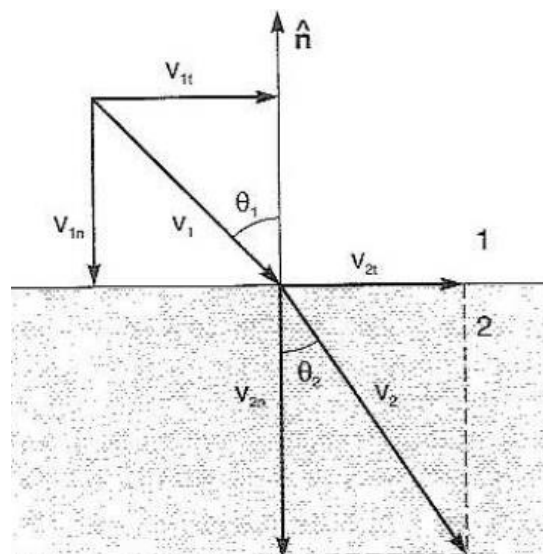
Figura 10 - Trajetória de um salva-vidas e a trajetória da luz durante a refração.



Fonte: Hewitt (2015, p. 524)

A teoria corpuscular, empregada na seção anterior para explicar o fenômeno da reflexão, também é utilizada para explicar o fenômeno da refração. Demonstrando uma análise cartesiana, das velocidades de um corpúsculo que atravessa dois meios diferentes, apresentada por Nussenzveig (1998) na Figura 11, na qual, v_1 e v_2 são as magnitudes das velocidades do corpúsculo, em cada meio. Ambas são decompostas vetorialmente em: v_{1t} ; v_{1n} e v_{2t} ; v_{2n} , considerando que as velocidades tangenciais não se alteram ($v_{1t} = v_{2t}$) a descontinuidade apresentada na interface muda as velocidades na componente normal ($v_{1n} \neq v_{2n}$), isso implica que os ângulos θ_1 e θ_2 são diferentes.

Figura 11 - Explicação corpuscular para o fenômeno da refração.



Fonte: Nussenzveig (1998, p. 8)

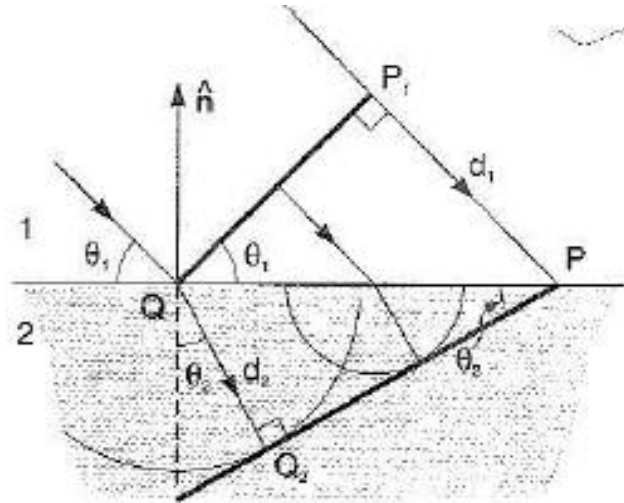
A partir disso, a trajetória do corpúsculo no meio 2 deve ser diferente, ou seja, sofre um desvio, determinado como refração (NUSSENZVEIG, 1998). No entanto, a

teoria corpuscular torna-se inconsistente em explicar o porquê parte da luz reflete e parte se refrata.

Outrora, este fato, não encontra dificuldades explicativas na teoria ondulatória. Nussenzveig (1998) explica que através do movimento ondulatório em objetos como duas cordas com densidades diferentes ligadas entre si, ao receberem um pulso, parte da onda é refletida no ponto de junção das duas cordas e parte é transmitida a outra corda com mudança de velocidade (refração).

Ainda seguindo as explicações de Nussenzveig (1998), para a explicação da refração da luz, com base na teoria ondulatória, o mesmo apresenta uma análise cartesiana (Figura 12), com uma frente de onda QP_1 (incidente) que origina outra frente de onda Q_2P (refratada). A distância d_1 representa a distância que ainda falta para QP_1 incidir totalmente na interface no meio 1, enquanto d_2 a distância já percorrida pela frente de onda Q_2P no meio 2. Ambas aconteceram no mesmo intervalo de tempo. Logo, v_1 e v_2 são as velocidades de propagação das frentes de ondas, com módulos diferentes ($v_1 \neq v_2$).

Figura 12 - Explicação ondulatória para o fenômeno da refração



Fonte: Nussenzveig (1998, p. 9)

Analisando o tempo transcorrido neste evento, temos

$$t = \frac{d_1}{v_1} = \frac{d_2}{v_2} \quad (3)$$

Baseado pelos triângulos QP_1P e QQ_2P determina-se

$$d_1 = QP \operatorname{sen}\theta_1 \text{ e } d_2 = QP \operatorname{sen}\theta_2 \quad (4)$$

Logo, associando a equação (3) e (4), tem-se

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{\operatorname{sen}\theta_1}{\operatorname{sen}\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad \rightarrow \quad n_{12} = \frac{v_1}{v_2} \quad (5)$$

sendo n_{12} a constante chamada de índice de refração do meio 2 em relação ao meio 1. Ou seja, $n_{12} > 1$ obtém-se, o meio 2 mais refringente, e na situação inversa $n_{12} < 1$ o meio 1 que se torna mais refringente (NUSSENZVEIG, 1998, p.7).

Em termos gerais, se v_1 for substituído pela velocidade da luz (c) a qual tem módulo aproximadamente 300.000km/s propagando-se no vácuo, obtém-se o índice de refração absoluto, ao comparar a mesma com outras velocidades na natureza visto que, “não há velocidade superior à da luz no vácuo (YOUNG, 2016). Desse modo, o índice absoluto de um meio pode ser determinado segundo Serwey (2012, p.9)

$$n \equiv \frac{\text{velocidade da luz no vácuo}}{\text{velocidade da luz em um meio}} \equiv \frac{c}{v} \quad (6)$$

Essa definição mostra que o índice de refração é um número adimensional maior que a unidade, porque v é sempre menor que c . Além do mais, n é igual à unidade para o vácuo.

Outro ponto importante deste fenômeno, acontece nas grandezas relativas ao comprimento de onda e frequência da luz. Ambas estão correlacionadas com a velocidade de uma onda. Nesse sentido, verifica-se que a frequência durante o fenômeno da refração não sofre alteração em seu valor, o que acorda com a equação fundamental da onda

$$v = \lambda \cdot f \quad (7)$$

Aplicando a mesma, as v_1 e v_2 , temos:

$$v_1 = \lambda_1 \cdot f_1 \text{ e } v_2 = \lambda_2 \cdot f_2 \quad (8)$$

Como, $f_1 = f_2$, através de um artifício matemático, pode-se cancelar os módulos das frequências no meio 1 e 2, e substituindo na equação (6) encontrando:

$$\lambda_1 \cdot n_1 = \lambda_2 \cdot n_2 \quad (9)$$

Percebendo que, que λ_1 e λ_2 são exatamente as distâncias d_1 e d_2 , respectivamente, pode-se coadunar as equações (4) e (9) e encontrar a definição:

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2 \quad (10)$$

A descoberta experimental desta relação é geralmente creditada a Willebrord Snell (1591-1626), sendo, portanto, conhecida como **lei da refração de Snell** (JONH; SERWEY, 2012, p.11).

3.1.4 Fenômeno da absorção

A maior parte dos objetos são opacos – são objetos com maior capacidade em absorver a luz. Ou seja, materiais opacos são mal refletores de luz. Essa alta absorção promove um aquecimento no material (HEWITT, 2015)

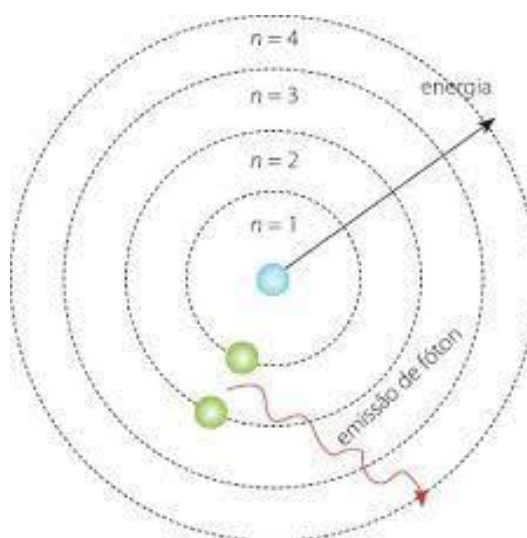
Essa característica “opaca”, na óptica geométrica é referente ao meio ao qual a luz translada. O aquecimento gerado por essa absorção de acordo com Hewitt (2015), trata-se das vibrações comunicadas pela luz ao incidir sobre os elétrons mais externos. A energia destas vibrações é convertida em energia térmica.

Ao longo desta seção, assimilaremos que o fenômeno da absorção está intrinsecamente concatenado com o fenômeno da reflexão, pois os mesmos acontecem simultaneamente durante a interação com a matéria.

A compreensão entre o fenômeno de absorção da luz e interação com a matéria inicia pelo entendimento do modelo atômico de Niels Bohr, elaborado a partir do modelo atômico planetário de Rutherford. Este modelo concentra sua massa atômica (+Z) no núcleo de carga elétrica positiva, orbitado por uma carga de massa desprezível com carga negativa, chamado de elétron. A contribuição de Bohr para esse modelo está no nivelamento de energia do elétron, que pode trocar de órbita, seja para um nível maior energia (estado excitado) ou retornar ao seu nível mais próximo do núcleo (estado fundamental) de acordo com a energia que é recebida ou perdida, respectivamente (ALMEIDA; SANTOS, 2001).

No nível excitado, depois de um determinado tempo sem interagir com um fóton, ele volta, ou decai, para o estado de menor energia, emitindo outro fóton (luz) com energia igual a diferença entre o nível que se encontrava e o nível atual (EISBERG; RESNICK, 1979). Na Figura 13 tem-se a representação, segundo o modelo atômico de Rutherford – Bohr, por meio a emissão de um fóton durante o decaimento do elétron.

Figura 13 - Átomo de Rutherford-Bohr, com núcleo, orbitais e um decaimento eletrônico



Fonte: Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo_de_Bohr

O processo descrito acima, corresponde a absorção da energia de uma onda eletromagnética, como a luz. No entanto, não é regra que sempre que a luz incidir sobre um material o mesmo absorverá e refletirá. Arelado a esses dois fenômenos, a transmissão da luz também influenciará de maneira direta na determinação de sua trajetória.

Este fenômeno da luz, corresponde ao instante que o material é atravessado pela luz, sem que haja interação com seus átomos (RIBEIRO; CARNEIRO, 2016). Um exemplo prático para essa situação ocorre quando a luz branca incide em um vidro colorido, e o mesmo realiza um papel de filtro permitindo a passagem apenas da luz na cor a qual o objeto possui a capacidade de transmiti-la.

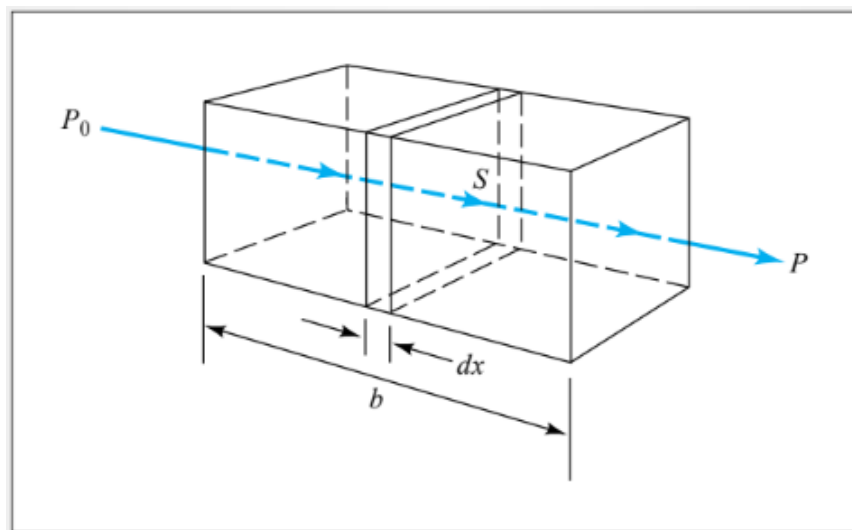
Diante do exposto, percebe-se que a luz ao incidir sobre um material, como um vidro colorido citado anteriormente, realiza tanto a reflexão, absorção e a transmissão da luz. Nesse sentido, é relevante entender a trajetória das radiações ao interagir com a matéria.

A literatura matemática que aborda sobre a probabilidade do fóton incidente atravessar sem interagir com a matéria é a lei de Lambert-Beer. Esta relaciona a absorção de uma onda eletromagnética com as propriedades de um material a qual a radiação o atravessa (SKOOG et al, 2006).

Com isso, a lei de Lambert-Beer relaciona a absorbância e a transmitância em um material (Figura 14). Ao incidir um feixe de radiação paralelo e monocromático com potência P_0 , sobre um bloco de comprimento b e seção transversal S , o feixe de radiação, após transpassar pelo material, tem sua intensidade reduzida a P como resultado da absorção. Separando um elemento infinitesimal desse bloco, de comprimento dx , o qual absorve uma quantidade dn de partículas, e cada partícula absorve uma quantidade de fótons, na área da seção de captura indicada por dS .

A razão entre a área capturada e a área total é descrita por dS/S aplicando a média estatística e representa a probabilidade de captura de fótons dentro da seção do bloco.

Figura 14 - Absorção de radiação P_0 em um bloco de matéria de comprimento b e seção transversal S .



Fonte: Skoog et al (2006, p.681)

A derivada dS/S é igualada com a razão entre a quantidade removida por segundo dentro da seção e a quantidade de fótons por cm^2/s dP_x/P_x , que representa a probabilidade média de captura. Como representa um decréscimo da intensidade P é atribuído um sinal negativo.

$$-\frac{dP_x}{P_x} = \frac{dS}{S} \quad (11)$$

Sabendo que dS é a soma das áreas de captura e proporcional ao número de partículas.

$$dS = adn \quad (12)$$

e integrando os dois lados, sendo o dP_x / P_x , com limites que vão de P_0 a P , e como é mostrado a seguir

$$-\int_{P_0}^P \frac{dP_x}{P_x} = \int_0^n \frac{adn}{S} \quad (13),$$

A solução da integral, fornece

$$-\ln \frac{P}{P_0} = \frac{an}{S} \quad (14)$$

Em seguida, transforma o logaritmo neperiano em logaritmo de base 10, com isso o sinal muda, tendo assim

$$\text{Log} \frac{P_0}{P} = \frac{an}{2,303.S} \quad (15)$$

Inserindo a solução, dentro das condições de contorno: seção transversal S e comprimento b

$$\text{Log} \frac{P_0}{P} = \frac{anb}{2,303.V} \quad (16)$$

E aplicando a equação 16, a uma concentração molar c baseada em Mol L^{-1} e as constantes por ε , substitui-se a equação por

$$\text{Log} \frac{P_0}{P} = \varepsilon bc = A \quad (17)$$

Com isso a lei de Lambert – Beer define a absorvância presente em um material como

$$A = \varepsilon bc \quad (18)$$

Diante do exposto, a lei de Lambert – Beer, relaciona a quantidade de matéria absorvedora, com a quantidade de luz transmitida e absorvida.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da Pesquisa

Uma pesquisa científica é alicerçada em diversas teorias e, de acordo com seus atributos, existe um alinhamento relativo à solução do problema a qual deseja-se resolver. Esta solução pode ser baseada em uma análise subjetiva, buscando observar, interpretar e descrever um significado que é investigado, caracterizando uma abordagem qualitativa. Silva e Menezes (2001) definem a pesquisa qualitativa como uma relação dinâmica que analisa o vínculo entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzida em termos numéricos.

Contraposto a esse aspecto, uma pesquisa pode traçar mecanismo de análise de dados que tem suas origens no pensamento lógico, destacando o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana. Esta por sua vez nomeia-se como abordagem quantitativa.

Contudo a definição de pesquisa quantitativa está voltada a resultados expressados em números, como afirma Fonseca (2002, p.20):

A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc.

Em consonância com o objetivo deste trabalho, que se trata de identificar e modificar as concepções alternativas sobre absorção, reflexão e refração, de maneira subjetiva, alinha-se à uma característica qualitativa.

Ademais, a maneira de analisar os dados coletados pautada em gráficos e porcentagens aponta um perfil quantitativo. Por esse motivo, a pesquisa de modo geral, incorpora características quali-quantitativas.

4.2 Campo Empírico da Pesquisa

A pesquisa e o Produto Educacional foram desenvolvidos na Escola de Ensino Médio de Tempo Integral (EEMTI) Sinhá Sabóia, vista na Figura 15 pertencente à Secretaria Estadual de Educação do Ceará (SEDUC-CE), localizada na Rua Mauro,

S/N – Bairro Dom Expedito, Sobral - CE, 62050-190. Esta escola possui 7 salas de aula, um laboratório de informática, um laboratório de Ciências, uma biblioteca, uma sala da direção, uma sala dos professores, uma cozinha, 5 banheiros e um pátio coberto. O corpo discente é composto de aproximadamente 200 alunos divididos em 5 turmas nos turnos manhã e tarde, sendo inicialmente apenas os 1º anos funcionando em tempo integral.

Figura 15 - Vista frontal da escola EEMTI Sinhá Sabóia



Fonte: Google Maps

4.3 Participantes da Pesquisa

Os sujeitos participantes dessa pesquisa foram alunos de turmas do 1º e 2ª série do Ensino Médio integral cursando uma disciplina eletiva de práticas no ensino de física. A pesquisa foi desenvolvida no primeiro semestre de 2023. Como amostra, tivemos inicialmente um total de 12 alunos sendo 5 do sexo masculino e 7 do sexo feminino, apresentando uma faixa etária média entre 15 e 16 anos.

Essa turma possuía um número de alunos reduzidos devido a limitação dentro do Laboratório Educacional de Ciências (LEC). Como a disciplina era eletiva (opcional), por uma regra da própria escola, os estudantes poderiam se inscrever ou não para cursá-la. Com isso, mais alunos da 1º série inscreveram-se nesta eletiva, sendo nove (9) da 1º série e três (3) da 2º série.

Os participantes desta pesquisa receberam nomenclaturas de P1, P2, P3, ... P12 como forma de identificar o processo de aprendizagem individualmente e por conveniência preservar a identidade dos participantes.

4.4 Técnicas e Instrumentos de Produção de Dados

A obtenção de dados que forneçam uma análise qualiquantitativas da pesquisa, não pode ser operacionalizada por um único tipo de instrumento de aferição do conhecimento, dentro de uma perspectiva de aprendizagem significativa de David Ausubel.

Trilhando sobre esse ponto de vista os tipos de instrumentos utilizados nesta pesquisa foram representados na Tabela 1:

Tabela 1 - Instrumentos de pesquisa

Instrumentos	Descrição	Tempo de aplicação (aulas)
Problematização com experimentos	Composto pelo jogo RGB e um experimento de refração da luz, desempenham juntos o papel de organizadores prévios, baseado assim na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) para externalização dos conhecimentos prévios, bem como das concepções alternativas.	2
Questionário inicial (pré-teste)	Empregado como ferramenta para obtenção das concepções alternativas sobre os fenômenos de absorção, reflexão e refração, instigados anteriormente pelos organizadores prévios.	2
Mapas conceituais	Desempenhará o papel de avaliação formativa, averiguando o possível desenvolvimento cognitivo do discente.	8

Simulação virtual	Instrumento de mediação de aprendizagem por investigação.	2
Questionário Final (pós-teste)	Operado como ferramenta de avaliação conclusiva da sequência didática, para verificação da possível aprendizagem significativa.	1

Fonte: Próprio autor

Cada instrumento citado possui sua técnica de aplicação. Para que tenham um bom retorno de resultados é necessário que se tenha conhecimento de suas peculiaridades na execução.

Os questionários devem ter, de acordo com Marconi e Lakatos (2003, p.202), a construção limitada em extensão e finalidade. Se for muito longo fadiga e causa desinteresse. Se curto demais, corre risco de não oferecer informações suficientes.

4.5 Procedimentos de Análise de Dados

Os primeiros dados nesta pesquisa foram coletados a partir do questionário inicial (Apêndice C), que assume o papel norteador para a investigação, visto que o mesmo forneceu as concepções alternativas dos estudantes, sendo a peça fundamental para identificar e solucionar a problemática que orbita a pesquisa.

O questionário inicial teve como elementos instigadores a aplicação do jogo RGB e os experimentos de refração, fornecendo os conhecimentos prévios referentes ao tema de reflexão, absorção e refração. Dentre esses conhecimentos prévios, foi investigado a existência de concepções alternativas.

Como base para identificação das concepções alternativas presentes nas respostas do questionário inicial, desfrutou-se do livro concepções alternativas em óptica de Almeida (2007), cuja a pesquisa foi orientada por Marco Antônio Moreira, a qual cataloga as mais comuns concepções alternativas referentes ao conteúdo de óptica.

Um questionário também foi o instrumento utilizado na etapa de culminância desta sequência metodológica, denominado questionário final. Este, por sua vez,

corroborou na conclusão de análise desta pesquisa, interpretando o nível de conhecimento dos estudantes após toda sequência didática e fornecendo um panorama comparativo (inicial – final) das concepções dos discentes relativas ao tema ministrado nas aulas.

A análise dos dados referente a segunda ferramenta – Mapas conceituais – baseou-se na sondagem das possíveis concepções alternativas e/ou equivocadas que por ventura tenham surgido durante a aplicação das aulas no segundo estágio da sequência didática, por intermédio das descrições conceituais abordadas neste estágio.

Este tipo de averiguação fundamenta-se através de análise do conteúdo, segundo Bardin (2011) é um método analítico das comunicações voltado para descrição do conteúdo. Este modo de analisar, contribui na compreensão dos significados existentes nos elementos coletados durante a pesquisa. A escolha por esta linha de análise consiste na necessidade de enriquecer a compreensão por meio da leitura, com informações que transcendem o visível e que estabelecem relações com os significados (CAVALCANTE; CALIXTO; PINHEIRO, 2014).

De acordo com Bardin (2016) a análise de um conteúdo passa por três etapas: I) pré-análise, II) exploração do material, III) tratamento dos resultados, inferência e interpretação. Para a autora, estas etapas apresentam critérios que colaboram na organização de uma análise de conteúdo. Essa organização em categorias é defendida pela autora Bardin (2016, p.133) como classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos.

Na primeira etapa de pré-análise consiste na elaboração de elementos norteadores a fim de formular interpretações e hipóteses sobre o conteúdo e o tema ao qual está sendo trabalhado. Para Bardin (2016) esta primeira etapa é subdividida em quatro fases, sendo 1) leitura flutuante, 2) escolha dos documentos, 3) formulação de hipóteses e 4) referências dos índices. O Quadro 1 especifica a orientação em cada fase da pré-análise.

Quadro 1- Regras para orientação sobre as fases da pré-análise de um conteúdo.

1) Leitura flutuante	Estabelecendo contato com os documentos de coletas de dados.
2) Escolha dos documentos	Demarcação do que será analisado.
3) Formulação de hipóteses	Modelagem de ideias
4) Referências dos índices	Determinação de indicadores por meio de recortes de texto nos documentos de análise.

Fonte: Adaptado do texto de Rodrigues (2019)

Por conseguinte, a segunda etapa do método de análise de conteúdo: exploração do material, segundo Bardin (2016), é considerada pelo autor o cerne de todo a análise referente ao *corpus* – material textual coletado na pesquisa. Esta etapa por sua vez, orienta sobre a categorização das unidades de registro – unidades de significação a serem codificadas de acordo com a frequência que surgem no texto – Ademais também são categorizadas as unidades de contextos – decodificadoras das unidades de registros por meio de mensagens a fim de elucidar as unidades de registro (RODRIGUES, 2019).

Na terceira e última etapa: tratamento dos resultados, que consiste na sintetização de resultados e destaque das informações coletadas durante toda a análise, representando assim a etapa que acontece a análise reflexiva e crítica (RODRIGUES, 2019).

Estas etapas estabelecidas pela autora Bardin (2016), são destinadas para estruturação de uma análise de conteúdo, no entanto a própria autora não considera as mesmas como um método rígido e exato para analisar um conteúdo em uma pesquisa.

4.6 Produto Educacional

Para o desenvolvimento do produto educacional desta obra, foi produzido uma sequência didática que modificasse as concepções alternativas dos educandos, pertinentes ao tema reflexão, absorção e refração, com a finalidade introdutiva ao estudo da ótica geométrica aliada a metodologias ativas de aprendizagem.

A fundamentação deste produto educacional está na prática de investigação científica e na utilização crítica das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), provenientes das competências gerais e específicas, definidas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) afim de valorizar e estimular ações que possam contribuir para a transformação da sociedade (BRASIL, 2018).

As competências gerais alinhadas com este trabalho são:

- Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.
- Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. (BRASIL, 2018, p. 9)

Tais competências refletem o aspecto investigativo e crítico desta sequência didática visto que, estes aspectos contemplam. Como afirma Zabala (1998), a sequência didática é um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização dos objetivos de aprendizagem. Nesse sentido, esta sequência consiste em uma série de aulas predefinidas em quatro estágios. A

Figura 16 apresenta um panorama ordenado de execução dos estágios e seus conteúdos.

Figura 16 - Apresentação da sequência de execução dos estágios.



Fonte: Próprio autor

Na Tabela 2 pode-se observar como foi destinado o tempo de cada estágio, em aulas, para o cronograma deste produto educacional.

Tabela 2: Cronograma de aplicação do produto educacional

1º Estágio: Problematização	4 aulas
2º Estágio: Avaliação formativa	8 aulas
3º Estágio: Simulação virtual	2 aulas
4º Estágio: Avaliação de aprendizagem	1 aula

Fonte: Próprio autor

4.6.1 Estágio 1: A Problematização

A importância da problematização de uma temática, é expor a necessidade de sua solução, como orientado por Carvalho e Gil-Pérez (2001, p.33) Saber que o conhecimento é uma construção para respostas às questões científicas, o que implica propor a aprendizagem a partir de situações problemáticas de interesse para os alunos.

O filósofo Gaston Bachelard (1996) também já alertava que havia a necessidade de construir problemas que não são postos pelos alunos. Afirmção evidente, entretanto, não trivial.

O primeiro estágio inicia com a problematização dos conteúdos de absorção, reflexão e refração. Para tanto, optou-se pelo emprego da experimentação como ferramenta instigadora perante as temáticas científicas abordadas. Fundamentando-se na competência específica 1 da BNCC na área das ciências da natureza, que orienta analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia (BRASIL, 2018, p.540).

4.6.1.1 Problematização dos fenômenos de absorção e reflexão

O primeiro experimento, encarregado de problematizar sobre os fenômenos de absorção e reflexão, recebeu uma modelagem de um jogo, denominado de jogo RGB (*Red, Green e Blue*, do inglês vermelho, verde e azul) como pode ser visto na Figura 17, utiliza três fontes de luzes, nas cores já supracitadas, montadas sobre uma base de madeira e controladas por três chaves (liga/desliga) independentes que possibilitam as lâmpadas serem ligadas e desligadas individualmente ou em conjunto.

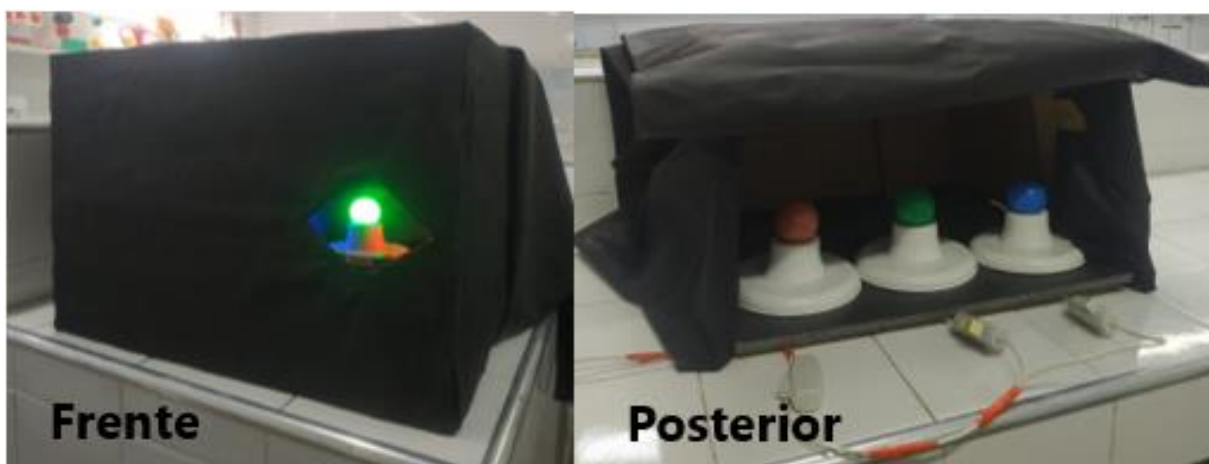
Figura 17 - Jogo RGB.



Fonte: Próprio autor

Logo abaixo, temos a Figura 18 mostrando a cabine feita de caixa de papelão e coberta com um tecido de cor preta, esta cabine fica sobre a base, cobrindo as lâmpadas, simulando um ambiente escuro.

Figura 18 – Cabine do jogo RGB com a vista da frente na imagem da esquerda e a direita com a vista posterior.



Fonte: Próprio autor

Este experimento foi projetado com a finalidade de simular um jogo, que tem o objetivo de identificar a tinta guache de cor preta, aplicando os fenômenos da absorção e reflexão da luz. Para esse propósito, são dispostos tubos de tinta guache das cores: vermelho, verde, azul, preto e branco dentro da cabine. Os mesmos foram iluminados com as lâmpadas vermelho, verde e azul. Com isso, a percepção do observador sobre as cores dos objetos é alterada devido a absorção da luz nos tubos que não refletem a luz no mesmo comprimento de onda da luz que está incidindo sobre ele, dificultando a identificação do tubo de tinta preto correto.

O jogo funciona da seguinte maneira: o aluno aproxima-se da cabine com as luzes apagadas, o professor orienta-o a observar pelo orifício da cabine, e identificar o único tubo de tinta preta que há dentre os cinco tubos, o professor aciona apenas uma lâmpada de cada vez, o aluno pode observar a existência de mais de um tubo de tinta de cor preta, porém apenas um é o verdadeiro.

Para conduzir o discente na sua observação, o mesmo deve preencher as lacunas em uma folha de gabarito (Apêndice B) colorindo-as com a cor que ele está observando naquele instante, para isso será disposto ao estudante no momento do jogo lápis de cor em diversas cores. Ao término da atividade ele deve concluir qual o

número referente a posição do tubo de tinta preta, baseado na posição de cada lacuna pintada na cor preto. O gabarito do jogo RGB pode ser visto logo abaixo, na Figura 19.

Esta prática, visa desenvolver a habilidade de interpretar modelos explicativos e resultados experimentais que corroborem na justificativa de conclusões no enfrentamento a situações-problema (BRASIL, 2018), orientada na competência específica 3 da BNCC.

Figura 19 - Gabarito do jogo RGB

GABARITO DO JOGO RGB					
LUZ	1 	2 	3 	4 	5 
VERMELHO					
VERDE					
AZUL					
Qual o número da tinta preta verdadeira? _____					

Fonte: Próprio autor

Após o acionamento de cada lâmpada, uma por vez, o discente terá a sensação de ter enxergado vários tubos de tinta preta. Logo abaixo, possível identificar este processo em três momentos:

Figura 20 - Momento 1: luz vermelha: absorvida nas tintas verde, azul e preta e refletidas nas tintas branca e vermelha.



Fonte: Próprio autor

Figura 21 - Momento 2: luz verde: absorvida nas tintas vermelha e azul e preta e refletidas nas tintas branca e verde.



Fonte: Próprio autor

Figura 22 - Momento 3: luz azul: absorvida nas tintas verde, vermelha e preta e refletidas nas tintas branca e azul.



Fonte: Próprio autor

Estas etapas ilustraram a sensação que o educando teve em cada etapa do jogo. Finalizado o jogo com todos os estudantes, foi revelado o segredo do tubo de tinta verdadeiro, retirando a cabine diante de todos.

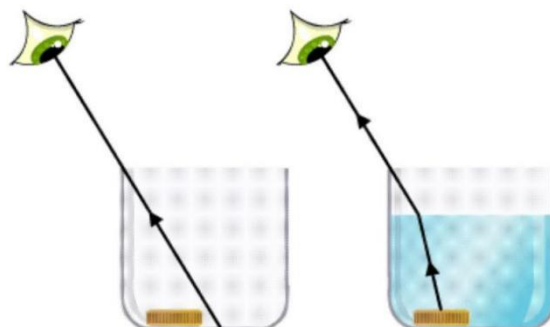
4.6.1.2 Problematização do fenômeno de refração da luz

Posteriormente a problematização da absorção e reflexão, prosseguiu-se com a segunda problematização do primeiro estágio. Essa por sua vez, possui a finalidade de problematizar sobre o tema de refração, através do um experimento instigador sobre o tema. O experimento utilizado para compor esta segunda problematização foi:

- Experimento – Visibilidade da moeda.

Colocar uma moeda no fundo de um recipiente opaco, e posicionar sua visão, na parte superior diametralmente oposta ao recipiente de maneira que não seja possível enxergar a moeda como ilustrado na Figura 23.

Figura 23 - Posição dos olhos do observador para execução do experimento.



Fonte: Disponível em: https://www.sobiologia.com.br/conteudos/oitava_serie/optica8.php

Em seguida ao adicionar água, a refração fará com que a imagem da moeda apareça. Conforme é possível ver na Figura 24:

Figura 24 – Experimento de refração da luz, utilizando recipiente opaco, um béquer com água e uma moeda.



Fonte: Próprio autor

Esta experimentação associada ao jogo RGB tem o objetivo de fazer com que os alunos levantem hipóteses, ou seja, expressem suas concepções de modo espontâneo sobre a absorção, reflexão e refração da luz. As devidas explicações para cada fenômeno observado devem acontecer no próximo estágio da sequência didática.

Após, o jogo RGB e o experimento de refração será aplicado um questionário introdutório (Apêndice C) sobre as concepções prévias dos alunos referentes aos fenômenos de absorção, reflexão e refração da luz que foram observados durante o jogo RGB e os experimentos de refração.

Posteriormente a isso, em um momento extra classe, as respostas dos alunos, extraídas do questionário, serão mapeadas de forma a quantificar as concepções alternativas predominantes. Este mapeamento tem utilidade na construção das aulas que irão suceder ao primeiro estágio, bem como, para o desenvolvimento da sequência didática.

4.6.2 Estágio 2: Avaliação formativa

No segundo estágio foi aplicada a ferramenta: mapas conceituais, que analisa a aprendizagem significativa. Para tanto, inicialmente foram ministradas seis aulas sobre os conteúdos dos fenômenos de reflexão, absorção e refração da luz, sendo as três primeiras sobre reflexão e absorção da luz e as outras três sobre refração da luz, e mais duas aulas para a construção dos mapas conceituais, totalizando 8 aulas neste estágio.

Os dois últimos encontros deste segundo estágio (7º e 8º aula) foram destinadas a construção dos mapas conceituais. Para tanto, os estudantes foram levados ao laboratório educacional de informática com o intuito de construir os mapas em uma plataforma gratuita de fluxogramas e mapas conceituais, chamada: Lucidchart, a conclusão dessa dinâmica desenvolveu-se com a formação de três grupos, sendo a critério de cada um, o modelo e sequência de informações sobre o conteúdo, afim de que os discentes expusessem seus conhecimentos de acordo com o que definiram como mais relevantes para o seu aprendizado.

O produto gerado por esse estágio foi analisado com o intuito de identificar, possíveis concepções alternativas ainda presentes nos educandos, e reconhecer a possível aprendizagem significativa.

4.6.3 Estágio 3: Aprendizagem por simulação virtual

Neste estágio, foi utilizado como ferramenta o simulador “Desvio da Luz” produzido pelo site de simulações virtuais, *Phet Interactive Simulations*. A atividade foi desenvolvida no laboratório de informática e seguiu os parâmetros do laboratório tipo *Fading*, do inglês “enfraquecer” que segundo Pimentel e Saad (1979) diferencia-se da didática tradicional em laboratórios por não possuir um roteiro rígido e sequenciado. Isso torna o procedimento mais dinâmico permitindo ao estudante mais liberdade cognitiva, promovendo assim desafios a serem superados pelos discentes.

A aprendizagem neste estágio foi auxiliada por meio de um roteiro (Apêndice D), composto com orientações, aos estudantes, com o nome do site e o nome do simulador “Desvio da luz”, para que os mesmos lograssem acesso ao simulador.

Logo depois, o roteiro seguiu com perguntas abertas (subjativas), proporcionando aos estudantes interação natural os induzindo a explorarem o simulador, conforme o modelo de laboratório tipo *Fading*. As perguntas eram voltadas

para o tema de refração da luz, e tiveram o objetivo de conectar a aprendizagem do conteúdo das aulas a prática do simulador virtual.

No Quadro 2 abaixo estão as perguntas que foram inseridas no roteiro da prática com o simulador virtual: Desvio da luz:

Quadro 2: Perguntas inseridas no roteiro da prática com o simulador virtual Phet Simulações: Desvio da luz.

01. De acordo com o que você já observou neste simulador, qual ou quais dos fenômenos ópticos visto em sala (Absorção, Reflexão, Refração) ele aborda em prioridade? Justifique sua resposta.
02. O simulador contém uma linha tracejada vertical, qual o nome e a função dessa linha?
03. Na parte direita da tela encontra-se uma seletor de índice de refração, referente ao meio ao qual deseja-se que a luz do laser se propague. O que representa o índice de refração no estudo do fenômeno da refração da luz?
04. Utilizando o seletor do índice de refração inferior, selecione a opção “Mistério A” em seguida, de acordo com seus conhecimentos, descreva o procedimento para encontrar o índice de refração deste meio, elencando as ferramentas, presentes no simulador, necessárias para esta tarefa?
05. Determine qual o índice de refração deste meio “Mistério A” encontrado usando o procedimento que você utilizou?
06. O que você achou desta atividade? e o que você pode aprender com ela?

Fonte: Próprio autor

O procedimento adotado neste questionário busca alcançar a aprendizagem significativa, baseando-se no desenvolvimento da habilidade 302 contida na competência específica 3 da BNCC na área da ciência da natureza, que orienta a utilização de mídias e Tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) de modo a promover debates em torno de temas científicos.

O tempo necessário para execução desta atividade foram usadas 2 aulas de 50 minutos.

4.6.4 Estágio 4: Aplicação do questionário final

Neste último estágio, foi aplicado o questionário final contendo perguntas referentes a temática abordada durante a aplicação do produto educacional, com o objetivo de identificar se houve algum progresso na modificação das concepções alternativas a respeito dos fenômenos de absorção, reflexão e refração da luz.

O questionário final desta pesquisa, foi construído na plataforma de formulários: Google Forms, o mesmo contém 10 perguntas sendo 9 objetivas e uma subjetiva. A escolha por essa ferramenta está em sua geração dados de modo claro e objetivo. O formulário encontra-se no (Apêndice E). Para a conclusão deste estágio foram necessários uma aula de 50 minutos.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, será exposto a análise dos resultados referente ao Produto Educacional (PE) aplicado na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Sinhá Sabóia e desenvolvido com uma turma cursando uma disciplina eletiva de práticas no ensino de física.

A aplicação deste PE foi baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, partindo de uma tese epistemológica e metodológica, na qual, inicialmente, analisaremos no estágio 1, através dos organizadores prévios (jogo RGB e experimento de refração), as possíveis concepções alternativas pré-existentes nos educandos coletadas com o questionário inicial (pré-teste). Concomitante a isso, uma análise de conteúdo, segundo Bardin (2016), introduzida por pré-análise e seguida da exploração do material e tratamento dos resultados.

Logo após, a investigação avança para o estágio 2 com a avaliação formativa (mapas conceituais) e o estágio 3 (simulação virtual) operando com a mesma triagem de análise de Bardin (2016).

E, por fim, o estágio 4 (questionário final) que buscará avaliar os possíveis avanços na aprendizagem e se houve, de fato, uma modificação nas concepções alternativas, identificadas no início da pesquisa, em concepções científicas.

5.1 Estágio 1: Problematização

A problematização do tema tinha por objetivo despertar os estudantes sobre o tema, a fim de explorar os conhecimentos prévios e identificar neles as concepções alternativas. A mesma foi construída sob duas problemáticas, sendo a primeira de abordagem sobre os fenômenos de reflexão e absorção da luz (jogo RGB) e a segunda sobre a refração da luz.

No primeiro dia de aplicação do PE, estavam presentes apenas oito (8) alunos dos doze (12) alunos da turma. Como os encontros eram semanais, esta etapa de jogo RGB e experimentos foi concluída apenas no segundo dia de aplicação deste PE. Neste segundo encontro os alunos que estavam ausentes no primeiro dia puderam participar das atividades referentes a esta etapa.

Inicialmente os participantes foram convidados, de forma nominal, a aproximarem-se da cabine e instruídos sobre as regras do jogo juntamente com o seu

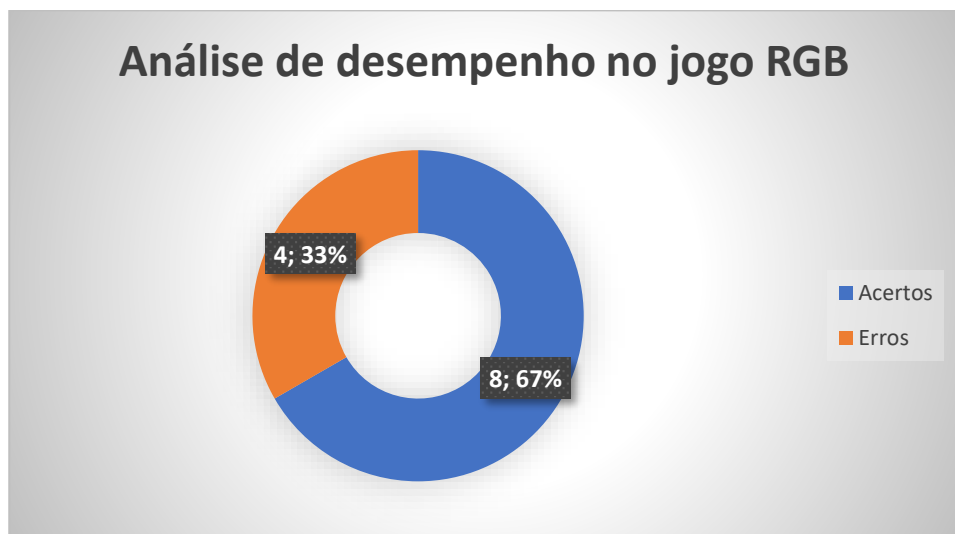
objetivo. Cada participante preencheu um gabarito (Figura 19) cujo objetivo era determinar qual a numeração do tubo de tinta preto verdadeiro.

A análise feita nesta etapa teve inicialmente a observação dos padrões das cores escolhidas pelos participantes, a fim de identificar se os mesmos percebiam a alteração das cores refletidas nos tubos de tintas à medida que a cor da luz emitida pela lâmpada dentro da cabine era modificada.

A princípio os estudantes tiveram dificuldade de entender o objetivo do jogo, por se tratar de uma abordagem incomum. Por esse motivo foi necessário mais tempo para explicar de modo individual aos participantes o que eles deveriam observar durante o jogo RGB.

Como definido anteriormente, os participantes foram identificados como P1, P2, P3,...P12, de modo a preservar a identidade dos mesmos e melhor acompanhar a aprendizagem. De acordo com as respostas no gabarito foi possível construir um gráfico dos participantes que acertaram a posição correta do tubo de tinta preta.

Gráfico 1 – Quantidade e percentual dos participantes que acertaram e dos que erraram a resposta no jogo RGB



Fonte: Próprio autor

Os oito (8) participantes pertencentes aos 67% representam os que tiveram a percepção lógica de escolher a posição correta do tubo de tinta preto de acordo com as cores marcadas no gabarito RGB. É interessante destacar que dos quatro (4) participantes que erraram a resposta final, três (3) deles pintaram mais vezes a posição do tubo de tinta preto correto (posição 4), no entanto, sua conclusão final foi

a posição 2. Pode-se observar isso na figura abaixo, que apresenta um dos gabaritos com a resposta final errada, porém a marcação da cor correta.

Figura 25 – Um dos gabaritos RGB que continha a marcação da posição correta do tubo de tinta preta, mas com a conclusão equivocada na resposta final.



Fonte: Próprio autor

O prognóstico referente ao jogo RGB juntamente com os experimentos de refração estão de forma mais predominantes no questionário inicial, que será exposto na próxima seção.

5.1.1 Análise do questionário inicial

O questionário inicial (Apêndice C), que teve como objetivo coletar as informações sobre as possíveis concepções alternativas referentes ao tema trabalhado, foi executado no segundo dia de aplicação deste PE.

Como forma de introdução as perguntas do questionário, foi produzido um texto pelo próprio autor, em forma de diálogo, de uma situação correlacionada ao jogo RGB. Pode-se apreciar este texto na figura 27:

Figura 26 – Minitexto motivador em forma de diálogo para o questionário inicial.



Dois amigos, Pedro e João foram a uma festa em uma casa de shows e estavam com camisas nas cores **verde e branca**, respectivamente. Ao entrarem no local, notam que o ambiente está bem escuro, com apenas algumas fontes de **luz na cor azul**. No momento que Pedro olha para a camisa de João, logo se assusta

- João, sua camisa mudou de cor, ela esta **azul**.

E João ao olhar para sua camisa fica impressionado e logo percebe que a camisa de Pedro também aparentemente mudou de cor.

- Nossa Pedro, a sua camisa também mudou de cor, ela ficou **preta** .

Ambos ficaram se perguntando qual a explicação para isso?.

Fonte: Próprio autor

Para realizar a pré-análise referente as respostas contidas no questionário inicial foram seguidas as orientações segundo Bardin (2016), estabelecendo o primeiro contato com as repostas (leitura flutuante) e demarcando os elementos a serem explorados, para posteriormente formular hipóteses e determinar as concepções alternativas que assumem o papel de indicadores segundo a teoria de Bardin (2016).

As perguntas e suas respectivas respostas foram expostas em quadros, como mostrado no Quadro 3 que contém a questão 01, do tipo aberto, e objetivava identificar elementos que caracterizassem a existência de possíveis concepções alternativas e conhecimentos prévios, sobre os fenômenos da reflexão e absorção da luz, direcionado mais precisamente ao conceito de cor.

Quadro 3 – Respostas da questão 01: Na situação acima, Pedro tem a percepção de ver a camisa de João na cor azul, mesmo sabendo que a camisa possui cor branca. Explique com suas palavras, como Pedro pode ter essa percepção?

Participantes	Respostas
P1	Pelas cores do show terem se misturado.
P2	Por causa da luz azul na balada a cor da blusa muda de cor
P3	Por que a cor branca não se impõe em nada, daí já que jogaram luz azul a camisa ficou azul.

P4	As cores do show se misturaram
P5	Por que ficou escuro
P6	Por conta do reflexo azul que as blusas mudaram de cor
P7	Por conta da luz azul, ela refletiu nas camisas dos dois, na de João ficou azul por ser uma cor neutra e na de Pedro por serem duas cores fortes se anulam.
P8	Por que talvez a cor branca que era da camisa mudou por conta da luz azul que apresenta ser a cor preta. Por conta do local escuro.
P9	Tinha algumas fontes de cor azul, e a camisa de João por ser branca (cor neutra) sofre reflexo.
P10	Deve ser por que as cores que eles estavam vendo são cores diferentes
P11	Já que sua camisa é branca e não apresenta cores, logo a cor azul, irá refletir em sua camisa.
P12	Por conta da iluminação do ambiente, e da percepção visual de cada um.

Fonte: Próprio autor

A partir da leitura flutuante, observou-se o alinhamento destas respostas com as categorias elencadas por Almeida (2007) em seu livro “concepções alternativas em óptica”, denominadas de categorias *a priori* (MORAES; GALIAZZI, 2007) originadas pelo agrupamento de respostas com elementos de significação próximos.

De acordo com categorização *a priori* baseada em Almeida (2007, p.21) as concepções alternativas mais frequentes sobre o conceito de cor são:

A) A luz colorida é ativa

Luz colorida atua no objeto de uma forma vigorosa, pois pode alterar a cor do objeto de duas formas: somando cores ou “escurecendo” o objeto, ou impedindo a cor “verdadeira” de ser visualizada. Ela também pode dar cor à sombra. A função da luz branca “normal” é passiva, pois ela é clara, sem cor, transparente e, simplesmente, ilumina o objeto ou a sombra para podermos ver sem provocar mudanças.

B) A luz colorida contém cor

Esta cor pode se misturar com a cor do objeto e mudá-lo, como pigmentos podem se misturar e criar novas cores. Ela também pode se combinar com a cor de outra luz para criar sombras de uma nova cor.

C) A luz colorida é escura

O termo escuro é usado com dois significados: como o oposto do claro, e como uma característica de cada cor (algumas cores são mais escuras que outras); quando ela é usada da segunda forma, o termo escuro indica uma escala de brilho de uma cor, por exemplo, a luz vermelha é mais escura que a amarela e assim por diante, em uma escala que vai do branco ao preto. Alguns alunos acreditam que objetos amarelos, por exemplo, podem ser vistos sem incidência da luz.

Baseado nestas concepções e seguindo esta ordem de agrupamento: A) A luz colorida é ativa, B) A luz contém cor, C) A luz colorida é escura. Para as respostas fora do enquadramento das categorias *a priori* de Almeida (2007), foi criada uma categoria *a posteriori* (MORAES; GALIAZZI, 2007), denominada de D) Fuga total ou parcial da pergunta. Com isso, foi possível construir um quadro mapeando as concepções alternativas existentes na questão 01. Como vista logo abaixo:

Quadro 4 – Mapeamento das concepções alternativas da questão 01

Participantes	Resposta	Concepção Alternativa
P2	Por causa da luz azul na balada a cor da blusa muda de cor	A
P3	Por que a cor branca não se impõe em nada, daí já que jogaram luz azul a camisa ficou azul.	A
P7	Por conta da luz azul, ela refletiu nas camisas dos dois, na de João ficou azul por ser uma cor neutra e na de Pedro por serem duas cores fortes se anulam.	A
P9	Tinha algumas fontes de cor azul, e a camisa de João por branca (cor neutra) sofre reflexo.	A
P11	Já que sua camisa é branca e não apresenta cores, logo a cor azul, irá refletir em sua camisa.	A
P1	Pelas cores do show terem se misturado.	B
P4	As cores do show se misturaram	B
P6	Por conta do reflexo azul que as blusas mudaram de cor	B
P8	Por que talvez a cor branca que era da camisa mudou por conta da luz azul que apresenta ser a cor preta. Por conta do local escuro.	C

P5	Por que ficou escuro	D
P10	Deve ser por que as cores que eles estavam vendo são cores diferentes	D
P12	Por conta da iluminação do ambiente, e da percepção visual de cada um.	D

Fonte: Próprio autor

Perante esta análise, percebe-se que a concepção mais predominante na primeira questão foi a categoria A) A luz colorida é ativa. Vale ressaltar que os participantes P6, P7, P9 e P11 associarão a situação ao fenômeno da reflexão da luz, mesmo classificados em categorias diferentes.

A questão 02 do questionário inicial, mostrada no quadro a seguir, está associada a questão 01 tendo o mesmo objetivo de identificar concepções alternativas referentes ao conceito de cor, no entanto com o intuito de verificar se os alunos percebem o mesmo fenômeno ainda que a situação seja diferente.

Quadro 5 – Respostas da questão 02: João também ao olhar para a camisa de Pedro teve a percepção de ver a camisa com a cor preta, mesmo sabendo que a camisa possui a cor verde. Na sua concepção, João enxerga a camisa de outra cor, pelo mesmo motivo que Pedro viu a cor azul na camisa de João? Justifique.

Participantes	Respostas
P1	Sim, por que os dois estavam juntos na casa de show e lá tinha jogo de luz que soltava luzes coloridas.
P2	Sim, por que a cor do jogo de luz se misturou com a cor da blusa e fez com que a blusa ficasse preta.
P3	Devido o jogo de luz azul e juntou com a camisa verde, na concepção de João ficou preto.
P4	Sim, por que a casa de show tinha o jogo de luz que soltava várias cores diferentes.
P5	Se a cor da blusa é branca é por que a cor das blusas estão se misturando.
P6	Sim, por conta da absorção da luz azul.
P7	Sim, por conta do brilho refletido nas blusas
P8	Por conta de a camisa ser verde e com a luz azul, acabou ficando com a cor preta.

P9	Sim, por conta da mistura das cores
P10	Se a cor da blusa é branca, pode ser que as cores estão se misturando.
P11	Sim, já que o verde é uma cor escura, então quando se misturam com o preto se tornam uma cor mais escura do que a refletida.
P12	Sim, pois a iluminação refletiu de outra cor nos olhos dele.

Fonte: Próprio autor

Tendo em vista, que o tema permeado por essa pergunta ainda se trata do conceito de cor, as categorias *a priori* de Almeida (2007, p.21) e *a posteriori* prevaleceram para a análise da mesma, com adição de uma nova categoria *a posteriori*, classificada em E) Apresenta alguns conceitos parcialmente corretos.

Por falta de uma justificativa plausível, mas com a presença superficial de uma resposta correta, estas por sua vez foram classificadas em uma categoria diferente.

Assim, foram agrupadas as respostas com potencial significativo semelhante que induzem a uma mesma concepção alternativa. Com isso, traçou-se o quadro logo abaixo descrevendo de maneira mais clara as concepções encontradas.

Quadro 6 – Mapeamento das concepções alternativas da questão 02.

Participantes	Resposta	Concepção Alternativa
P2	Sim, por que a cor do jogo de luz se misturou com a cor da blusa e fez com que a blusa ficasse preta.	B
P3	Devido ao jogo de luz azul e juntou com a camisa verde, na concepção de João ficou preto.	B
P5	Se a cor da blusa é branca é por que a cor das blusas estão se misturando.	B
P8	Por conta de a camisa ser verde e com a luz azul, acabou ficando com a cor preta.	B
P9	Sim, por conta da mistura das cores	B

P10	Se a cor da blusa é branca, pode ser que as cores estão se misturando.	B
P11	Sim, já que o verde é uma cor escura, então quando se misturam com o preto se tornam uma cor mais escura do que a refletida.	B
P1	Sim, por que os dois estavam juntos na casa de show e lá tinha jogo de luz que soltava luzes coloridas.	D
P4	Sim, por que a casa de show tinha o jogo de luz que soltava várias cores diferentes.	D
P6	Sim, por conta da absorção da luz azul.	E
P7	Sim, por conta do brilho refletido nas blusas	E
P12	Sim, pois a iluminação refletiu de outra cor nos olhos dele.	E

Fonte: Próprio autor

Nesta questão 02, a categoria *a priori* em maior evidência foi a B) Luz colorida contém cor. Embora o fenômeno seja o mesmo, os participantes não tiveram a mesma concepção na questão 01 e 02, pode-se notar que nem mesmo os participantes P1 e P4 que tiveram a concepção alternativa B na questão 01, tiveram a mesma concepção na questão 02.

Deduz-se assim, que mesmo sendo o fenômeno igual, os participantes entendem que se trata de outro fenômeno. Contudo, é importante notar que o participante P6, P7 e P12 relataram respostas que tangenciam a realidade, ao usarem termos como “absorção da luz” e “a iluminação refletiu”.

Prosseguindo com a questão 03, foi pedido aos participantes que estabelecessem um paralelo entre a história do texto e o fenômeno do jogo RGB. As respostas foram expostas no quadro a seguir:

Quadro 7 – Respostas da questão 03: Estabeleça uma relação entre a história acima com o fenômeno que você observou no jogo RGB.

Participantes	Respostas
P1	Por colocar cores diferentes das outras
P2	Ao colocar uma cor diferente da sua blusa a cor muda
P3	De acordo que a cor das luzes muda no jogo, muda também a cor das camisas.
P4	A cor das camisas muda como a cor no jogo também mudou
P5	Eu acredito que pode ser mistura das luzes, mesmo independente da cor da lâmpada seja só uma, quando nós olhamos para o tubo de tinta muda as cores.
P6	Tem relação com as luzes pelo fato do branco e verde absorverem a luz azul e mudar a tonalidade das cores.
P7	A blusa branca por ser uma cor neutra absorve as cores, o mesmo exemplo no jogo RGB, a cor verde e a azul são a mesma tonalidade eu imagino, por isso ficou preta.
P8	Dependendo da cor ou da luz acaba que percebemos uma mudança de cor.
P9	Os dois tiveram uma mudança na cor verdadeira por conta do reflexo das outras cores.
P10	Eu acho que pode ser a mistura das luzes.
P11	A relação do jogo RGB com a história é que ambos brincam com a percepção de cores apresentadas pela luz
P12	A cada luz que mudava refletia de outra maneira no meu olho.

Fonte: Próprio autor

As respostas da questão 03 permitiram a conclusão de que os alunos em maioria entenderam que os fenômenos estão correlacionados, pois nenhum dos participantes negaram a ausência de uma relação entre as situações, porém nem todos externaram uma justificativa coerente para sua conclusão, comentando uma resposta mais aberta como apresentada por P12, alinhadas a categoria E (parcialmente correta).

Nesta pergunta foi possível constatar a concepção alternativa, da categorização *a priori* e *a posteriori*, que mais predominaram entre as três perguntas,

pois seu objetivo de estabelecer um paralelo entre as situações fez com que os participantes opinassem por uma concepção que relacionasse a ambas. Percebe-se então, que a concepção mais citada foi a “A) A luz colorida é ativa” por considerarem que a luz pode alterar a cor dos objetos e por considerar que a cor branca é neutra.

Logo abaixo foi montado um quadro com as categorias parciais de cada participante.

Quadro 8 – Quadro de categorias *a priori* e *a posteriori* das concepções alternativas das questões 01, 02 e 03.

Participantes	Categorias
P2	A, B
P3	A, B
P6	A, B, E
P7	A, E
P8	A, B, C
P9	A, B
P5	B, D
P10	B, D
P1	B, D
P4	B, D, E
P11	A, B, E
P12	D, E

Fonte: Próprio autor

As questões a seguir, continuam buscando coletar as concepções sobre os fenômenos de absorção e reflexão, no entanto sem a abordagem das cores, sendo o foco destinado a partir deste momento para a concepção dos participantes voltada a trajetória dos raios de luz durante o fenômeno da reflexão.

Buscando agrupar as respostas em uma categoria *a priori*, baseou-se no trabalho de Pesa, Cudmani e Bravo (1995) que categorizou uma concepção alternativa comum entre estudantes, a que considera que objetos rugosos e opacos não tenham capacidade para refletir a luz, no entanto em objetos espelhados essa reflexão da luz é aceitável.

Essa característica, levou-os a concluir que a concepção alternativa está em considerar a “reflexão da luz apenas na forma especular”, sendo esta, a denominação da categoria *a priori*, classificada em categoria F.

A questão 04 trata-se de uma pergunta objetiva cuja as opções são de múltipla escolha podendo optar por mais de uma alternativa. A mesma traz as figuras de um espelho (opção 1), mesa (opção 2) e um quadro negro (opção 3) e pede aos participantes que circulem o ou os números dos objetos que são capazes de refletir a luz. Como forma de esboçar os resultados obtidos, foi projetado a tabela a seguir:

Tabela 3 – Respostas da questão 04: Circule o(s) número(s) referente(s) ao(s) objeto(s) abaixo com a capacidade de refletir a luz.

Participantes	Alternativas
P1	1
P2	1
P3	1
P4	1
P5	1, 3
P6	1, 2
P7	1
P8	1, 2
P9	1
P10	1, 3
P11	1, 3
P12	1, 3

Fonte: Próprio autor

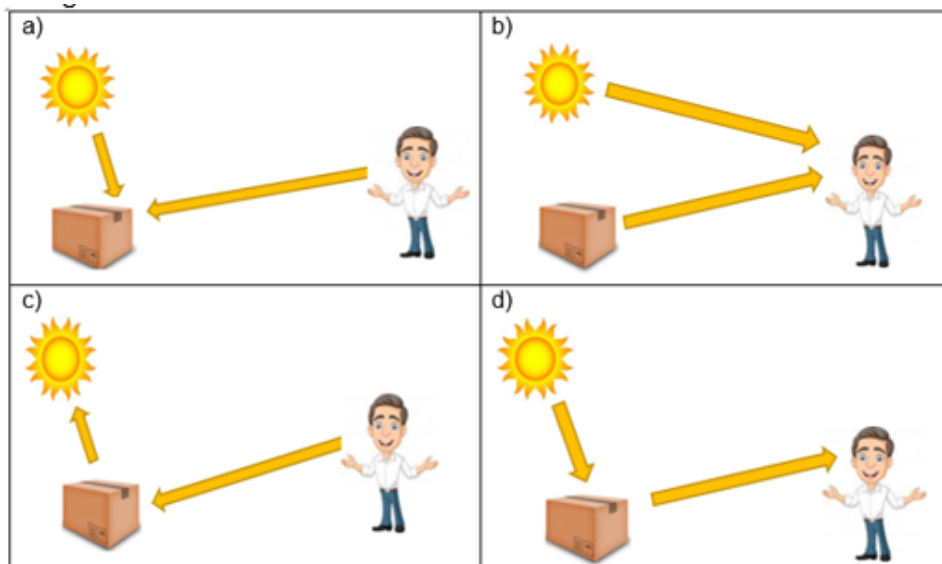
Perante estas respostas, nota-se que 100% dos participantes enquadram-se na categoria F (*a priori*), identificada por Pesa, Cudmani e Bravo (1995). As respostas conduzem o entendimento que o espelho é capaz de refletir a luz, visto que todos marcaram esta opção, no entanto, os outros objetos (mesa e quadro negro), com características opacas e rugosas, não são capazes de refletirem a luz.

A resposta correta seria todos os objetos, visto que os mesmos são visualizados, logo significa que a luz incide e reflete em direção aos olhos do observador, mesmo que parcialmente, considerando o grau de absorção da radiação luminosa existente na superfície dos objetos (ALMEIDA, 2007).

A questão 05, trata-se de uma pergunta com o objetivo de coletar as concepções a respeito da propagação da luz, relativas ao fenômeno da reflexão, e verificar com isso, a presença da concepção alternativa “raios visuais” (ALMEIDA, 2007) bastante presente no senso comum, proposta por Aristóteles para explicar o processo de visão, como já supracitado na seção 3.1.1.

Esta pergunta, foi elaborada como uma questão de múltipla escolha, com quatro alternativas predefinidas e adicionada por uma opção subjetiva (espaço em branco), em que o participante fica livre para expor sua concepção em forma de desenho, segundo como pode ser visto na figura a seguir:

Figura 27 – Alternativas da questão 05: De acordo com as imagens abaixo, marque a alternativa que melhor representa o caminho da luz para que o homem enxergue a caixa? Caso nenhuma das alternativas represente a sua concepção, desenhe no quadro branco abaixo como você imagina.



Fonte: autoria própria, baseada na apostila: concepções alternativas em óptica (2007)



Fonte: Próprio autor, presente no questionário inicial deste produto educacional.

As alternativas predefinidas são identificadas pelas letras A, B, C e D e a alternativa subjetiva (espaço em branco). As alternativas representam categorias *a priori* definidas em:

- Alternativas A e C, formam a categoria G: (Raios visuais),
- Alternativa B, forma a categoria H: (Olhos como ponto primário de incidência da luz)
- Alternativa D (concepção científica).

Neste sentido, pode-se analisar as repostas dos participantes construindo um quadro, logo abaixo, organizando suas repostas.

Quadro 9 – Respostas da questão 05.

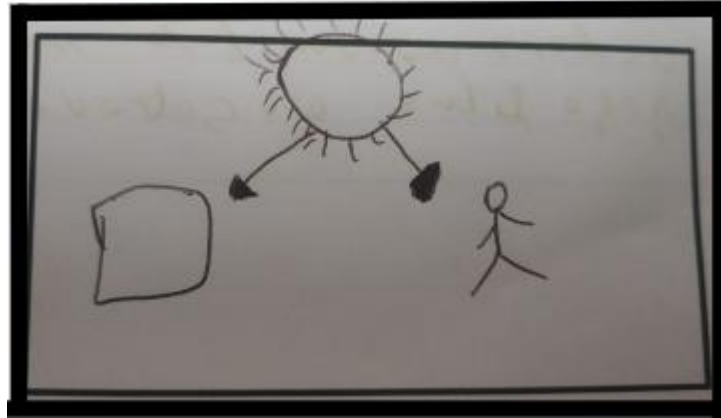
Participantes	Respostas
P1	B
P2	A
P3	C
P4	Desenho
P5	A
P6	A
P7	A
P8	A
P9	A
P10	A
P11	A
P12	Desenho

Fonte: Próprio autor

A resposta do participante P1 está dentro da categoria H (Olhos como ponto primário de incidência da luz). As concepções dos participantes P4 e P12 desenhadas no espaço em branco, estão representadas pela Figura 28 e Figura 29, respectivamente.

Segundo a análise da resposta de P4, chegou-se à conclusão que sua concepção (Figura 28) refere-se a mesma concepção alternativa apresentada na categoria H (Olhos como ponto primário de incidência da luz).

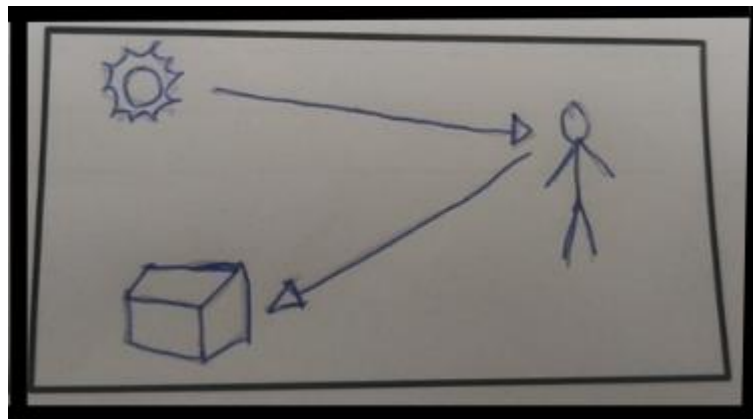
Figura 28 – Resposta em forma de desenho da concepção do participante P4



Fonte: Questionário inicial deste produto educacional.

No entanto a concepção de P12 (Figura 29) alinha as duas concepções alternativas presentes nas categorias G e H, devido a setas que representam os raios de luz, estarem apontados da fonte para o observador (Olhos como ponto primário de incidência da luz) e por conseguinte os raios de luz apontados para o objeto, como se estivessem partindo do observador (raios visuais), como exibidas logo abaixo:

Figura 29 – Resposta em forma de desenho da concepção do participante P12.



Fonte: Questionário inicial deste produto educacional.

Segundo as respostas, a alternativa A (raios visuais), foi a mais escolhida, estando presente em 8/12 respostas, além dela, a alternativa C também representa a concepção alternativa de raios visuais, e está presente em 1/12 respostas, somando-as a resposta de P12, que está inclusa em ambas as categorias (G e H) totaliza assim 10/12 respostas com a concepção presente na categoria G (raios visuais).

Para a categoria H, encaixam-se as repostas de P1 e P12. Logo, 2/12 repostas alinhadas com esta categoria. Desse modo, a presente tabela abaixo expõe o resultado das categorias existentes na questão 05:

Quadro 10 – Quadro de categorias das concepções alternativas presentes na questão 05.

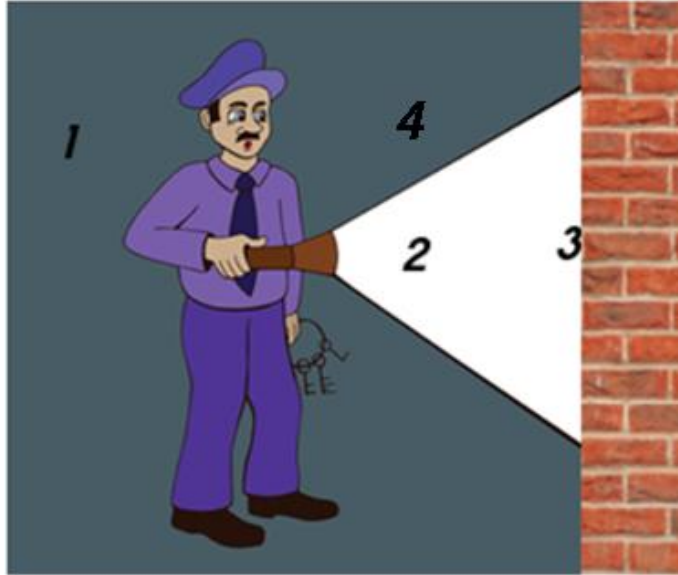
Participantes	Categorias
P1	H
P2	G
P3	G
P4	H
P5	G
P6	G
P7	G
P8	G
P9	G
P10	G
P11	G
P12	G e H

Fonte: Próprio autor

Seguindo a diante, a questão 06, procura reforçar os resultados obtidos na questão 04, visto que ambas possuem o objetivo de coletar a mesma concepção alternativa: reflexão da luz somente na forma especular (categoria F *a priori*). A identificação desta concepção é de fundamental interesse nesta pesquisa, uma vez que sua compreensão, por parte do educando, dificulta a permanência cognitiva de concepções alternativas referentes ao fenômeno da reflexão.

Essa pergunta, aborda a seguinte situação problema: um guarda policial que se encontra em uma sala escura, diante de uma parede iluminada apenas por uma lanterna na sua mão, como mostra Figura 30, na imagem existem alguns números posicionados em pontos estratégicos que buscam identificar se o participante possui a concepção alternativa classificada na categoria F (reflexão somente na forma especular).

Figura 30 – Figura da questão 06: Imagine que um guarda policial está segurando a lanterna e você está olhando para o guarda nesta posição de acordo com a ilustração abaixo. Circule o(s) número(s) na imagem que de acordo com sua concepção, há a presença de luminosidade da luz da lanterna?



Fonte: Próprio autor, presente no questionário inicial deste produto educacional.

O participante deve circular os números contidos em regiões que de acordo com a sua concepção exista luminosidade da lanterna, seja por incidência, seja por reflexão.

Nesse sentido, os participantes não marcaram apenas o ponto 1 enquadrando-se na categoria F, visto que, o ponto 1 por encontrar-se em uma região posterior ao guarda. Havendo assim, uma possibilidade que os participantes tenham concluído que a luz não o atingiria tal ponto.

A resposta correta é que há luminosidade em todos os quatro pontos, visto que a luz incide sobre a superfície e reflete em todas as direções, de forma difusa. As respostas dos participantes nesta pergunta foram expostas na tabela abaixo:

Tabela 4 – Respostas da questão 06.

Participantes	Respostas
P1	2, 3 e 4
P2	2, 3 e 4
P3	2, 3 e 4
P4	2 e 3
P5	2

P6	2 e 3
P7	2 e 3
P8	2, 3 e 4
P9	3
P10	2, 3 e 4
P11	1, 2, 3 e 4
P12	2, 3 e 4

Fonte: Próprio autor

A tabela mostra que, apenas o participante P11 marcou todos os pontos, o que nos leva supor que seu conhecimento prévio está alinhado a concepção científica da reflexão difusa, mesmo ele não tendo plena concepção do tema.

Os demais concluíram que no ponto 1 não há presença de luminosidade. Embora não houvesse a obrigatoriedade de justificativa na resposta, é possível levantar a hipótese que o ponto 1 por encontrar-se em uma região posterior ao guarda, os participantes concluíam que a luminosidade não o atinja. Com isso, os demais participantes podem ser encaixados na categoria *F a priori* (reflexão da luz somente na forma especular).

Adiante, iniciou-se a primeira pergunta sobre as concepções dos participantes voltadas para o fenômeno da refração da luz. Para tanto, o questionário abordou na questão 07 a concepção dos alunos sobre o experimento da moeda no fundo do copo (Figura 24), descrito na seção 4.6.1.2 “Problematização do fenômeno de refração da luz”. Essa foi uma pergunta do tipo subjetiva que procurou analisar as justificativas apresentadas pelos participantes para uma situação problema. No quadro abaixo, foram expostas as respostas dos participantes.

Quadro 11 – Respostas da questão 07: De acordo com o experimento da moeda no fundo do copo, analisando pela sua concepção como é possível ver a moeda no fundo do copo apenas inserindo água?

Participantes	Respostas
P1	Chegando mais perto da vasilha que ta a moeda, e foi inserindo água na vasilha a moeda vai crescendo.
P2	Enquanto vai inserindo água na vasilha a moeda vai crescendo.
P3	A água reflete a moeda no fundo, mostrando ela mais em cima.
P4	Quanto mais vai colocando água mais chance tem de ver a moeda.

P5	Por causa da quantidade de água.
P6	A água da um volume no objeto.
P7	A água amplia o objeto, no caso ela reflete o objeto ampliando
P8	Por que a água fez com que a moeda refletisse para poder conseguir ver.
P9	A moeda parece refletir botando mais água.
P10	Devido a quantidade de água botada na vasilha.
P11	Botando água no copo a moeda ampliou a medida que foi aumentando a quantidade.
P12	Por causa da perspectiva da água.

Fonte: Próprio autor

Após análise das respostas apresentadas, foi possível classificar a categoria I (*a posteriori*) com a concepção alternativa predominante nos participantes ao considerarem o fenômeno da refração da luz como uma “ampliação ocasionada pela quantidade de água”. Observa-se tal fato nas justificativas apresentadas por: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P10, P11, P12.

As respostas dos participantes P8 e P9 estão alinhadas em outra categoria, pois em ambas as respostas existe uma evidência de que a água possa ser o elemento de mediação para acontecer o fenômeno da reflexão.

No entanto, o equívoco está presente em considerar que a água produz a reflexão da luz, quando na verdade ela é o elemento de mediador para o fenômeno da refração da luz.

Por essa razão, acredita-se que a concepção alternativa existente seja “reflexão e refração são fenômenos iguais”. Classificada como categoria J (*a posteriori*). Na qual as respostas de P8 e P9 estão dentro dessa categoria. Com isso, foi possível construir o quadro que expõe estes resultados logo abaixo:

Quadro 12 – Quadro de categorias das concepções alternativas presentes na questão 07.

Participantes	Categorias
P1	I
P2	I
P3	I

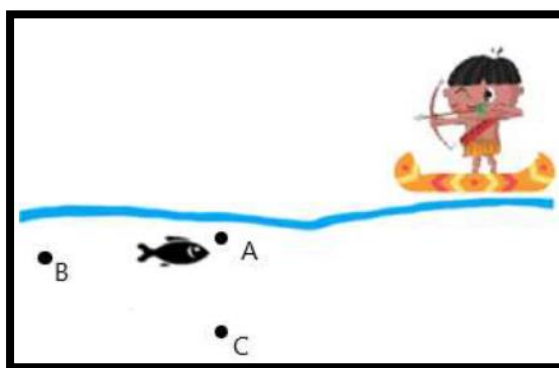
P4	I
P5	I
P6	I
P7	I
P8	J
P9	J
P10	I
P11	I
P12	I

Fonte: Próprio autor

A próxima questão busca identificar os conhecimentos prévios a respeito da refração da luz, analisando através da Figura 31 que está presente na questão 08 do questionário inicial.

A seguinte situação problema foi discutida nesta pergunta: um índio está pescando em um barco e avista um peixe. Para ele pesca-lo deve lançar a flecha. Na imagem, foi inserido os pontos A, B e C marcando posições possíveis que o índio poderia lançar a flecha e acertar o peixe. A pergunta pedia aos participantes que marcassem um desses pontos como resposta.

Figura 31 – Imagem da questão 08 de um índio pescando em um barco com arco e flecha, e três pontos A, B e C na água marcando os possíveis lugares que o peixe verdadeiro pode estar.



Fonte: Próprio autor, presente no questionário inicial deste produto educacional.

Os três pontos A, B e C representam as possíveis posições que o peixe verdadeiro possa estar. Visto que o índio observa apenas a imagem dele. As posições A e B são as posições erradas, pois se o índio observa o peixe na posição A (próximo

a superfície), o peixe não pode estar nela, devido aos efeitos da refração da luz. No entanto, a posição C, significa que o estudante possui algum conhecimento sobre o fenômeno em questão.

Todas as respostas apresentadas pelos participantes foram na posição A, revelando assim o total desconhecimento sobre algum efeito da refração da luz.

Para concluir a análise do primeiro estágio de aplicação desta pesquisa, foi construído o quadro 13, logo abaixo, sintetizando todas as categorias *a priori* e *a posteriori* identificadas ao longo desta etapa.

Quadro 13 – Síntese de todas categorias de concepções alternativas encontradas com a aplicação deste questionário inicial.

Participantes	Categoria das concepções sobre o conceito de cor.	Categoria das concepções sobre reflexão.	Categoria das concepções sobre refração.
P1	B, D	F, H	I
P2	A, B	F, G	I
P3	A, B	F, G	I
P4	B, D, E	F, H	I
P5	B, D	F, H	I
P6	A, B, E	F, G	I
P7	A, E	F, G	I
P8	A, B, C	F, G	J
P9	A, B	F, G	J
P10	B, D	F, G	I
P11	A, B, E	F, G	I
P12	D, E	F, G, H	I

Fonte: Próprio autor

As concepções mais presentes entre os participantes para as concepções sobre o conceito de cor é a concepção B (A luz colorida tem cor) significando que a maioria dos participantes compactuam da concepção que a luz colorida pode misturar com cor do objeto.

Para as concepções a respeito do fenômeno da reflexão a categoria mais presente é a F (Reflexão apenas na forma especular), no qual 100% dos alunos se

enquadraram nesta categoria, revelando que o pensamento intuitivo aristotélico ainda é bastante presente, podendo ser considerado uma intuição primitiva a esse fenômeno da reflexão da luz.

Ademais, a categoria mais presente nas concepções sobre o fenômeno da refração, é a categoria I (consideram o fenômeno da refração apenas com uma ampliação ocasionada pela quantidade de água).

5.2 Estágio 2: Avaliação formativa (aplicação dos mapas conceituais)

Após realizado o reconhecimento de algumas concepções alternativas externadas pelos participantes, a pesquisa encaminhou-se para a primeira tentativa de saná-las. Para tanto foram ministradas aulas sobre os conteúdos de óptica geométrica e óptica física, apenas como uma breve introdução para contextualizá-los sobre como analisaríamos a luz e sua propagação. As aulas de introdução ao tema foram expostas em slides presentes no apêndice F

Posteriormente as seis aulas ministradas de introdução ao conteúdo, houve a 7ª e 8ª aula para construção dos mapas conceituais, vale ressaltar que, os alunos já haviam anteriormente trabalhado com a produção de mapas conceituais (em outras disciplinas), porém esta, usando o site Lucidchart¹ para elaboração dos mapas, ainda não havia sido praticada por eles.

Para a construção dos mapas os participantes foram conduzidos ao laboratório educacional de informática. Como nem todos os mapas foram construídos no mesmo dia, foi permitido aos participantes que terminassem em casa, e enviados em PDF para o gmail do professor.

A produção dos mapas conceituais foi dividida em grupos G1, G2 e G3, cada grupo com 4 integrantes, disposto da seguinte forma:

- G1: P1, P2, P5, P7
- G2: P3, P10, P11, P12
- G3: P4, P6, P8, P9

Cada equipe produziu um mapa conceitual que sintetizasse os conteúdos abordados desse segundo estágio.

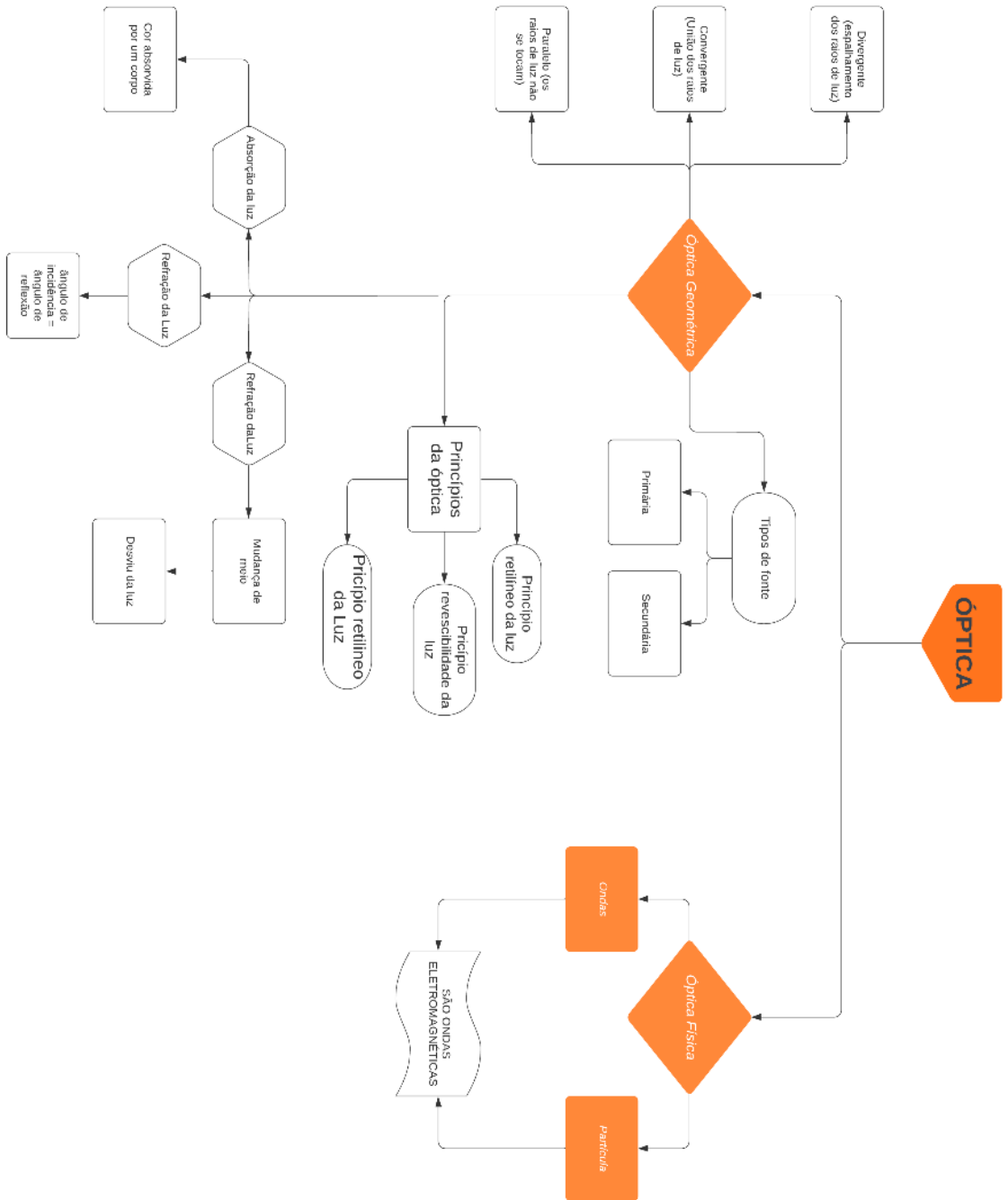
Os mapas conceituais desenvolvidos pelos grupos G1, G2 e G3 podem ser observados respectivamente nas Figura 32, 33 e Figura 34, abaixo. Para a inspeção

¹ Site Lucidchart: <https://ury1.com/H1ddq>

dos mapas foram analisadas as informações em termos de qualidade, quantidade, organização e a existência de possíveis concepções alternativas presentes nos mesmos.

O primeiro mapa conceitual analisado é o mapa do grupo G1, que procurou estrutura-lo dividindo, primeiramente, em dois eixos, da óptica geométrica e óptica física. Foram apresentados conceitos e informações sobre elementos como tipos de fonte, tipos de propagação, princípios e fenômenos da luz, como pode ser visto na Figura 32:

Figura 32 – Mapa conceitual do grupo G1.



Fonte: produzido pelos participantes

O quadro 14 exposto a seguir, traz a análise de modo mais sintético, apresentando os dados analisados no primeiro mapa.

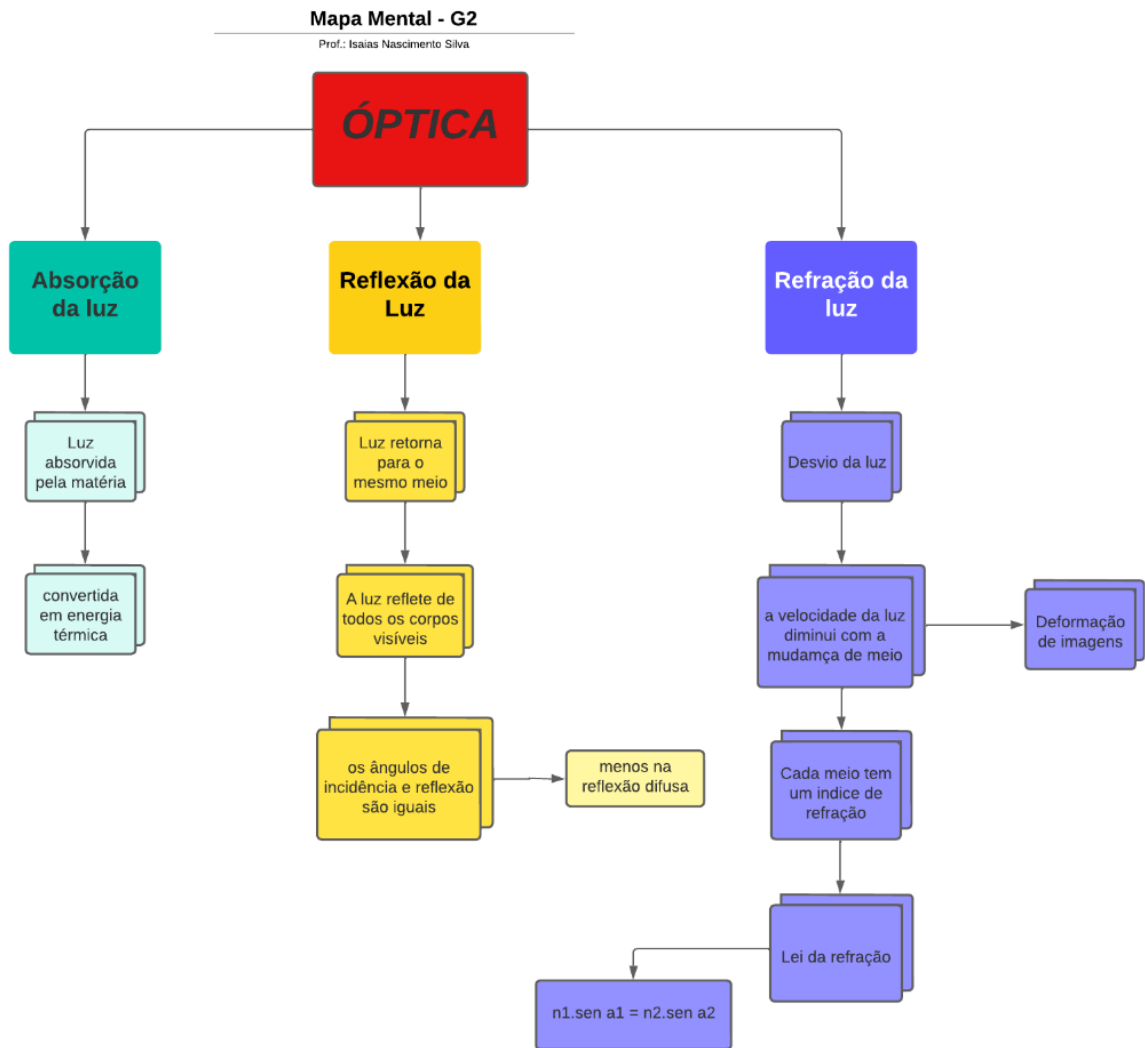
Quadro 14 – Quadro de análise do mapa conceitual desenvolvido pelo grupo G1

Quantidade	Apresentou no mapa informações sobre: <ul style="list-style-type: none"> • Princípios de propagação; • Tipos de fontes, • Fenômenos refração, absorção e refração.
Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentou informações corretas sobre os fenômenos da luz e os demais conceitos, deixando apenas a informação da absorção da luz equivocada.
Estrutura	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentou Informações organizadas, separando óptica física e óptica geométrica.
Possíveis concepções alternativas	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentou uma possível concepção alternativa, associando a absorção da luz referente apenas a absorção da cor.

Fonte: Próprio autor

Em seguida, foi realizado a análise do mapa conceitual, exposto na Figura 33, produzido pelo grupo G2, seguindo o mesmo padrão de análise feita no mapa conceitual anterior.

Figura 33 – Mapa conceitual do grupo G2



Fonte: produzido pelos participantes.

Os dados extraídos deste mapa, estão apresentados no Quadro 15:

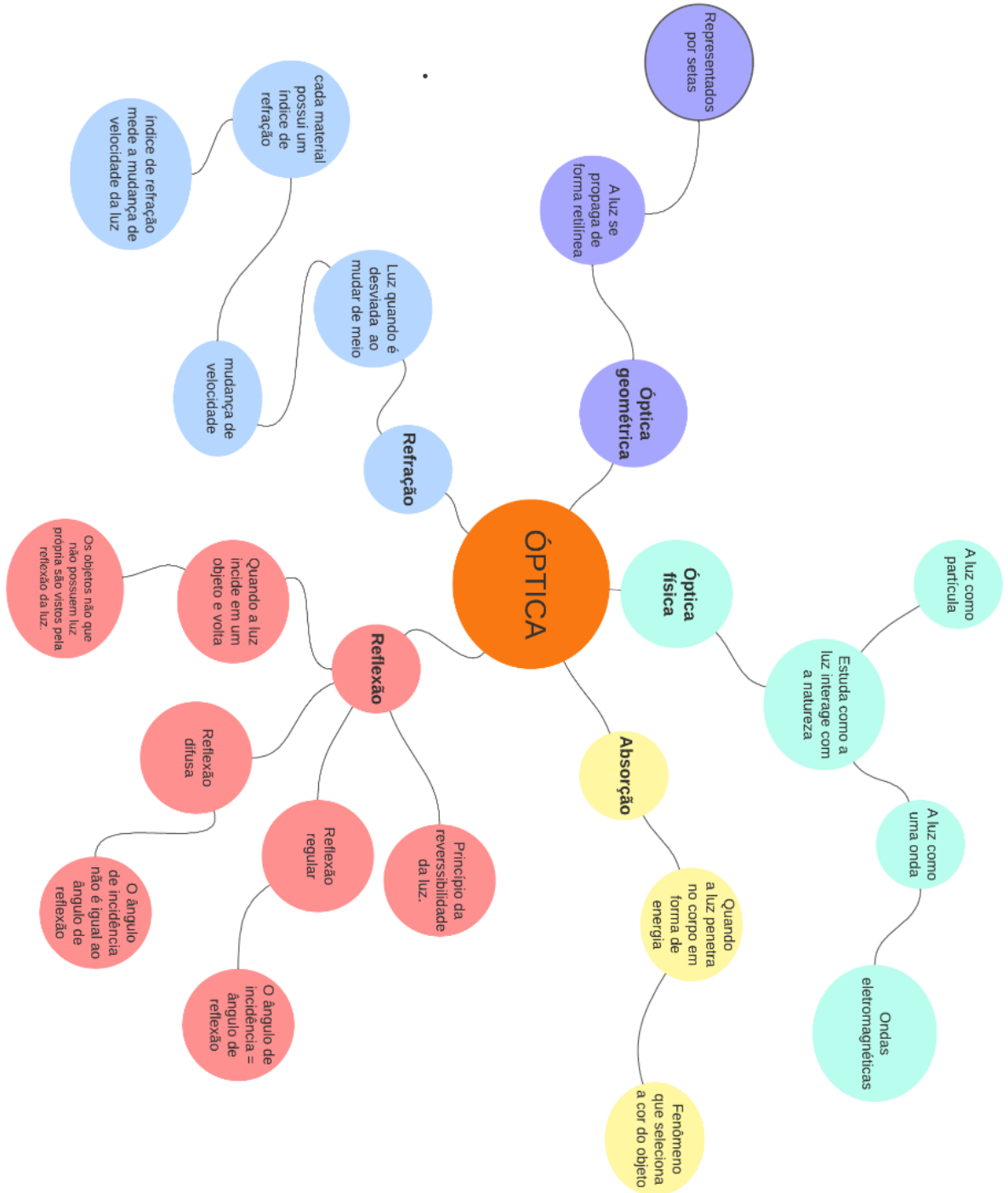
Quadro 15 – Quadro de análise do mapa conceitual desenvolvido pelo grupo G2.

Quantidade	<ul style="list-style-type: none"> • Ramificou apenas informações sobre os fenômenos de absorção, reflexão e refração da luz.
Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • Mostrou coerência entre as informações apresentadas e os fenômenos da luz; • Elencou mais informações sobre o fenômeno da reflexão; • Não relacionou os princípios de propagação; • Associou a visibilidade de corpos ao fenômeno da reflexão; • Associou a deformação de uma imagem a mudança de velocidade ocorrida em um meio; • Relacionou a absorção de energia com a conversão de energia.
Estrutura	<ul style="list-style-type: none"> • Organizou de forma clara e objetiva.
Possíveis concepções alternativas	<ul style="list-style-type: none"> • Não foi diagnosticado nenhuma concepção alternativa nesta etapa.

Fonte: Próprio autor

A figura 34 apresenta o mapa conceitual do grupo G3, que procurou explorar as informações sobre a ramificação da óptica física e óptica geométrica, os fenômenos de reflexão, absorção e refração.

Figura 34 – Mapa conceitual do grupo G3



Fonte: produzido pelos participantes.

A análise do mapa conceitual está apresentada no quadro 16, que foi analisado de acordo com os critérios anteriormente apresentados.

Quadro 16 – Quadro de análise do mapa conceitual desenvolvido pelo grupo G3.

Quantidade	<ul style="list-style-type: none"> • Mostrou uma quantidade razoável de informações, visto que a arena foi multada.
Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • Não associou os fenômenos da absorção, reflexão e refração a óptica geométrica; • Associou o princípio da reversibilidade da luz com o fenômeno da reflexão; • Associou a luz absorvida como energia;
Estrutura	<ul style="list-style-type: none"> • Não dividiu o mapa com as informações de modo claro.
Possíveis concepções alternativas	<ul style="list-style-type: none"> • O fenômeno da absorção da luz como um seletor de cor.

Fonte: Próprio autor

Com o desenvolvimento dos mapas, foi possível ampliar os resultados sobre as concepções alternativas visto que, neste momento os alunos já haviam construído novos conhecimentos e reformulado informações preexistentes (conhecimentos prévios) sobre os conceitos expostos a eles durante as aulas formativas.

Desse modo, identificou-se possíveis novas concepções alternativas presentes nos mapas conceituais dos grupos G1 e G3, sobre o fenômeno da absorção da luz estar ligado apenas absorção e/ou seleção de uma cor. Essa concepção pode ter sido fruto do jogo RGB, visto que as aulas que abordaram o tema sobre absorção da luz, foram trabalhadas essencialmente sobre o jogo RGB.

Além disso, algumas dificuldades foram percebidas, nos três grupos, durante o processo de produção dos mapas, como a identificação de termos mais específicos, os quais foram inseridos nos mapas, devido a permissão de consulta as anotações de cadernos. No entanto, a produção dos mapas possibilitou um aprendizado coletivo, visto que os participantes interagiam durante suas produções, compartilhando conhecimentos e aprendizados entre si.

5.3 Estágio 3: Simulação virtual

Nesta seção, apresentaremos os dados respectivos a aplicação do simulador virtual “Desvio da Luz” presente no site de simulações interativas *Phet Simulations*², como ferramenta de aprendizagem e construção dos conceitos sobre o fenômeno da refração da luz.

Os resultados desse estágio foram sondados a partir de um roteiro (Apêndice C) composto por um guia instrucional contendo perguntas abertas que induzissem os participantes a explorarem o simulador virtual, visando maior interação de modo mais livre, seguindo o modelo de laboratório tipo *Fading*.

Por esse motivo, foi observado que os participantes inicialmente tiveram dificuldade em manusear a plataforma visto que, nem todos os alunos possuíam afinidade com o computador, associado a isso, os mesmos não haviam ainda manipulado um simulador digital antes. Isso fez com que a aplicação se tornasse mais cansativa, pois o professor aplicador teve que dedicar mais tempo explicando sobre a manuseio do computador.

As perguntas neste questionário tinham o objetivo de construir uma aprendizagem de modo associativo ao conteúdo ministrado em sala pelo professor. De modo que, eles fossem respondendo às perguntas e conectassem os saberes teórico e prático.

Desse modo, nesta seção foram analisadas as respostas, afim de coletar dados que revelem se houve ou não essa comunicação entre as aulas teóricas e a prática por intermédio do simulador virtual.

A primeira pergunta procura investigar se os participantes reconhecem quais os tipos de fenômenos da luz são abordados no simulador de modo mais evidente. Abaixo são apresentadas as respostas, em quadro que evidenciando os participantes que um reconheceram os fenômenos abordados no simulador e nas aulas.

² Site Phet Simulations:

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/filter?subjects=physics&type=html,prototype

Quadro 17 – Respostas da pergunta 01: De acordo com o que você está observando neste simulador, qual ou quais dos fenômenos ópticos visto em sala (Absorção, Reflexão, Refração) ele aborda em prioridade? Justifique porque você escolheu essa resposta.

Participantes	Respostas
P1	Refração, por que a intensidade do laser muda de acordo que vai mudando o laser de lugar.
P2	Refração, por que de acordo que aumenta e diminui a intensidade do laser.
P3	Refração, pelo desvio da luz.
P4	Refração e reflexão.
P5	Refração.
P6	Refração.
P7	Refração, pois da pra saber a intensidade do raio de luz.
P8	Refração e reflexão são os fenômenos obtidos quando há uma quebra.
P9	Refração.
P10	Refração.
P11	O fenômeno óptico da luz do laser está refletindo.
P12	Refração, porque o laser bate na água e quebra, mas também há reflexão.

Fonte: Próprio autor

De acordo com o exposto, 11 de 12 respostas foram referenciadas pelo fenômeno da refração dentre essas 11 respostas apenas 3 delas associaram junto a refração o fenômeno de reflexão da luz. Mostrando assim, que foi possível reconhecer, em um primeiro momento, os fenômenos da luz.

Na próxima pergunta, há o objetivo de identificar se os participantes conseguem reconhecer o nome e a função da linha imaginária que corta superfície dos meios com uma reta ortogonal tracejada localizada no centro do simulador.

As respostas obtidas nesta pergunta foram satisfatórias visto que, 100% dos alunos responderam corretamente: reta normal. No entanto, nem todos apresentaram a função da reta normal corretamente. Podemos acompanhar essas respostas no quadro 18 abaixo:

Quadro 18 – Respostas da pergunta 02: O simulador contém uma linha tracejada vertical, qual o nome e a função dessa linha?

Participantes	Respostas
P1	Reta normal, ajuda na leitura.
P2	Reta normal, ajuda na leitura.
P3	Reta normal, serve para ler o ângulo de incidência e de reflexão.
P4	Reta normal, ajuda a medir o ângulo.
P5	Reta normal.
P6	Reta normal, serve para medir o ângulo
P7	Reta normal, ajuda na leitura do ângulo de incidência e refração do laser.
P8	Reta normal.
P9	Reta normal.
P10	Reta normal.
P11	Reta normal, marca o ângulo de desvio da luz.
P12	Reta normal, ajuda na leitura do ângulo de incidência e refração.

Fonte: Próprio autor

É importante notar que, os participantes perceberam que reta normal está associada a leitura dos ângulos de reflexão e refração, mesmo os que não apresentaram uma função a reta normal.

A próxima questão é a pergunta de número 3, e apresenta um aumento no nível de dificuldade, pois pedia que os alunos comentassem sobre o índice de refração no estudo da refração da luz. As respostas foram expostas no quadro 19.

Quadro 19 – Respostas da pergunta 03: Na parte direita da tela encontra-se uma seletor de índice de refração, referente ao meio ao qual deseja-se que a luz do laser se propague. O que representa o índice de refração no estudo do fenômeno da refração da luz?

Participantes	Respostas
P1	Sem resposta
P2	Sem resposta
P3	Medir a intensidade do desvio da luz.
P4	Sem resposta
P5	Sem resposta

P6	Trata-se da medida do desvio da velocidade da luz.
P7	O mesmo é a razão entre a velocidade da luz.
P8	Medir a razão entre a velocidade da luz
P9	Serve para ajudar na a medir os ângulos
P10	Sem resposta
P11	Mudar a velocidade da luz
P12	Representa o quanto a luz irá desviar.

Fonte: Próprio autor

Como pode-se perceber muitas perguntas foram deixadas em branco (sem resposta), isso ocorreu pelo fato de o nível de dificuldade ter aumentado e por os participantes estarem mais livres durante o desenvolvimento da atividade prática visto que, a atividade seguiu o modelo *Fading de laboratório*.

Entende-se pelas respostas apresentadas que em 3/12 encontra-se uma certa associação do índice de refração ao desvio da luz, e em 2/12 existe uma relação com a razão entre as velocidades da luz.

A pergunta 04 deste roteiro, pedia aos participantes que descrevessem um procedimento para encontrar o índice refração do meio “Mistério A” usando as ferramentas disponibilizadas pelo simulador, como o transferidor para medição dos ângulos.

O nível de complexidade dessa questão é relativamente alto, pois os alunos deveriam deduzir o procedimento através da explicação e anotação feitas nas aulas sobre o conteúdo. Devido a esse fato, os participantes pediram permissão ao professor aplicador que tivessem acesso as anotações dos conteúdos feitas outrora por eles. A permissão foi concedida, e os alunos puderam assim descrever as respostas exposta logo a seguir:

Quadro 20 - Respostas da questão 04: Utilizando o seletor do índice de refração inferior, selecione a opção “Mistério A” em seguida, de acordo com seus conhecimentos, descreva o procedimento para encontrar o índice de refração deste meio, elencando as ferramentas, presentes no simulador, necessárias para esta tarefa? (use os conhecimentos da aula anterior).

Participantes	Respostas
P1	Posiciona o transferidor na linha normal, e mede os ângulos, para usar a lei da refração.
P2	com o transferidor mede os ângulos de incidência e refração e usa a lei da refração depois.
P3	Usando a lei da refração
P4	Determina os ângulos com o transferidor e depois aplica a lei da refração.
P5	Medir os ângulos de incidência e de refração
P6	Posicionando o transferidor mede os ângulos de incidência e de refração, após você encontrar os ângulos utiliza-se a lei da refração.
P7	Com a lei da refração você determina os ângulos de incidência e refração
P8	O transferidor identifica o raio de incidência e de refração.
P9	Com o transferidor mede o ângulo de incidência e de refração e usando a lei da refração encontra o valor e acha o resultado.
P10	Usando a lei da refração
P11	O ângulo de incidência e de refração são calculados usando a lei da refração.
P12	Posicionei o transferidor e medir os ângulos de incidência e refração, e depois usa a lei da refração.

Fonte: Próprio autor

Nesse quadro acima, foram observados os aspectos relativos ao desenvolvimento da resposta sobre: o uso correto do transferidor e da aplicação da lei da refração.

É possível notar, erros com a descrição do modo de usar o transferidor, como na resposta de P1, ao afirmar que o transferidor é posicionado sobre a reta normal, porém o correto seria sobre a superfície de separação dos meios.

Outra resposta incoerente sobre o uso do transferidor foi formulada por P8, que descreve o transferidor como um indicador do raio de incidência e refração.

Em relação a aplicação da lei da refração foram encontrados alguns equívocos, como em P7 e P11 que descrevem a medição dos ângulos de incidência e refração como a função da lei de refração, sendo que no caso o próprio simulador já disponibiliza o transferidor para que o usuário realize a medição.

As demais respostas, correspondem aos 8 dos 12 participantes, que adotaram procedimentos parcialmente corretos em relação ao método de empregar o transferidor e a lei da refração. No entanto, nenhuma das repostas apresentas cita a palavra índice de refração, mostrando que os alunos não relacionaram índice de refração ao meio que a luz se propagou.

A pergunta 05 trata do desenvolvimento prático da lei da refração baseado na questão anterior, na qual pede que os participantes calculem o índice de refração, conforme a maneira descrita na questão anterior.

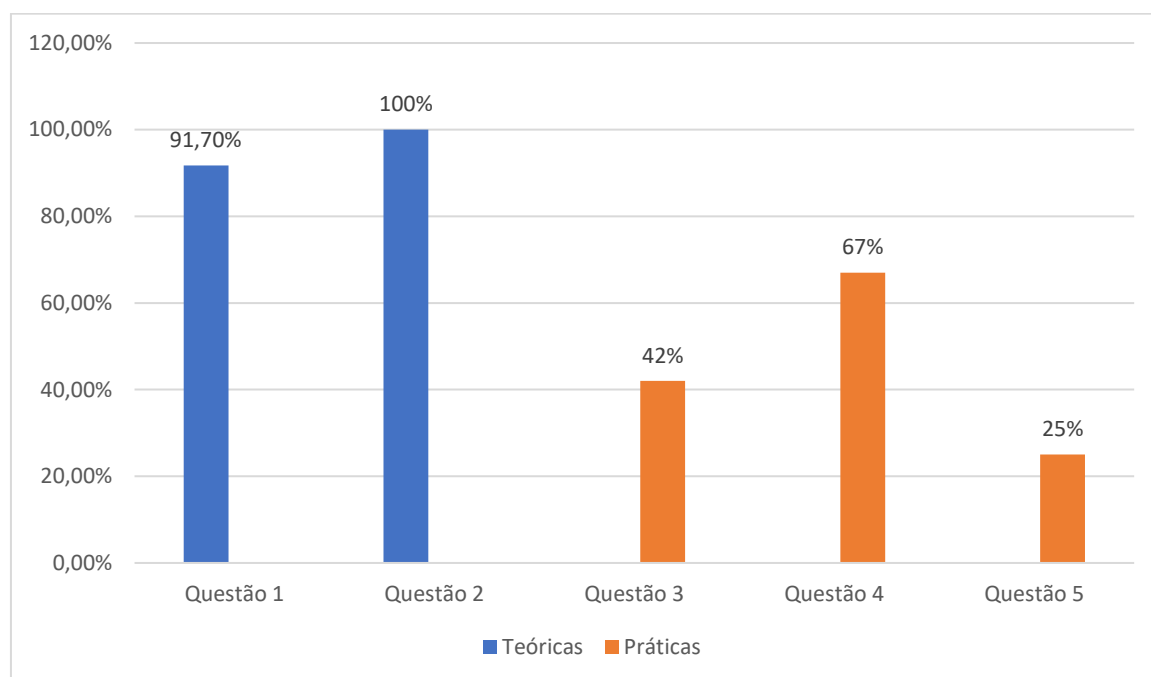
Como esta pergunta é totalmente relacionada pergunta anterior, e os participantes revelaram baixos índices de compreensão sobre o índice de refração de um meio, conseqüentemente a pergunta 5 teve um baixo índice de resolução, apresentando apenas 3 respostas de 12, (P6, P9 e P12) com a resolução completa.

Revelando assim, que o PE deve destinar mais tempo para o desenvolvimento de questões práticas com cálculo. Visto que, poucos alunos conseguiram desenvolver essa prática, mesmo com a ajuda do simulador fornecendo o transferidor para a medida dos ângulos.

Outro fator que pode ter prejudicado nesse ponto, é o fato de a turma ser composta por mais de 50% de alunos da 1° série do ensino médio, comprometendo assim o nível matemático visto que, nas questões teóricas o desempenho da turma foi regular e dentre os 3 participantes que concluíram os cálculos 2 são da 2° série do ensino médio.

Outro ponto importante a ser observado, é o fato do elevado índice de acerto dos participantes para as questões 1 e 2, do tipo teóricas (sem manipulação do simulador) a qual de acordo com o gráfico abaixo obtiveram mais de 90% de acertos, mas para as questões com necessidade de operação do simulador obtiveram um baixo desempenho.

Gráfico 2 – Gráfico de desempenho comparativo das questões teóricas x práticas



Fonte: Próprio autor

A última pergunta dessa atividade foi sobre a opinião dos participantes em relação a prática com o uso de simulador virtual, pedindo que eles comentem o que eles acharam desta atividade e o que aprenderam com ela. As respostas foram expostas no quadro 21:

Quadro 21 – Respostas da pergunta 06 o que você achou desta atividade? Comente o que você pode aprender com ela.

Participantes	Respostas
P1	Achei um pouco difícil, até que foi maneiro trabalhar com essa atividade hoje.
P2	Muito boa, aprender sobre a refração e o desvio da luz
P3	Achei interessante saber mais sobre a luz.
P4	Gostei demais, pois aprende coisas novas sobre a luz.
P5	Muito boa, aprende algumas coisas sobre a refração.
P6	Gostei, foi diferente aprender usando o simulador.
P7	Legal, interessante, aprender sobre a lei da refração.
P8	Legal, aprende sobre a refração.
P9	Achei produtiva, e gostei da simulação.
P10	Muito boa, aprende sobre o desvio da luz.

P11	Legal, aprende mais sobre a lei da refração.
P12	Interessante, pude aprender sobre os ângulos e a lei da refração.

Fonte: Próprio autor

Após aplicação da atividade com o simulador digital do terceiro estágio partimos em direção a última etapa da aplicação deste PE, que buscará identificar os resultados alcançados e os possíveis progressos perante as concepções alternativas levantadas no início da SD.

5.4 Estágio 4: Aplicação do questionário final

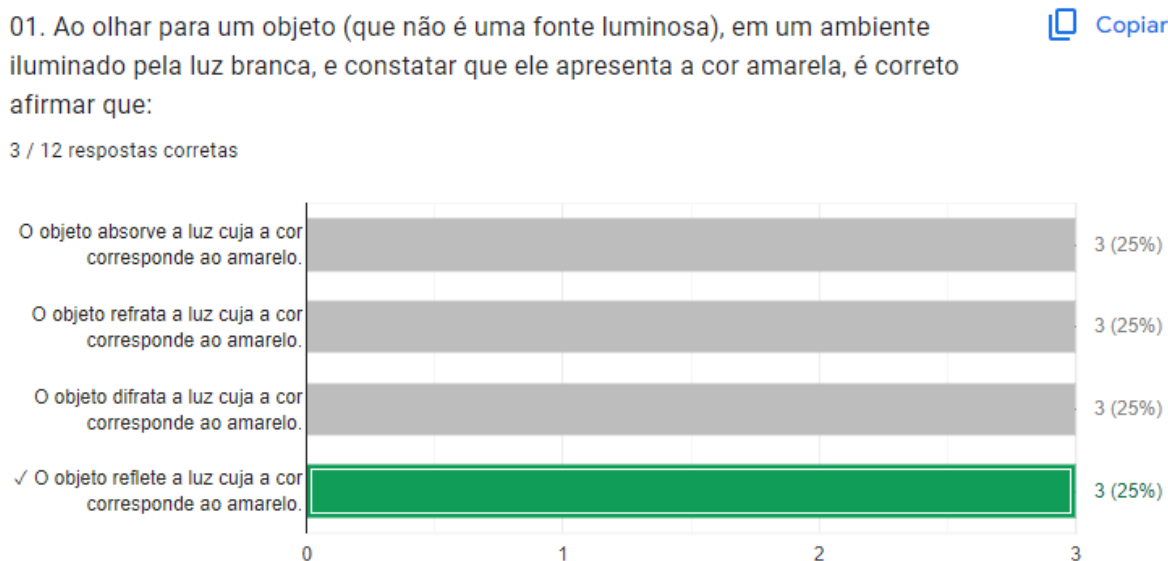
Nesta seção, foram analisados os dados obtidos por intermédio de um questionário conclusivo, ou seja, realizado ao fim de toda aplicação do PE. Adotamos esse método como ferramenta de sondagem da permanência das concepções alternativas, sobre os fenômenos ópticos absorção, reflexão e refração da luz, identificadas e categorizadas no início desta pesquisa com aplicação do questionário inicial. Verificando assim, a efetividade deste PE.

Para tanto, foram destinadas 4 perguntas para sondagem das concepções sobre o conceito de cor (absorção e reflexão), 3 perguntas exclusivamente para as concepções sobre reflexão da luz, e 2 perguntas sobre o fenômeno da refração da luz. Totalizando assim, 09 perguntas para a construção deste questionário final.

Este questionário foi construído na plataforma de formulários *Google*, optou-se por essa ferramenta com o propósito em fornecer dados mais objetivos, uma vez que, a própria plataforma contabiliza disponibilizando a porcentagem de acertos e erros em uma questão.

A questão 01 tratou sobre o conceito de cor, perguntando sobre um objeto que ao ser iluminado por uma fonte de luz branca, apresenta coloração amarela. Logo abaixo encontramos a figura 35 que retrata as respostas e o desempenho dos participantes.

Figura 35 – Respostas da questão 01 do questionário final, expostas por um gráfico gerado no pelo próprio Google formulário.



Fonte: Questionário final

O desempenho dos participantes nesta pergunta foi considerado irregular, visto que, todas as alternativas obtiveram a escolha de 1/4 da turma. Desse modo, como pode ser visto apenas 25% marcou a resposta correta, sendo estes os participantes P7, P9 e P12. Evidenciando assim, que estes participantes relacionaram corretamente o fenômeno da reflexão como responsável pela visibilidade da luz amarela.

Além de que, mostra um progresso para P7 e P9 que indicaram, no questionário inicial, possuir a concepção alternativa da categoria A) “luz colorida é ativa”, que considera a luz branca como passiva (neutra). Já o participante P12 não apresentava essa concepção presente na categoria A.

Prosseguindo o questionário, a questão 02 tratou sobre conceito de cor, abordando a situação na qual uma almofada de cor vermelho e branca ao receber de uma fonte luminosa, luz na faixa do comprimento de onda azul e pergunta qual as cores da almofada visualizadas nessa situação?

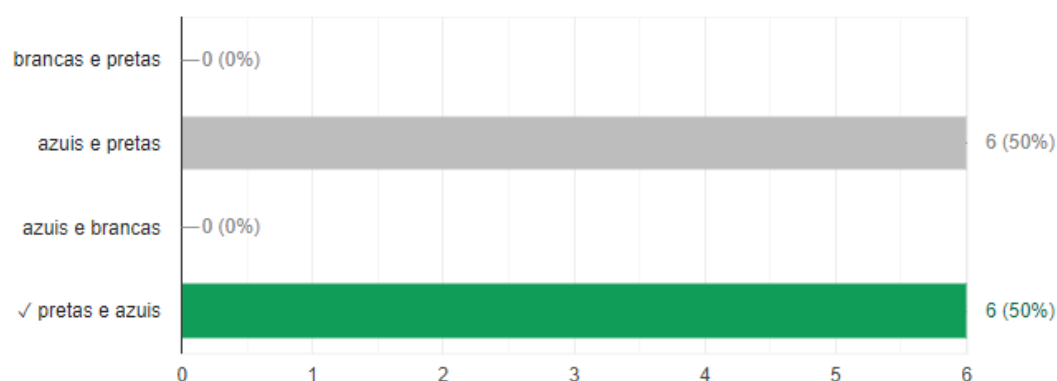
As principais categorias a serem monitoradas nesta pergunta, são A) “Luz colorida é ativa” e B) “A luz colorida contém cor”. A única alternativa correta é a “d” (pretas e azuis) que corresponde a absorção correta da cor azul pela cor vermelha, fazendo com que o observador enxergue a ausência das cores (preto) e a cor branca por ter a capacidade de refletir todos os comprimentos de onda, reflete a mesma onda que incide sobre ela (fenômeno da reflexão).

Figura 36 – Respostas da questão 02 do questionário final, expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.

02. Uma almofada listrada nas cores vermelha e branca é colocada em uma sala que possui uma lâmpada que emite luz azul. De acordo com essa situação, as listras vermelhas e brancas são vistas, respectivamente nas cores?

 Copiar

6 / 12 respostas corretas



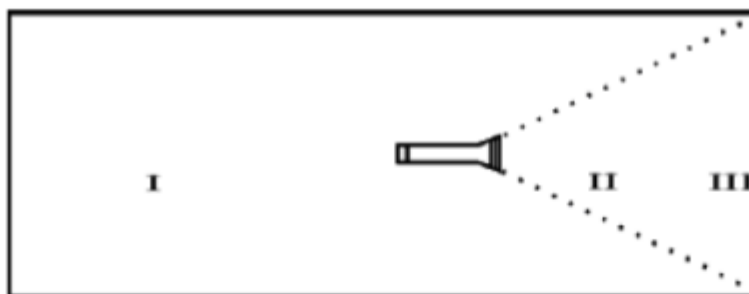
Fonte: Questionário final

A figura acima revela que 50% dos participantes responderam de forma correta, sendo estes os participantes: P3, P5, P7, P8, P9. Todos estes, apresentavam as concepções A e B, vale destacar, o progresso em P5 que possuía a concepção da categoria D “fuga total ou parcial da pergunta”, mostrando assim que pode compreender sobre os fenômenos da absorção e reflexão durante a aplicação deste PE.

A pergunta seguinte (questão 03), abordou o fenômeno da reflexão e absorção de modo semelhante a questão anterior. No entanto, de modo mais abrangente, trabalhando não apenas as categorias A, B, C e D, mas também a categoria F “Reflexão da luz apenas na forma especular”. Essa questão também possui uma similaridade com a questão 06 do questionário inicial.

A situação hipotética na questão 03, refere-se a uma lanterna que emite luz diante de uma parede em um local escuro, logo abaixo dela são listadas três circunstâncias I, II e III que abordam situações modificando as cores ou luz da lanterna ou da cor da parede.

Figura 37 – Pergunta 03 do questionário final: A figura abaixo ilustra uma situação em que uma lanterna incide luz sobre uma parede conforme especificado a seguir e três regiões especificadas pelos números I, II, III também são indicadas na figura. De acordo com as situações a seguir, responda.



	I	II	III
a) Se a luz da lanterna for amarela e a parede for azul, quais regiões serão iluminadas, quais regiões são iluminadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Se a luz da lanterna for amarela e a parede for amarela, quais regiões serão iluminadas, , quais regiões são iluminadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Se a luz da lanterna for branca e a parede for branca, quais regiões serão iluminadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: Questionário Final

Na alternativa a) “Se a luz da lanterna for amarela e a parede for azul, quais regiões serão iluminadas, quais regiões são iluminadas?” busca identificar se o participante reconhece a absorção da luz amarela na parede azul, visualizando assim a cor preta na parede.

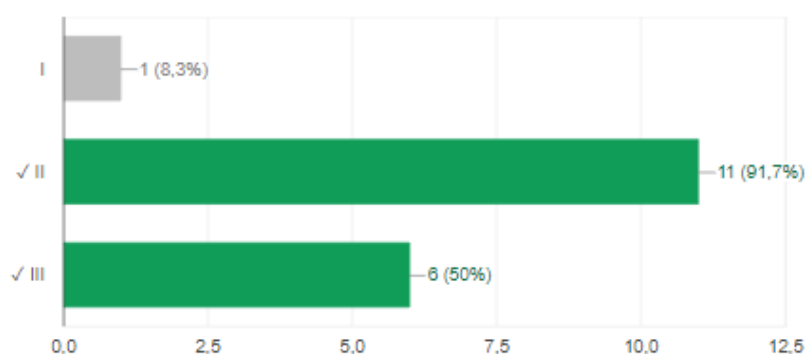
Na alternativa b) “Se a luz da lanterna for amarela e a parede for amarela, quais regiões serão iluminadas, quais regiões são iluminadas?” busca identificar o reconhecimento da reflexão da onda luminosa amarela, que atinge os 3 pontos na imagem.

Na alternativa c) “Se a luz da lanterna for branca e a parede for branca, quais regiões serão iluminadas?” busca identificar o reconhecimento da reflexão da cor branca, atingindo os 3 pontos também da imagem.

Figura 38 – Respostas da questão 03 (alternativa a) do questionário final. expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.

03. A figura abaixo ilustra uma situação em que uma lanterna incide luz sobre uma parede conforme especificado a seguir e três regiões especificadas pelos números I, II, III também são indicadas na figura. De acordo com as situações a seguir, responda:

6 / 12 respostas corretas



a) Se a luz da lanterna for amarela e a parede for azul, quais regiões serão iluminadas, quais regiões são iluminadas?

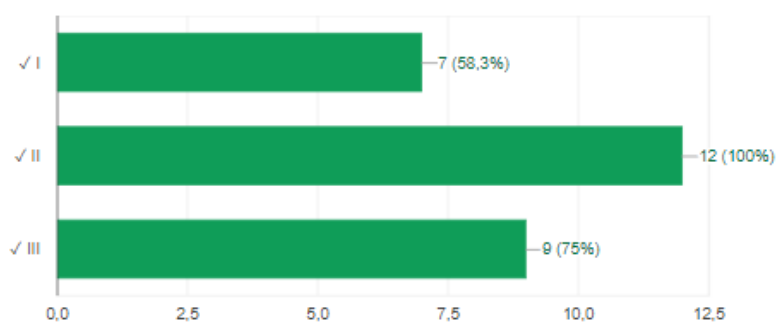
Fonte: Questionário final

Os participantes que obtiveram bom desempenho nesta alternativa foram: P3, P5, P6, P7, P8, P9. Apresentando melhorias nas concepções das categorias A, B, D e F.

Figura 39 - Respostas da questão 03 (alternativa b) do questionário final. expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.

03. A figura abaixo ilustra uma situação em que uma lanterna incide luz sobre uma parede conforme especificado a seguir e três regiões especificadas pelos números I, II, III também são indicadas na figura. De acordo com as situações a seguir, responda:

7 / 12 respostas corretas



< Linha 2: b) Se a luz da lanterna for amarela e a parede for amarela, quais regiões serão iluminadas, . . . quais regiões são iluminadas? >

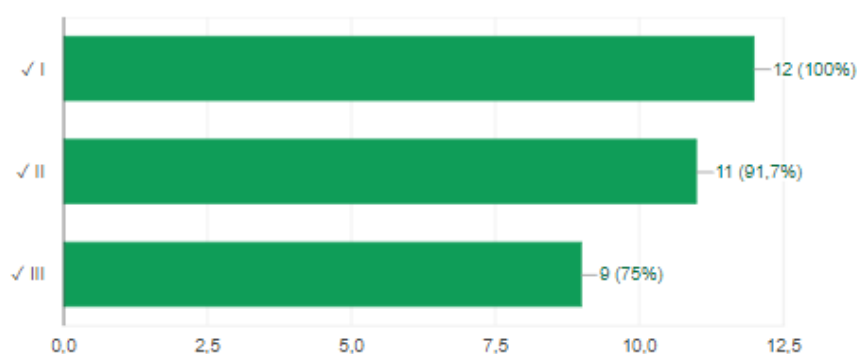
Fonte: Questionário final

De acordo com a figura 39, 7 participantes demonstraram um reconhecimento de que todos os pontos na imagem foram atingidos, uma vez que a luz é amarela e a parede possui a capacidade de refletir esse mesmo comprimento de onda.

Figura 40 – Resposta da questão 03 (alternativa c) do questionário final. expostas

por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário. A figura abaixo ilustra uma situação em que uma lanterna incide luz sobre uma parede conforme especificado a seguir e três regiões especificadas pelos números I, II, III também são indicadas na figura. De acordo com as situações a seguir, responda:

9 / 12 respostas corretas



< Linha 3: c) Se a luz da lanterna for branca e a parede for branca, quais regiões serão iluminadas? >

Fonte: Questionário final

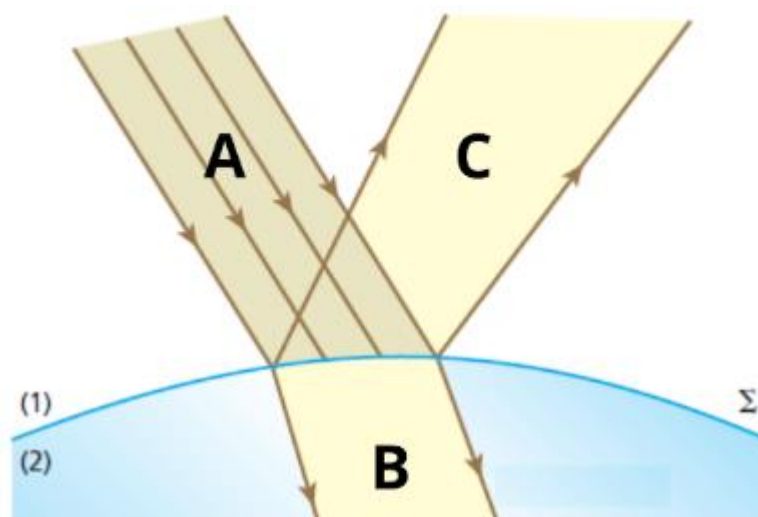
Para a alternativa c, percebe-se um melhor *feedback*, pois 9 participantes apresentaram a concepção correta em relação a reflexão da cor branca e com uma parede branca. Os participantes que obtiveram um bom desempenho neste item foram: P1, P2, P3, P4, P6, P7, P9, P11, P12.

Evidenciando assim, que para os participantes P11 e P12, a compreensão de uma reflexão para a cor branca é mais facilmente compreendida, ou seja, o fenômeno da absorção para estes ainda não está completamente entendido.

Essa questão, revelou de modo geral que houve melhora significativa nas concepções presentes nas categorias A, B, C, D, E e F. Pois, houve em todos os casos reconhecimento em algum momento da presença destes fenômenos.

Seguindo adiante, a pergunta 04 aborda sobre os fenômenos de reflexão e refração de modo mais evidente. A pergunta é feita com base nos conhecimentos sobre as posições corretas dos raios: incidente, refletido e refratado dispostos em uma imagem apresentada na figura 41:

Figura 41 – Pergunta 04 do questionário final: A imagem abaixo retrata a situação dos raios de luz durante os fenômenos de reflexão e refração da luz. De acordo com seus conhecimentos, determine a sequência correta para cada tipo de raio de luz:



- a) A - raio refletido; B - raio refratado; C - raio incidente
 b) A - raio incidente; B - raio refletido; C - raio refratado
 c) A - raio projetado; B - raio desviado; C - raio retornado
 d) A - raio incidente; B - raio refratado; C - raio refletido

Fonte: questionário final

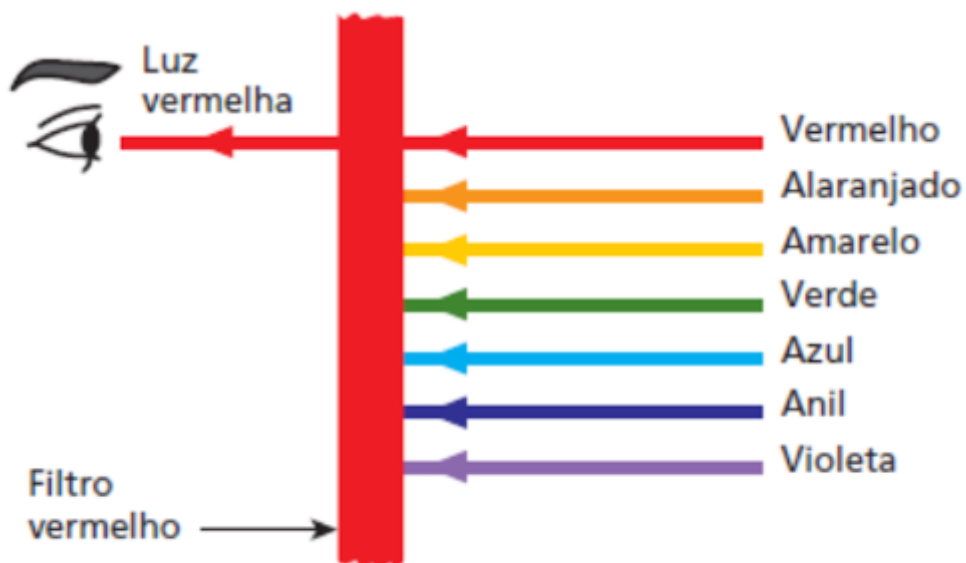
Os resultados desta pergunta foram bastantes agradáveis, visto que 10 participantes souberam responder de forma correta as posições dos raios de luz, o que implica uma aprendizagem sobre o comportamento dos raios de luz nos fenômenos da reflexão e refração. Ademais a isso, procura sanar as concepções alternativas presentes nas categorias F) “Reflexão da luz apenas na forma especular” e G) “Raios visuais” e J) “Reflexão e refração são fenômenos iguais”.

Os participantes que obtiveram um bom desempenho neste questionamento foram: P1, P2, P4, P5, P7, P8, P9, P10, P11, P12. De acordo com o questionário inicial 100% dos alunos haviam apresentado a concepção alternativa da categoria F, e para P8 e P9 apresentaram a concepção da categoria J. Nesse sentido, o resultado mostrou que cerca de 83% da turma possivelmente conseguiu compreender a concepção científica, referente a esses conceitos.

A questão 05 deste questionário, tratou sobre uma situação em quem um feixe de luz contendo toda faixa do comprimento de onda visível (luz branca) foi emitida sobre um filtro de cor vermelha e que apenas o comprimento de onda vermelho conseguiu atravessa-lo.

O conceito de cor novamente é o tema abordado neste questionário, trabalhando em maior evidência o fenômeno da absorção da luz, e procurando identificar a concepção dos participantes sobre a explicação mais coerente nesta situação.

Figura 42 – Pergunta da questão 05: Na imagem abaixo podemos observar que apenas a luz vermelha atravessa a superfície. A explicação mais adequada para esse fenômeno é?

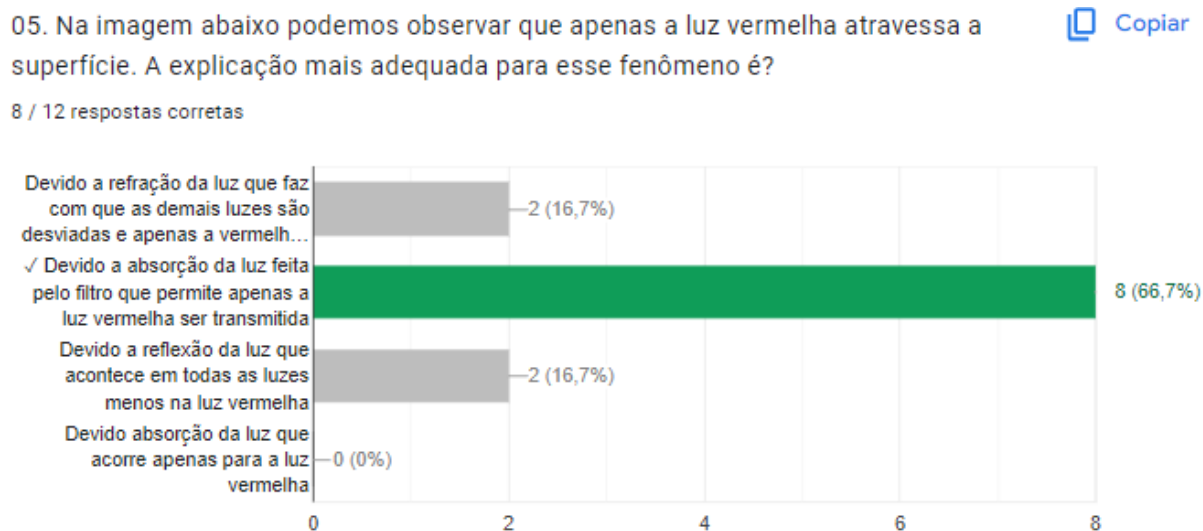


- Devido a refração da luz que faz com que as demais luzes são desviadas e apenas a vermelha atravessa
- Devido a absorção da luz feita pelo filtro que permite apenas a luz vermelha ser transmitida
- Devido a reflexão da luz que acontece em todas as luzes menos na luz vermelha
- Devido absorção da luz que ocorre apenas para a luz vermelha

Fonte: Questionário final

A identificação do fenômeno da absorção pelo filtro para os demais comprimentos de onda com exceção do vermelho é o conceito essencial para esta questão, fazer com que o aluno entenda e externalize esse entendimento científico, auxilia assim, no rastreamento da possível permanência das concepções sobre o conceito de cor.

Figura 43 – Respostas da questão 05 do questionário final. expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.



Fonte: Questionário final

O desempenho dos participantes pode ser acompanhado pela figura acima, que expõe o acerto de 8 participantes, sendo estes identificados por: P1, P2, P4, P5, P7, P8, P9, P11. O desenvolvimento das concepções científicas são identificadas por resultados como estes, que mostram como os participantes identificam as características dos fenômenos da luz, que são opostas as concepções apresentadas nas categorias: A, B, C, D e E.

A questão número 06 retrata sobre um dos princípios de propagação da luz: “Princípio da reversibilidade” que está relacionado diretamente ao fenômeno da reflexão. As categorias identificadas como fundamentais para modificação são as categorias: F “Reflexão da luz apenas na forma especular” e categoria G “Raios visuais”.

Figura 44 – Pergunta da questão 06 do questionário final: Uma mulher observa o motorista pelo retrovisor do carro, ao mesmo tempo, ele também a observa, isso acontece pois.



- Pelo princípio da reversibilidade da luz, pois a luz refletida em um corpo, faz o mesmo trajeto no sentido contrário.
- O raio de luz sai dos olhos da mulher e chega até o homem
- Na verdade apenas o homem pode enxergar a mulher, pois ele está no banco da frente
- Na verdade apenas a mulher pode enxergar o homem, pois ela encontra-se atrás dele.

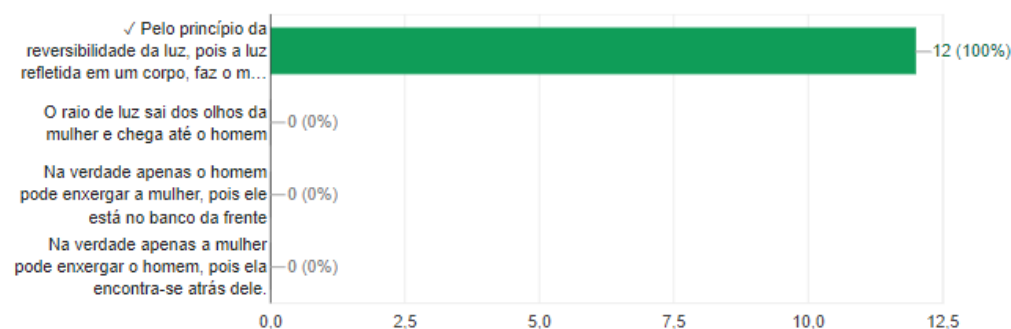
Fonte: Questionário final

De acordo com os resultados obtidos aqui, 100% dos participantes identificaram o princípio da reversibilidade da luz trabalhando durante as aulas do PE, mostrando que a aplicação do mesmo foi satisfatória e efetiva em sua abordagem com os temas.

Figura 45 – Respostas da questão 05 do questionário final. expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.

06. Uma mulher observa o motorista pelo retrovisor do carro, ao mesmo tempo, ele também a observa, isso acontece pois: [Copiar](#)

12 / 12 respostas corretas



Fonte: Questionário final

Prosseguindo com a análise dos resultados, temos a questão 07 que trata sobre o tipo de propagação da luz, um dos conceitos abordados dentro das aulas do PE. A pergunta refere-se aos tipos de propagação da luz: divergente, convergente e paralela, e possui uma imagem de uma pessoa segurando uma lupa e usando-a para concentração de raios a fim de aquecer em um determinado ponto.

Figura 46 – Pergunta da questão 07 do questionário final: De acordo com os tipos de propagação da luz, qual a classificação está sendo representada pela imagem abaixo?



- Divergente
- Convergente
- Paralela
- curvilínea

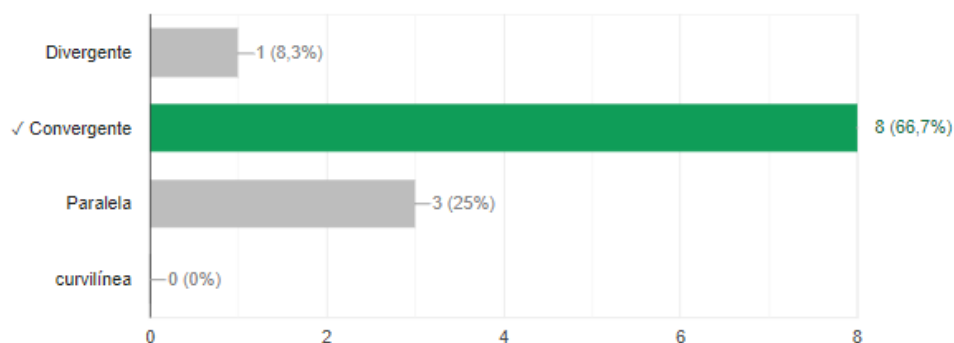
Fonte: Questionário final

As respostas obtidas nesta pergunta também foram satisfatórias, chegando a 8 respostas que identificaram corretamente o tipo de propagação da luz, como sendo convergente. Mesmo sem termos alcançado o estudo das lentes, mas entender como os raios se comportam em diferentes situações é importante para compreender a trajetória dos raios de luz.

Figura 47 - Respostas da questão 08 do questionário final. expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.

07. De acordo com os tipos de propagação da luz, qual a classificação está sendo representada pela imagem abaixo? [Copiar](#)

8 / 12 respostas corretas



Fonte: Questionário final

Os participantes que identificaram o tipo de propagação como convergente foram: P3, P5, P6, P7, P8, P9, P11, P12. Com esse resultado torna assim mais efetiva a aplicação do PE.

A próxima pergunta é a questão 08, que abordou o conceito de refração da luz. As categorias abrangidas por esse conceito, são: categoria I) “Ampliação ocasionada pela quantidade de água”. e J) “Reflexão e refração são fenômenos iguais”.

Figura 48 – Pergunta da questão 08 do questionário final: O céu do meio-dia é azul, enquanto o céu do amanhecer e do anoitecer é avermelhado. podemos observar pelas imagens abaixo a trajetória da luz ao entrar na atmosfera terrestre, qual a melhor explicação e qual o fenômeno está em maior evidência para que isso ocorra?



- Os raios de luz são desviados por conta da reflexão da luz após a mudança de meio.
- Por causa da refração da luz que absorve os raios na camada atmosférica
- Por causa da refração da luz branca do sol, que desvia os raios de luz, ao mudar de meio quando entram na atmosfera terrestre
- A refração da luz faz com que os raios sejam refletidos na camada atmosférica

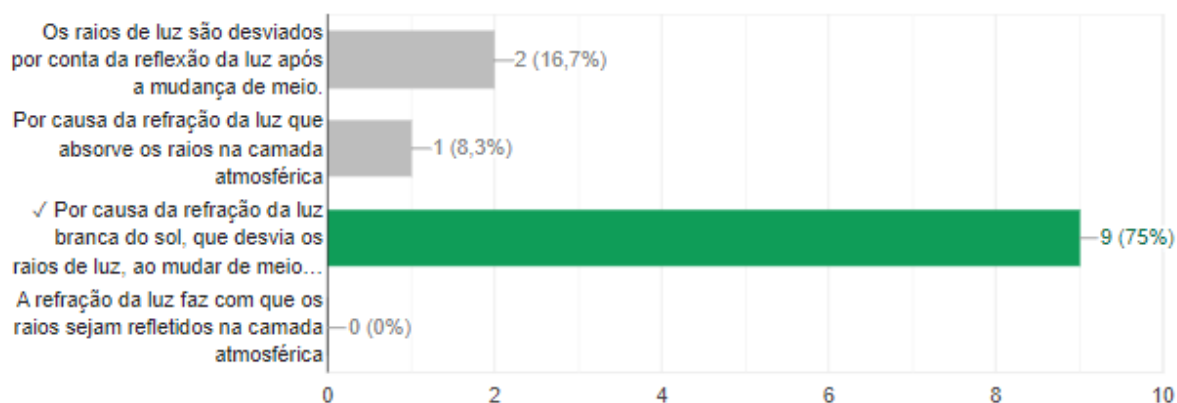
Fonte: Questionário final

A seguinte situação apresentada pela figura 48, trata sobre as cores avermelhadas do céu durante o amanhecer e entardecer, e apresenta uma imagem do planeta Terra recebendo os raios solares atravessando a camada de ozônio. A partir disso, os participantes devem escolher qual alternativa apresenta a concepção correta para a explicação desse fenômeno natural.

Figura 49 – Respostas da questão 08 do questionário final, expostas por um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.

08. O céu do meio-dia é azul, enquanto o céu do amanhecer e do anoitecer é avermelhado. podemos observar pelas imagens abaixo a trajetória da luz ao entrar na atmosfera terrestre, qual a melhor explicação e qual o fenômeno está em maior evidência para que isso ocorra?

9 / 12 respostas corretas



Fonte: Questionário final

Como evidenciado pela figura acima, 9 participantes obtiveram a concepção correta a respeito da refração da luz, que ocorre com os raios de luz do Sol ao penetrarem a camada de ozônio.

Os participantes que tiveram resultado positivo nesta questão são: P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11. Apresentando assim um possível desenvolvimento nos conceitos, principalmente no que se refere ao conceito da refração da luz, encaixados nas categorias I e J.

Partindo para a última pergunta desse questionário final, a questão 09, procura abordar o conceito de cor juntamente com os fenômenos de reflexão e absorção. Ou seja, investigando as concepções presentes nas categorias A, B, C, D e E.

Figura 50 – Pergunta da questão 09 do questionário final: A bandeira do Brasil esquematizada na figura é confeccionada em tecidos puramente pigmentados.

Estando estendida sobre uma mesa no interior de uma sala absolutamente escura, a bandeira é iluminada por luz monocromática VERDE



- 1-VERDE; 2- PRETO; 3- PRETO; 4- PRETO
- 1-VERDE; 2- PRETO; 3- PRETO; 4- VERDE
- 1-VERDE; 2- VERDE; 3- PRETO; 4- VERDE
- 1-PRETO; 2- PRETO; 3- PRETO; 4- VERDE

Fonte: Questionário final

Como pode ser observado, a questão 09 traz a bandeira do Brasil, numerada em diferentes pontos, e supõe uma situação em que a mesma está estendida sobre uma mesa em uma sala totalmente escura e é iluminada por uma luz verde. E pergunta qual a cor em cada região numerada da bandeira.

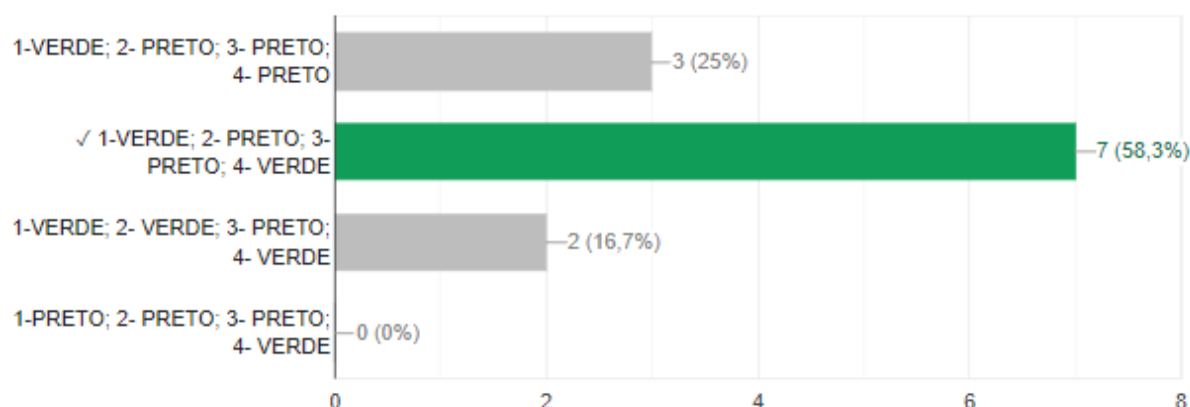
É importante observar que por estar em uma sala escura e a luz da lanterna ser verde, as regiões da bandeira que não possuem capacidade para refletir o comprimento de onda verde, absorveram toda a radiação luminosa, fazendo com que estas regiões se tornem visualmente pretas.

Na região com a capacidade de refletir o verde, o observador enxergará verde, pois a onda luminosa que incide sobre a bandeira será refletida nessa região.

Figura 51 – Respostas da questão 09 do questionário final, expondo um gráfico gerado pelo próprio Google formulário.

09. A bandeira do Brasil esquematizada na figura é confeccionada em tecidos puramente pigmentados. Estando estendida sobre uma mesa no interior de uma sala absolutamente escura, a bandeira é iluminada por luz monocromática VERDE. Qual a cor de cada região numerada da bandeira?

7 / 12 respostas corretas



Fonte: Questionário final

Como exposto pela figura 50, um total de 7 participantes identificaram a concepção de que apenas as regiões 1 e 4 pois ambas podem refletir o verde. Os participantes que obtiveram a resposta correta são: P1, P2, P4, P7, P8, P9, P10.

5.5 Análise comparativa das concepções alternativas iniciais e finais.

No que se refere as concepções iniciais coletadas pelo questionário inicial, foram catalogadas em 10 categorias *a priori* e *a posteriori* as categorias *a priori* foram baseadas em Almeida (2007) e Pesa, Cudmani e Bravo (1995).as categorias *a posteriori* foram novas categorias geradas perante análise das respostas dos participantes.

Os participantes apresentaram um possível desenvolvimento de conceitos e significados referente ao tema dos fenômenos ópticos, proposto nesta pesquisa. O acompanhamento destas concepções fica evidente no quadro 22 apresentado logo abaixo, mostrando um comparativo entre as concepções alternativas anteriores e as possíveis concepções alternativas que ainda permaneceram em cada participante.

Quadro 22 – Quadro comparativo das concepções alternativas iniciais e finais.

Participantes	Categoria das concepções sobre o conceito de cor.		Categoria das concepções sobre reflexão.		Categoria das concepções sobre refração.	
	Iniciais	Finais	Iniciais	Finais	Iniciais	Finais
P1	B, D	Sem concepções alternativas	F, H	Possível melhora em F, permanece com H	I	Permanece em I
P2	A, B	Sem concepções alternativas	F, G	Possível melhora em F, G	I	Permanece em I
P3	A, B	Possível melhora em A, B	F, G	Possível melhora em F, G	I	Possível melhora em I
P4	B, D, E	Possível melhora em B,D,E	F, H	Sem concepções alternativas	I	Possível melhora em I
P5	B, D	Possível melhora em D, Permanece em B	F, H	Possível melhora em F, H	I	Possível melhora em I
P6	A, B, E	Possível melhora em A, B, E	F, G	Possível melhora em F, G	I	Possível melhora em I
P7	A, E	Sem concepções alternativas	F, G	Sem concepções alternativas	I	Sem concepções alternativas
P8	A, B, C	Possível melhora em A, B, C	F, G	Sem concepções alternativas	J	Sem concepções alternativas
P9	A, B	Sem concepções alternativas	F, G	Sem concepções alternativas	J	Sem concepções alternativas
P10	B, D	Permanece com B, possível melhora de D	F, G	Permanece com F, G	I	Possível melhora em I
P11	A, B, E	Possível melhora em A, B, E	F, G	Possível melhora em F, G	I	Possível melhora em I
P12	D, E	Saiu de D, possível melhora em E	F, G, H	Sem concepções alternativas	I	Permanece em I

Fonte: Próprio autor

De acordo com o quadro acima, percebemos que houve significativas melhoras nas concepções da maior parte dos participantes, com maior destaque para os participantes P7 e P9 que obtiveram os melhores desempenhos durante essa trajetória de aplicação da SD.

Os resultados foram significativos, visto que haviam participantes incluídos em até 6 categorias em relação aos três fenômenos: absorção, reflexão e refração, como exemplo P8 que segundo análise, estava nas categorias(A, B, C, F, G, J) e após toda o percurso traçado durante a SD obteve resultado satisfatório, melhorando as concepções sobre o conceito de cor (absorção e reflexão) e possivelmente as concepções F, G, H (reflexão e refração) foram modificadas.

Dentre as concepções mais críticas, estava a concepção *a posteriori* D “Fuga total ou parcial da pergunta” apresentadas pelos participantes: P1, P5, P10, P12., ou seja, a princípio não havia formulação de conceitos, ou não compreendiam as perguntas por total desconhecimento. No entanto, estes apresentaram melhoras nesta categoria desenvolvendo possíveis conceitos científicos a respeito do tema.

O participante P10 dentre todos foi o que obteve o menor desempenho, visto que, o mesmo era um dos menos presentes nas aulas teóricas, o que possivelmente o prejudicou na assimilação dos conceitos sobre os fenômenos ópticos.

Vale destacar que, os resultados nessa etapa conclusiva, não foram obtidos apenas pelo questionário final, mas juntamente com análise observatória do professor aplicador durante toda a pesquisa, que procurou observar o desenvolvimento dos participantes afim de obter resultados mais precisos, uma vez que os dados sobre aprendizagem são subjetivos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) determina como um dos principais objetivos a construção de um Produto Educacional (PE) que implemente a educação de modo prático dentro da sala de aula. O mesmo deve ser acompanhado de um relato de experiência da aplicação deste PE. O objetivo final nesta aplicação é a contribuição de maneira objetiva e interativa para a disciplina de Física no ensino médio.

Escolhemos então uma Sequência Didática (SD) para introdução dos conceitos básicos da Óptica Geométrica. A SD foi construída, inicialmente, com destino ao professor para que pudesse seguir um manual básico com aulas, experimentos e uma investigação estruturada, com intento de coletar as concepções alternativas, sobre absorção, reflexão e refração da luz, e modificá-las no decorrer da aplicação do PE.

O princípio norteador dessa pesquisa é a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel. Nesta, a aprendizagem buscada ao seu fim, será baseada pelos conhecimentos que outrora fizeram parte do cognitivo dos participantes (conhecimentos prévios). Uma vez que esses conhecimentos prévios formam base para conceitos equivocados (concepções alternativas), estas devem ser modificadas para reformulação em concepções científicas.

A presente SD, explorou inicialmente o cognitivo dos alunos com o uso de experimentos a fim de instigar a mente dos educandos e fazer com que os mesmos externalizassem a principal razão para a aplicação deste PE: as Concepções Alternativas sobre a temática da óptica.

Para tanto, o primeiro passo foi semear indagações nos estudantes, com situações problema (experimentos), para que suas mentes entrassem em conflito de qual concepção estaria certa ou errada, em relação ao tema proposto. Nesse sentido, em geral, o educando buscou a concepção mais razoável para explicar os fenômenos, escolhendo na maioria das vezes por uma concepção alternativa que não se adequava à concepção científica.

Por esse motivo, essa pesquisa foi intitulada como: Sequência Didática para Modificação das Concepções Alternativas sobre Absorção, Reflexão e Refração da Luz. Sua estrutura é composta por 4 estágios, sendo Estágio 1: A problematização (etapa responsável por coletar as concepções alternativas através de experimentos sobre os conceitos básicos da óptica absorção, reflexão, refração e juntamente com

o questionário inicial para coletar as concepções alternativas e conhecimentos prévios presentes nos cognitivos de cada participante).

Logo depois, o Estágio 2: Avaliação Formativa (etapa responsável pela quebra de conceitos e reconstrução de significados, pois nela foram ministradas as aulas que iniciaram as primeiras modificações das concepções alternativas, previamente identificadas. Ademais a isso, a construção de Mapas conceituais como ferramenta avaliativa, mas ao mesmo tempo construtora de conhecimento, pois os mapas foram produzidos como forma de acompanhamento do possível progresso existentes naquele momento).

No momento seguinte, o Estágio 3: Simulação Virtual (etapa encarregada de atribuir conhecimento de modo prático, uma vez que a utilização de laboratório virtual colabora com uma aprendizagem significativa por meio das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC)). Essa prática foi auxiliada pela ferramenta de simulação virtual: “Desvio da Luz” contida na plataforma de simuladores *Phet Simulations*.

Para o último momento, o Estágio 4: (etapa responsável pela aferição dos produtos alcançados com a aplicação do PE, realizando um comparativo das concepções iniciais com as concepções finais dos estudantes referentes ao tema dos fenômenos da Óptica Geométrica: Absorção, Reflexão e Refração da luz).

Esta SD descrita logo acima, foi aplicada em uma escola da rede pública do Estado do Ceará, na cidade Sobral. O público escolhido foi de uma disciplina eletiva de prática em ensino de Física. Por ser uma disciplina ministrada em laboratório, limitamos o número de participantes em 12. Desta forma pode ser melhorado o *feedback* entre os participantes e o aplicador.

No entanto, mesmo com um número de grupo experimental reduzido, a aplicação do PE encontrou seus percalços, pois a escola estava passando por uma reestruturação em suas edificações e instalações elétrica, resultando em situações de imprevisto quanto ao uso de ambientes como o laboratório de informática que precisou ser utilizado sem a climatização adequada, causando desconforto e gerando risco à produção dos dados. Vale ressaltar que 2 dos 4 estágios foram efetuados no laboratório de informática.

Outro obstáculo existente na aplicação do PE foi o nível de afinidade com a disciplina de Física, uma vez que os participantes da turma de eletiva eram em maioria, alunos da 1º série do ensino médio, comprometendo o aprofundamento em termos

científicos como a abordagem ondulatória e eletromagnética da luz. Temas ligados de forma umbilical que tiveram que ser cautelosamente filtrados para que não comprometessem os conceitos fundamentais da óptica.

Mesmo com estes percalços, a aplicação do PE logrou êxito de modo geral, considerando que os educandos se empenharam na participação dos experimentos e “embarcaram” na SD incorporando ao seu vocabulário os termos importantes usados durante a realização das aulas como: concepção científica, absorção, reflexão e refração da luz, entre outros que compuseram as aulas, mostrando envolvimento e interação por parte dos estudantes. Isso fez com que a turma obtivesse um desenvolvimento coletivo e individual, dado que, na SD existiu momentos que foram de aprendizagem individual e coletiva.

As concepções alternativas dos participantes, coletadas no início do PE, foram categorizadas conforme proposta de Bardin (2016), permitindo um acompanhamento do desenvolvimento das concepções alternativas e conhecimentos prévios. Com isso, foi possível perceber que houve progresso dos conceitos iniciais, identificados em 10 categorias definidas *a priori* ou *a posteriori*. As categorias *a priori* foram baseadas em Almeida (2007) e Pesa, Cudmani e Bravo (1995). Já as categorias *a posteriori* foram novas categorias que emergiram perante a análise das respostas dos participantes de possíveis concepções alternativas.

Por fim, esta pesquisa obteve ganhos consideráveis, uma vez que, a aplicação da SD contribuiu para uma ascensão cognitiva e uma possível aprendizagem significativa sobre os conceitos fundamentais da óptica no que tangem sobre os fenômenos da absorção, reflexão e refração da luz. Vale destacar que o desenvolvimento não aconteceu apenas dentro dessa narrativa proposta pelo PE, mas houve contribuições significativas de pensamento crítico sobre a relevância da educação.

Por tanto, a SD aqui exposta apresentou resultados promissores, mas é importante ressaltar que novas pesquisas sejam desempenhadas no intuito de contribuir com possíveis adaptações para as diferentes realidades enfrentadas em cada escola, como a quantidade de aulas destinadas a aplicação do PE, a modalidade dos questionários inicial e final, no qual ambos podem ser feitos impressos ou pelo *Google* formulário entre outras medidas que podem sofrer readequações.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, V. de O. **Mapas conceituais como instrumentos potencialmente facilitadores da aprendizagem significativa de conceitos ópticos da física**. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2006.
- ALMEIDA, V. O; CRUZ, C. A; SOAVE, P. A. **Concepções alternativas em óptica**. Textos de apoio ao professor de física. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2007.
- ALMEIDA, W. B.; SANTOS, H. F. Modelos Teóricos para a Compreensão da Estrutura da Matéria. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. 4 ed. São Paulo: SBQ. v. 1, p. 39, 2001.
- AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, David. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Edição revista e ampliada. Tradução Luís Antero Neto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BARROS, Alves Marcelo; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. A história da ciência iluminando o ensino de visão. **Revista Científica & Educação**, Bauru/SP, v. 5, p. 83 – 94, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/bsMxsFJvBgvF7zTtFXWzqqv/?lang=pt#> . Acesso em: 18 fev. 2023.
- BERBERAN-SANTOS, M. N. Beer's law revisited. **Journal of Chemical Education**, v.67, p.757, 1990.
- BONJORNIO, Regina A.; BONJORNIO, José R.; BONJORNIO, Valter; RAMOS, Clinton Marcico; CASEMIRO, Renato. **Física: terminologia, óptica, ondulatória - 2º ano**. 2 ed. São Paulo: FTD, 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRUM, W. P. . Aprendizagem significativa: revisão teórica e apresentação de um instrumento para aplicação em sala de aula. **Itinerarius Reflectionis**, Goiás, v. 2, p. 1-20, 2013. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/rir/article/view/27795> . Acesso em: 8 abr. 2023
- CHEVALLARD, Y. **La Transposition Didactique**. Grenoble: La Pensée sauvage, 1991.

DEMO, Pedro. **Pesquisa e Construção de Conhecimento**: metodologia científica no caminho de Habermas. 4 ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000.

DOLZ, Joaquim; NOVERRAZ, Michèle; SCHNEUWLY, Bernard. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. *In*: SCHNEUWLY, B.; DOLZ, J. e colaboradores. **Gêneros orais e escritos da escola**. Tradução de Roxane Rojo e Glaís Sales Cordeiro. Campinas: Mercado de Letras, 2004. p. 81-108.

Ead Puc Goiás, O que é síntese?, 20 jun. 2020. Disponível em: <https://ead.pucgoias.edu.br/blog/o-que-e-sintese>. Acesso em: 16 fev 2021.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da esperança**: Um reencontro com a pedagogia do oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

G1. **Pisa 2018**: dois terços dos brasileiros de 15 anos sabem menos que o básico de matemática. [2006]. Disponível em: <https://g1.globo.com/educacao/noticia/2019/12/03/pisa-2018-dois-tercos-dos-brasileiros-de-15-anos-sabem-menos-que-o-basico-de-matematica.ghtml>. Acesso em: 30 abr. 2022.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física** - vol 4. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

Heron, de Alexandria, **Heronis Alexandrini Opera Quae Supersunt Omnia**, v. 2, *Mechanica et Catoptrica*, edited by L.L.M. Nix and W. Schmidt (B.G. Teubner, Stuttgart, 1900)

HOFFMANN, J.; NAHIRNE, A.; STRIEDER, Dulce. Um Diálogo Sobre As Concepções Alternativas Presentes No Ensino Das Ciências. **Arquivos do MUDI**, Maringá, v 21, n 03, p. 90-101, 2017. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/40944>. Acesso: 30 abr. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS. **Relatório Brasil no Pisa 2018**. Brasília, 2018.

JESUS, Marcos A. S. de. **Jogos na educação matemática**: análise de uma proposta para a 5ª Série do ensino fundamental. Dissertação (Mestrado em Psicologia da Educação Matemática). Universidade Campinas, Campinas - SP, 1999.

JONH. W. J. JR; SERWEY. R. A. **Física para Cientistas e Engenheiros**. v.2. 8.ed. Norte-Americana. 2012.

KAZITORIS, A.; MEGID, J. **Concepções Alternativas no Ensino de Biologia**: uma revisão dos resumos de 40 anos de dissertações e teses brasileiras (1972-2012). Disponível em: <https://docplayer.com.br/88897117-Concepcoes-alternativas-no->

[ensino-de-biologia-uma-revisao-dos-resumos-de-40-anos-de-dissertacoes-e-teses-brasileiras.html](#) . Acesso: 30 abr. 2022.

KRAGH, H. **Quantum Generations: a history of physics in the twentieth century**. Princeton: University Press, 1999.

LIBANORE, A. N. L. da S.; OBARA, A. T. Concepções alternativas sobre o efeito estufa e a formação científica de professores e alunos. In: Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências, 7., 2009, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: ABRAPEC, 2010.

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

MARTINI, G; SPINELLI, W; REIS, H. C; SANT'ANNA, B. **Conexões com a física**. v. 2. 3. ed. São Paulo: Moderna. 2016.

MARTINS, R. A.; SILVA, A. P. B. Princípios da óptica geométrica e suas exceções: Heron e a reflexão em espelhos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 35, n. 1, mar. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000100028> . Acesso: 11 jun. 2022.

MEDEIROS, A. Entrevista com o Conde Rumford: da teoria do calórico ao calor como uma forma de movimento. **Física na escola**, v. 10, n. 1, p. 04-16, 2009.

MELO, L. A. **e-Física – Óptica Universitário**. São Cristóvão, SE: Universidade Federal de Sergipe / CESAD, 2011. E-book.

MORAES, R; GALIAZZI, M.C. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise discursiva. Em: MORAES, R; GALIAZZI, M.C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007, p. 11 - 46.

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

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de Ensino e Aprendizagem: mapas conceituais e o Vê epistemológico**. Lisboa: Plátano, 1993.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, Marco Antônio. **Ensino e Aprendizagem: Enfoques Teóricos**. São Paulo - SP: Moraes, 1985.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MORRIS, R. J. Lavoisier and the caloric theory. **The British Journal for the History of Science**, v. 6, n. 21, p. 1-38, 1972.

MOVIMENTO ONDULATÓRIO. **REDU Conteúdos Escolares**, Disponível em: <https://redu.com.br/fisica/movimento-ondulatorio/n> . acesso em: 24 set. 2020. n. 2, p. 355-398, ago. 2016.

NOVAK, J. D.; GOWIN, B. D. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: fluidos, oscilações e ondas, calor**. v. 2. 5ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2014.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica**. v. 4. 1ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

OLIVEIRA, A. M. **Concepções alternativas de estudantes de ensino médio sobre ácidos e bases: um estudo de caso**. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2008.

PESA, M.; CUDMANI, L. C. de; BRAVO, S. Formas de razonamientos asociados a los sistemas preconceptuales sobre naturaleza y propagación de la luz: resultados de una experiencia piloto. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 17-31, abr. 1995.

PESA, M. A.; BRAVO, S. V.; COLOMBO, E. M. **Investigando la luz y la visión**. UNT Editora, 2003.

PIMENTEL, C; SAAD, F.D. Um laboratório de Física Básica para os alunos de Engenharia. **Atas do IV SNEF**. Rio de Janeiro. 1979.

PIVATTO, W. B. Os conhecimentos prévios dos estudantes como ponto referencial para o planejamento de aulas de Matemática: análise de uma atividade para o estudo de Geometria Esférica. **Revemat**, Florianópolis, v. 9, nº 1, p. 43-57, 2014.

REDAÇÃO. O que faz um espelho refletir imagens. **Super interessante**. São Paulo. 31 out. 2007. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/o-que-faz-o-espelho-refletir-imagens/> . Acesso: 18 fev. 2023.

RIBEIRO, J. L. P.; CARNEIRO, M. H. S. A reflexão da luz nos periódicos de Ensino de Física: evidenciando tendências e carências de pesquisa a partir de uma revisão bibliográfica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 355-398, ago. 2016.

RICARDO, E. C. **Competências, interdisciplinaridade e contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino das ciências**. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. 2005.

RODRIGUES, M. A. **Estudo de aula em comunidades de prática para o ensino de física: um estudo de caso em Teresina – PI**. 2019. 390 p. Tese (Doutorado em

Educação Científica, Matemática e Tecnológica) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SAITO, Marcia Tiemi. **A gênese e o desenvolvimento da relação entre física quântica e misticismos e suas contribuições para o ensino de ciências**. Tese (Doutorado em ciências) – Faculdade de educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018.

SANTOS, A. O.; OLIVEIRA, G. S.; RODRIGUES, M. C.; BORGES, J. R. A. O ensino-aprendizagem de matemática: contribuições de Novak e a teoria dos mapas conceituais. **Caderno da Fucamp**, v. 20, n.46, p.180-203/2021.

SANTOS, M.E.V.M. **Mudança conceitual na sala de aula: um desafio epistemologicamente fundamentado**. Lisboa: Livros Horizonte, 1998, p.262

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório a Distância da UFSC, 2001.

SILVA, F.W.O. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, 15 jun. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/wXbCrhcZ79KtDZ5FZmtK8hM/?lang=pt#> . Acesso: 07 jan. 2023.

SILVA, J. R. R. T. da; AMARAL, E. M. R. do. Concepções sobre Substância: Relações entre Contextos de Origem e Possíveis Atribuições de Sentidos. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 1, p. 70-79, 2016.

SILVA, Priscila N., SIMÕES NETO, José E.; SILVA, Flávia Cristiane Vieira. A Transposição Didática do Conteúdo de Reações Orgânicas. **Gôndola: enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, v. 10, n. 2, p. 35-48, 2015.

SILVEIRA, F. L. **Uma epistemologia racional-realista e o ensino da física**. 1993. Tese de doutorado - Pontifícia Universidade Católica. Programa de Pós-Graduação em Educação, Rio Grande do Sul, 1993.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução da 8ª Edição norte-americana. São Paulo-SP: Editora Thomson, 2006.

SQUISSATTO, A.G de M. **Construção e aplicação de um fotômetro para o ensino da absorção da luz**. 2018. 77 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Medianeira, 2018.

TORRES, C. M. A; FERRANO, N. G; SOARES, P. A. de. T. (org.). **Física – Ciência e Tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2010.

VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. **Física 2**. 2 ed. São Paulo - SP: Saraiva, 2013.

APÊNDICE A– PRODUTO EDUCACIONAL



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

ISAIAS DO NASCIMENTO SILVA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA MODIFICAÇÃO DAS CONCEPÇÕES
ALTERNATIVAS SOBRE ABSORÇÃO, REFLEXÃO E REFRAÇÃO**

**TERESINA
2023**

ISAIAS DO NASCIMENTO SILVA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA MODIFICAÇÃO DAS CONCEPÇÕES
ALTERNATIVAS SOBRE ABSORÇÃO, REFLEXÃO E REFRAÇÃO**

Produto Educacional apresentado à
Coordenação do Curso de Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física
MNPEF - Polo 26, da Universidade
Federal do Piauí (UFPI).

Linha de pesquisa: Sequência didática

Orientador(a): Prof. Dr. Micaías Andrade
Rodrigues

TERESINA

2023

SUMÁRIO

CARTA AO PROFESSOR	130
1. INTRODUÇÃO.....	132
2. PLANEJAMENTO DOS ENCONTROS	134
1º ESTÁGIOS – PROBLEMATIZAÇÃO.....	135
2º ESTÁGIOS – AVALIAÇÃO FORMATIVA.....	139
3º ESTÁGIOS – SIMULAÇÃO VIRTUAL.....	140
4º ESTÁGIOS – QUESTIONÁRIO FINAL.....	141
REFERÊNCIAS	142

CARTA AO PROFESSOR

É com grande entusiasmo que compartilhamos com você uma proposta educacional inovadora, baseada em uma dissertação que aborda a modificação das concepções alternativas sobre absorção, reflexão e refração na disciplina de Física. Esta proposta busca enriquecer a experiência de ensino e aprendizagem, proporcionando uma abordagem dinâmica e envolvente para auxiliar seus alunos a compreenderem esses conceitos de maneira significativa.

A compreensão dos conceitos científicos é crucial para a formação educacional dos jovens, e é necessário que a sociedade esteja ciente do nível de letramento científico de sua população estudantil. No entanto, as concepções alternativas formadas pelo pensamento intuitivo dos alunos podem dificultar a identificação e aplicação correta desses conceitos científicos. Tais concepções equivocadas prejudicam a assimilação de modelos reconhecidos pela ciência, resultando em um baixo nível de letramento científico.

A atual avaliação internacional de estudantes constatou que o Brasil está abaixo da média em compreensão de conceitos básicos de Ciências e Matemática, o que reflete a realidade do aprendizado em Física. Muitas vezes, os conceitos são trabalhados sem investigar o conhecimento prévio dos estudantes, que muitas vezes é baseado em ideias parcialmente consistentes, mas que podem ser conflitantes com os conceitos científicos. Reconhecendo que os alunos não são "tábuas rasas", a proposta educacional busca valorizar o conhecimento prévio dos alunos e construir sobre ele.

Essa sequência didática é projetada para abordar os conceitos fundamentais da óptica geométrica, incluindo o princípio retilíneo da luz, o fenômeno da reflexão, refração e absorção. Por meio de uma metodologia ativa, como a rotação por estação, os alunos serão incentivados a explorar esses conceitos de maneira interativa e contextualizada. O objetivo é não apenas fornecer informações, mas também modificar as concepções alternativas dos alunos, permitindo que eles construam um entendimento mais sólido e preciso.

Acreditamos que essa abordagem não apenas tornará suas aulas mais dinâmicas e atraentes, mas também promoverá uma compreensão mais profunda e

significativa dos conceitos de absorção, reflexão e refração. A flexibilidade é uma característica central dessa proposta, e encorajamos você a adaptar e personalizar os procedimentos de acordo com suas preferências e contexto escolar.

Esta proposta é baseada em uma estrutura sólida, que foi elaborada ao longo de uma dissertação. Ela foi pensada para proporcionar uma experiência de ensino enriquecedora e envolvente. Estamos à disposição para fornecer orientações, esclarecer dúvidas e auxiliar na implementação dessa abordagem inovadora.

1. INTRODUÇÃO

A construção do conhecimento científico é um dos pilares fundamentais da formação educacional, especialmente no contexto da disciplina de Física. No entanto, uma barreira persistente para o aprendizado eficaz é a presença de concepções alternativas, que muitas vezes se enraízam no pensamento intuitivo dos alunos. Essas concepções, embora não alinhadas com os princípios científicos estabelecidos, podem influenciar negativamente a compreensão dos fenômenos físicos e, por consequência, impactar o nível de letramento científico.

A interseção entre o conhecimento cotidiano e o conhecimento científico é um ponto crucial na educação. Muitas vezes, os alunos ingressam nas salas de aula com noções prévias baseadas em suas experiências do dia a dia. Essas noções, embora possam ser úteis para explicar fenômenos comuns, nem sempre estão alinhadas com as explicações científicas. As chamadas "concepções alternativas" são aquelas que divergem das teorias científicas aceitas, representando uma síntese de pensamento intuitivo e experiências pessoais.

Compreender a origem e a influência dessas concepções alternativas é essencial para os educadores. Quando não reconhecidas, essas concepções podem se transformar em obstáculos persistentes para a aprendizagem significativa. Tornar-se consciente das ideias prévias dos alunos e empregar estratégias para abordar essas concepções errôneas pode ser um passo significativo em direção a uma educação mais eficaz e engajadora.

Neste contexto, esta proposta busca explorar o impacto de uma sequência didática baseada na teoria da aprendizagem significativa na modificação das concepções alternativas relacionadas aos fenômenos de absorção, reflexão e refração. O objetivo é não apenas fornecer informações corretas, mas também facilitar uma reestruturação conceitual que permita aos alunos uma compreensão mais precisa e alinhada com o conhecimento científico estabelecido.

Ao compreender e abordar as concepções alternativas dos alunos de maneira estratégica e envolvente, podemos construir uma base sólida para a aprendizagem dos conceitos ópticos. Através dessa abordagem, buscamos não apenas transmitir informações, mas também nutrir a capacidade dos alunos de avaliar criticamente suas

próprias percepções e concepções, preparando-os para uma compreensão mais profunda e bem informada da Física e do mundo ao seu redor.

2. PLANEJAMENTO DOS ENCONTROS

Nesta sequência didática, abordaremos o tema da absorção, reflexão e refração da luz, com o objetivo de identificar e modificar concepções alternativas que os alunos possam ter sobre esses fenômenos.

Utilizaremos atividades práticas e interativas para promover uma compreensão mais precisa e científica dos processos de interação da luz com diferentes materiais. Cada encontro será estruturado para introduzir, explorar e consolidar conceitos, proporcionando uma experiência de aprendizado significativa. Seguindo o cronograma presente na tabela abaixo:

Tabela 1 – Cronograma dos Encontros

Instrumentos	Descrição	Tempo de aplicação (aulas)
Problematização com experimentos	Composto pelo jogo RGB e dois experimentos de refração da luz, desempenham juntos o papel de organizadores prévios, baseado assim na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) para externalização dos conhecimentos prévios, bem como das concepções alternativas.	2
Questionário inicial (pré-teste)	Empregado como ferramenta para obtenção das concepções alternativas sobre os fenômenos de absorção, reflexão e refração, instigados anteriormente pelos organizadores prévios.	2
Mapas conceituais	Desempenhará o papel de avaliação formativa,	8

	averiguando o possível desenvolvimento cognitivo do discente.	
Simulação virtual	Instrumento de mediação de aprendizagem por investigação.	2
Questionário Final (pós-teste)	Operado como ferramenta de avaliação conclusiva da sequência didática, para verificação da possível aprendizagem significativa.	1

Fonte: Próprio autor

1º ESTÁGIOS - PROBLEMATIZAÇÃO

Tema: Apresentação da sequência didática e aplicação dos experimentos: Jogo RGB e Visibilidade da Moeda, juntamente com o Questionário Inicial (QI) para identificar as concepções alternativas dos alunos sobre os conceitos de absorção, reflexão e refração.

Objetivos:

- Introduzir a sequência didática e seus objetivos.
- Identificar as concepções alternativas dos alunos em relação a absorção, reflexão e refração.

Período estimado: 2 aulas de 50 minutos cada.

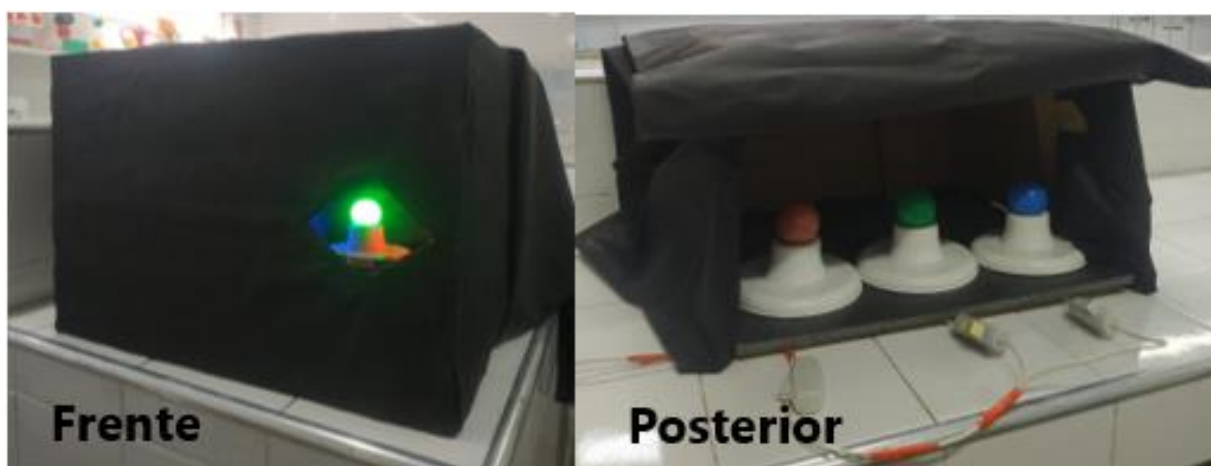
Material: Apresentação de slides, Datashow, questionários impressos para cada aluno, Jogo RGB, Béquero, Moeda, Água.

Descrição:

1º Momento: Aplicação dos experimentos de problematização;

- Inicie a aula apresentando sobre a aplicação da sequência didática, em seguida conduza os alunos para o jogo RGB.
- Explique aos alunos que: Este experimento foi projetado com a finalidade de simular um jogo, que tem o objetivo de identificar a tinta guache de cor preta, aplicando os fenômenos da absorção e reflexão da luz. Para esse propósito, são dispostos tubos de tinta guache das cores: vermelho, verde, azul, preto e branco dentro da cabine.

Figura 1: Cabine do jogo RGB com a vista da frente na imagem da esquerda e a direita com a vista posterior.



Fonte: Próprio autor

O jogo funciona da seguinte maneira: o aluno aproxima-se da cabine com as luzes apagadas, o professor orienta-o a observar pelo orifício da cabine, e identificar o único tubo de tinta preta que há dentre os cinco tubos, o professor aciona apenas uma lâmpada de cada vez, o aluno pode observar a existência de mais de um tubo de tinta de cor preta, porém apenas um é o verdadeiro.

E está observando naquele instante, para isso será disposto ao estudante no momento do jogo lápis de cor em diversas cores. Ao término da atividade ele deve concluir qual o número referente a posição do tubo de tinta preta, baseado na posição de cada lacuna pintada na cor preto. O gabarito está de acordo com a figura 2 logo abaixo:

Figura 2 - Gabarito do jogo RGB



Fonte: Próprio autor

Explique por que é importante corrigir concepções alternativas e como isso pode melhorar sua compreensão geral dos fenômenos físicos.

- Em seguida, aplicar o experimento de “Visibilidade da moeda” Colocar uma moeda no fundo de um recipiente opaco, e posicionar sua visão, na parte superior diametralmente oposta ao recipiente de maneira que não seja possível enxergar a moeda como ilustrado na figura 3.

Figura 3 – Experimento de Visibilidade da moeda



Fonte: Próprio autor

2º Momento: Aplicação do Questionário Inicial (QI)

- Distribua os questionários impressos para cada aluno, o questionário inicial está disponível no apêndice C deste PE. Os questionários contêm perguntas relacionadas aos fenômenos da absorção, reflexão e refração da luz trabalhados com os experimentos: jogo RGB e visibilidade da moeda.
- Peça aos alunos para responderem às perguntas com base em suas concepções sobre os experimentos. Explique que não há respostas certas ou erradas neste momento, pois o objetivo é entender as suas concepções iniciais.
- Recolha os questionários após serem preenchidos.

2º ESTÁGIO – AVALIAÇÃO FORMATIVA

Tema: Aulas interativas de exploração dos conceitos de absorção, reflexão e refração da luz.

Objetivos:

- Introdução dos conceitos iniciais sobre os fenômenos de absorção, reflexão e refração da luz;
- Construção dos mapas conceituais;
- Realizar a avaliação formativa com os mapas conceituais.

Período estimado: 8 aulas de 50 minutos cada.

Material: Slides, pincel, apagador, laboratório de informática.

Descrição:

- Inicie a aula lembrando brevemente o encontro anterior, onde os alunos responderam ao Questionário Inicial (QI).
- Retome as concepções alternativas mais comuns identificadas nos questionários. Isso servirá como ponto de partida para a exploração prática dos conceitos.
- Ministre as 6 primeiras aulas usando os Slides disponíveis no *link* do apêndice F, procure desenvolver as aulas de modo que eles recordem sempre das práticas experimentais (Jogo RGB e visualização da moeda).
- Modifique os slides da forma que se adequem a realidade das concepções alternativas identificadas através do QI.
- Promova uma compreensão mais precisa e científica desses conceitos por meio de aulas interativas.
- Após as aulas de introdução ao conteúdo, leve os alunos para o laboratório de informática e diga para eles abrirem o site *Lucidchart*.
- Oriente-os a produzirem os mapas conceituais como resumo das aulas ministradas.
- Monitore os participantes para que eles introduzam informações apenas do que

aprenderam com as aulas ou pelo que foi anotado por eles durante as aulas. Isso permitirá que os mapas se tornem ferramentas de monitoramento da aprendizagem.

3º ESTÁGIO – SIMULAÇÃO VIRTUAL

Tema: Atividade com o simulador: Desvio da luz.

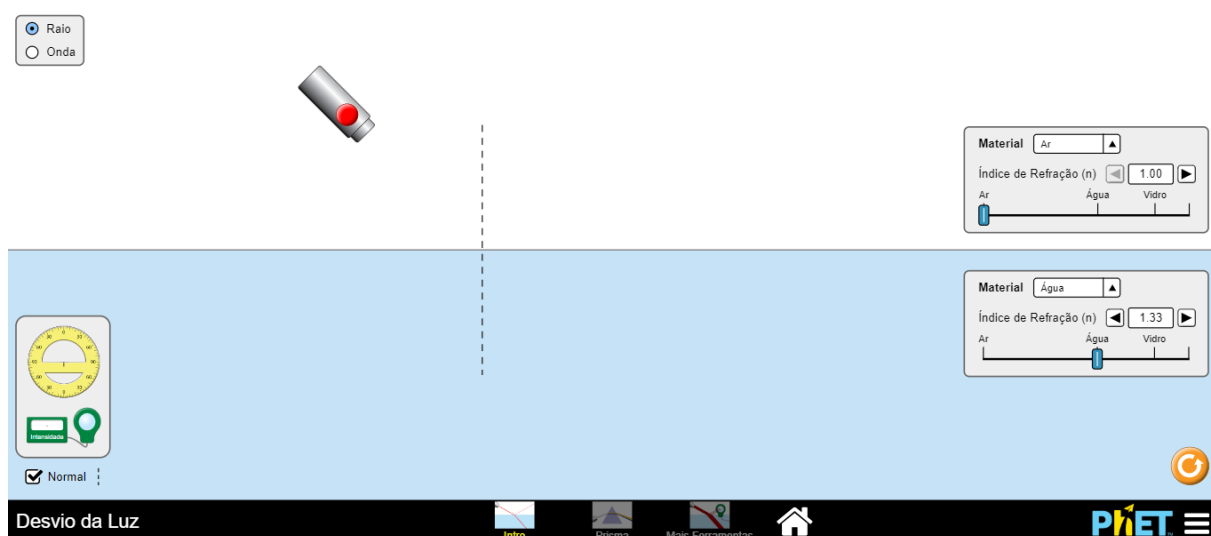
Objetivos:

- Atingir aprendizagem significativa através de simuladores virtuais.
- Observar o desenvolvimento dos alunos em relação a reflexão e refração da luz.

Descrição:

- Leve os alunos para o laboratório de informática, entregue a eles o roteiro e peça que sigam as instruções acessando o site *Phet Simulations* descrito no roteiro. Em seguida, procurar o simulador virtual “Desvio da Luz”, mostrado na figura 4.

Figura 4 – Simulador virtual: Desvio da luz.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_all.html?locale=pt_BR

- Oriente os alunos para que sigam as regras e respondam as perguntas que estão no roteiro.
- Procure deixar os alunos livres, afim de que eles mesmos descubram as funcionalidades do simulador de acordo com as perguntas.

Período estimado: 2 aulas de 50 minutos cada.

4º ESTÁGIO – QUESTIONÁRIO FINAL

Tema: Aplicação do questionário final

Objetivos:

- Aplicar o questionário final para obtenção dos dados sobre as possíveis concepções alternativas ainda existentes.

Descrição:

Antes de iniciar a aula, crie um grupo no whatsapp para enviar o link do questionário final pelo *Google* formulários.

Leve os alunos para o laboratório de informática, oriente eles a entrarem nos seus *gmail*, em seguida peça que eles acessem o link pelo whatsapp no computador.

Peça que eles respondam o questionário lembrando de tudo que foi trabalhando ao longo da sequência didática.

Período estimado: 1 aulas de 50 minutos.

REFERÊNCIAS

ALISON, Rosane Brum; LEITE, A. E. Possibilidades e dificuldades do uso da experimentação no ensino da física. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor-Caderno PDE (Versão online), v. 1, p. 1-29, 2016.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de ensino de física, v. 25, p. 176-194, 200.

HERNANDES, Claudio Luiz. Atividades Experimentais no ensino da Física Moderna e a prática pedagógica de professores. Santa Maria/BRA: Programa de Pós-Graduação em Educação, Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria. (Dissertação de Mestrado), 2002.






MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA, Cibelle Celestino. As pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, p. 4202-1-4202-32, 2015.

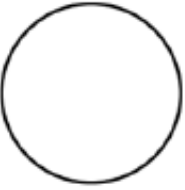
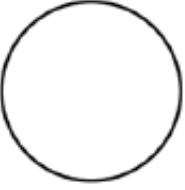
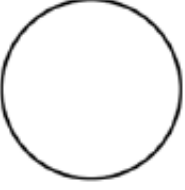
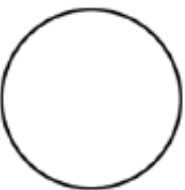
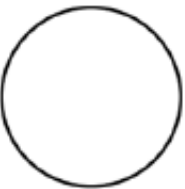
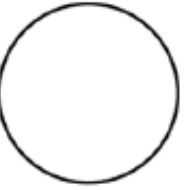
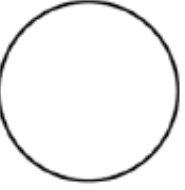
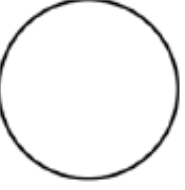
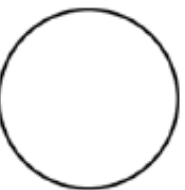
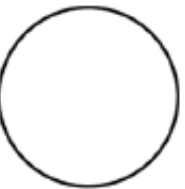
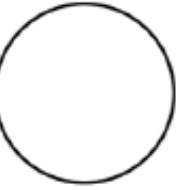
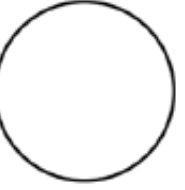
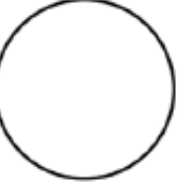
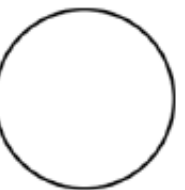
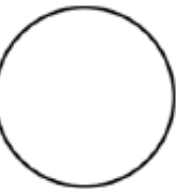
SILVA, José Nonailton Alves et al. A experimentação como ferramenta motivacional no ensino de física. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 12, p. 102473-102485, 2020.

APÊNDICE B - GABARITO DO JOGO RGB

GABARITO DO JOGO RGB

LUZ

1  2  3  4  5 

	1	2	3	4	5
VERMELHO					
VERDE					
AZUL					

Qual o número da tinta preta verdadeira? _____

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO INICIAL

QUESTIONÁRIO: LUZ E CORES

ISAÍAS NASCIMENTO SILVA

INSTRUÇÕES:

Responda este questionário de acordo com as suas concepções, ou seja sua visão de mundo.

Todas as respostas farão parte de uma pesquisa de mestrado do professor, portanto responda com bastante atenção.



Dois amigos, Pedro e João foram a uma festa em uma casa de shows e estavam com camisas nas cores **verde e branca**, respectivamente. Ao entrarem no local, notam que o ambiente está bem escuro, com apenas algumas fontes de **luz na cor azul**. No momento que Pedro olha para a camisa de João, logo se assusta

- João, sua camisa mudou de cor, ela esta **azul**.

E João ao olhar para sua camisa fica impressionado e logo percebe que a camisa de Pedro também aparentemente mudou de cor.

- Nossa Pedro, a sua camisa também mudou de cor, ela ficou **preta**.

Ambos ficaram se perguntando qual a explicação para isso?.

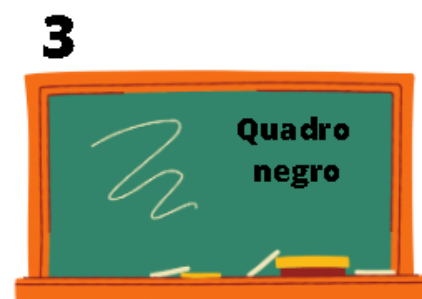
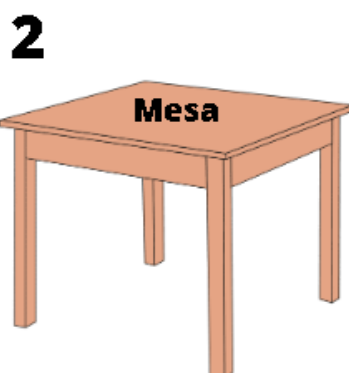


01. Na situação acima, Pedro tem a percepção de ver a camisa de João na cor azul, mesmo sabendo que a camisa possui cor branca. Explique com suas palavras, como Pedro pode ter essa percepção?

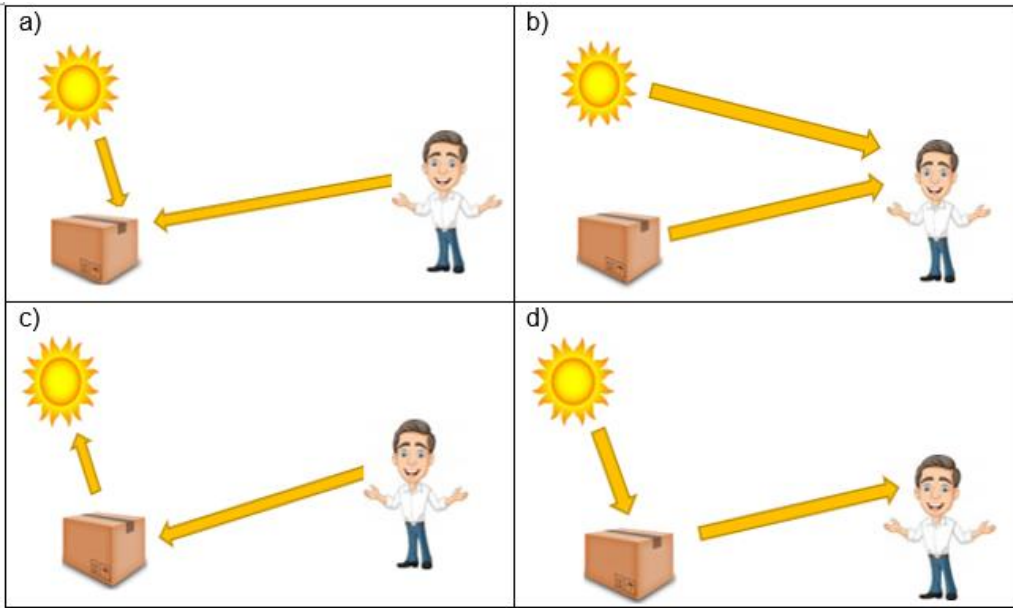
-
-
02. João também ao olhar para a camisa de Pedro teve a percepção de ver a camisa com a cor preta, mesmo sabendo que a camisa possui a cor verde. Na sua concepção a João enxerga a camisa de outra cor, pelo mesmo motivo que Pedro viu a cor Azul na camisa de João? Justifique.

03. Estabeleça uma relação entre o fenômeno da história acima com o fenômeno que você observou no jogo RGB.

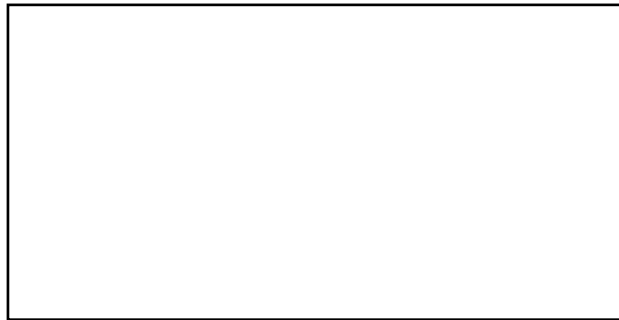
04. Circule o(s) número(s) referente(s) ao(s) objeto(s) abaixo com a capacidade de refletir a luz?



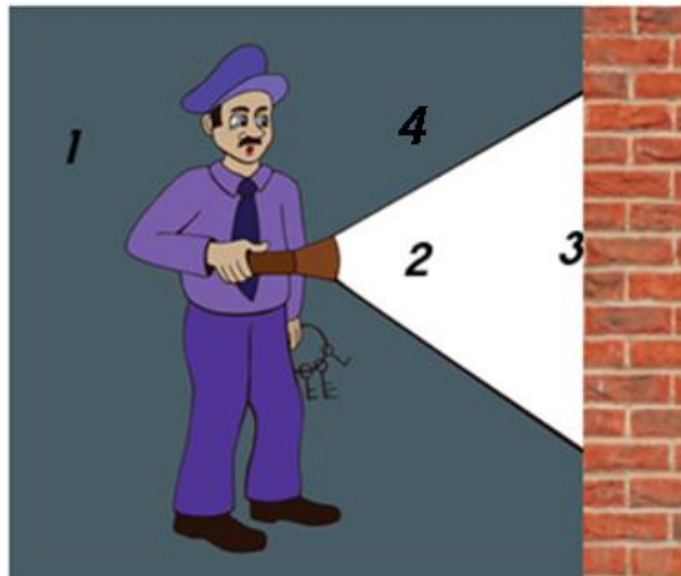
05. De acordo com as imagens abaixo marque a alternativa que melhor representa o **caminho da luz** para que o homem enxergue a caixa? Caso nenhuma das alternativas represente a sua concepção, desenhe no quadro branco abaixo como você imagina.



Fonte: autoria própria, baseada na apostila: concepções alternativas em óptica (2007)



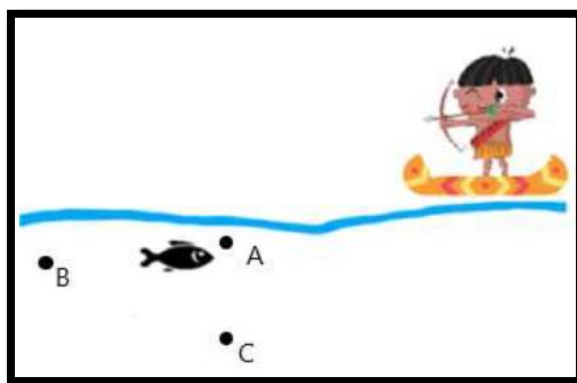
06. Imagine que um guarda policial está segurando a lanterna e você está olhando para o guarda nesta posição de acordo com a ilustração abaixo. Circule os números na imagem, que de acordo com a sua concepção, há a presença de luminosidade da luz da lanterna?



07. De acordo o experimento da moeda no fundo do copo, analisando pelo sua concepção, como é possível ver a moeda no fundo do copo apenas inserindo água?

08. Suponha a seguinte situação: Um índio está pescando com arco e flecha, de dentro do seu barco ele ver um peixe próximo a superfície da água, como podemos ver na imagem abaixo. Determine qual o melhor ponto o índio pescador deve apontar sua flecha para pegar o peixe? Caso tenha outra concepção de onde ele deve atirar a flecha, marque com um X o lugar na imagem.

- a) A
b) B
c) C
d) Nenhum desses pontos.



APÊNDICE D - ROTEIRO PARA O SIMULADOR DESVIO DA LUZ



ROTEIRO PARA ATIVIDADE COM SIMULADOR: DESVIO DA LUZ

Nome: _____,

Série/ turma _____

ROTEIRO PARA SIMULADOR: DESVIO DA LUZ

1. Acesse o simulador entrando no site PHET SIMULAÇÕES, procure a aba FÍSICA e escolha o simulador Desvio da Luz, ou acesse através do link: https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_all.html?locale=pt_BR.
2. Na tela inicial do simulador escolha a opção: INTRO, em seguida aperte o botão vermelho do Laser e observe o que acontece.
3. Leia atentamente as perguntas que estão inseridas no roteiro.

Pergunta 1:

De acordo com o que você está observando neste simulador, qual ou quais dos fenômenos ópticos visto em sala (Absorção, Reflexão, Refração) ele aborda em prioridade? Justifique porque você escolheu essa resposta.

Pergunta 2:

O simulador contém uma linha tracejada vertical, qual o nome e a função dessa linha?

Pergunta 3:

Na parte direita da tela encontra-se uma seletor de índice de refração, referente ao meio ao qual deseja-se que a luz do laser se propague. O que representa o índice de refração no estudo do fenômeno da refração da luz?

Pergunta 4:

Utilizando o seletor do índice de refração inferior, selecione a opção “Mistério A” em seguida, de acordo com seus conhecimentos, descreva o procedimento para encontrar o índice de refração deste meio, elencando as ferramentas, presentes no simulador, necessárias para esta tarefa? (use os conhecimentos da aula anterior).

Pergunta 5:

Encontre o valor do índice de refração do meio "Mistério A" usando o método descrito na questão anterior?

Pergunta 6:

O que você achou desta atividade? comente o que você pode aprender com ela.

APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO FINAL

QUESTIONÁRIO 2: LUZ E CORES - PROF.: ISAÍAS DO NASCIMENTO SILVA

INSTRUÇÕES

* TODAS AS RESPOSTAS FARÃO PARTE DA PESQUISA DE MESTRADO DO PROFESSOR, POR ISSO RESPOSTA COM ATENÇÃO.

* DURANTE A REALIZAÇÃO DO QUESTIONÁRIO SERÁ NECESSÁRIO PREENCHIMENTO DO CABEÇALHO COM E-MAIL E NOME COMPLETO.

* AO FINAL DO FORMULÁRIO HAVERÁ UM ÍCONE "ENVIAR" QUE DEVE SER CLICADO SOMENTE QUANDO TODAS AS QUESTÕES ESTIVEREM RESPONDIDAS

* SÓ SERÁ ACEITO UM ENVIO POR ALUNO!

01. Ao olhar para um objeto (que não é uma fonte luminosa), em um ambiente iluminado pela luz branca, e constatar que ele apresenta a cor amarela, é correto afirmar que:

Marcar apenas uma oval.

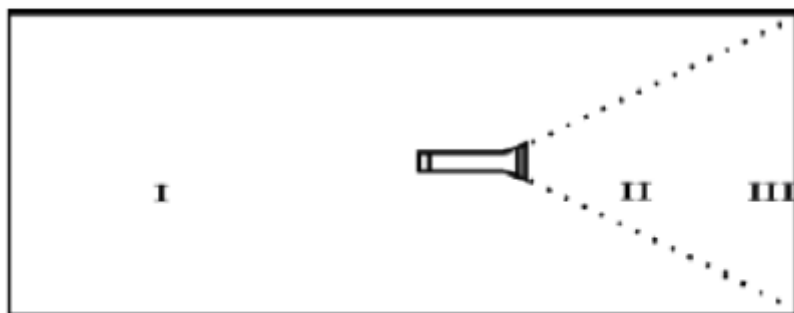
- O objeto absorve a luz cuja a cor corresponde ao amarelo.
- O objeto refrata a luz cuja a cor corresponde ao amarelo.
- O objeto difrata a luz cuja a cor corresponde ao amarelo.
- O objeto reflete a luz cuja a cor corresponde ao amarelo.

02. Uma almofada listrada nas cores vermelha e branca é colocada em uma sala que possui uma lâmpada que emite luz azul. De acordo com essa situação, as listras vermelhas e brancas são vistas, respectivamente nas cores?

Marcar apenas uma oval.

- brancas e pretas
- azuis e pretas
- azuis e brancas
- pretas e azuis

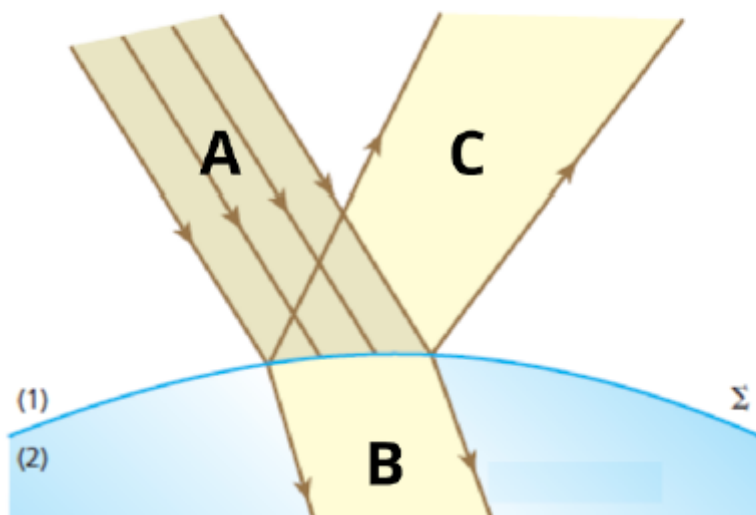
03. A figura abaixo ilustra uma situação em que uma lanterna incide luz sobre uma parede conforme especificado a seguir e três regiões especificadas pelos números I, II, III também são indicadas na figura. De acordo com as situações a seguir, responda:



Marque todas que se aplicam.

	I	II	III
a) Se a luz da lanterna for amarela e a parede for azul, quais regiões serão iluminadas, quais regiões são iluminadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Se a luz da lanterna for amarela e a parede for amarela, quais regiões serão iluminadas, , quais regiões são iluminadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Se a luz da lanterna for branca e a parede for branca, quais regiões serão iluminadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

04. A imagem abaixo retrata a situação dos raios de luz durante os fenômenos de reflexão e refração da luz. De acordo com seus conhecimentos, determine a sequência correta para cada tipo de raio de luz:

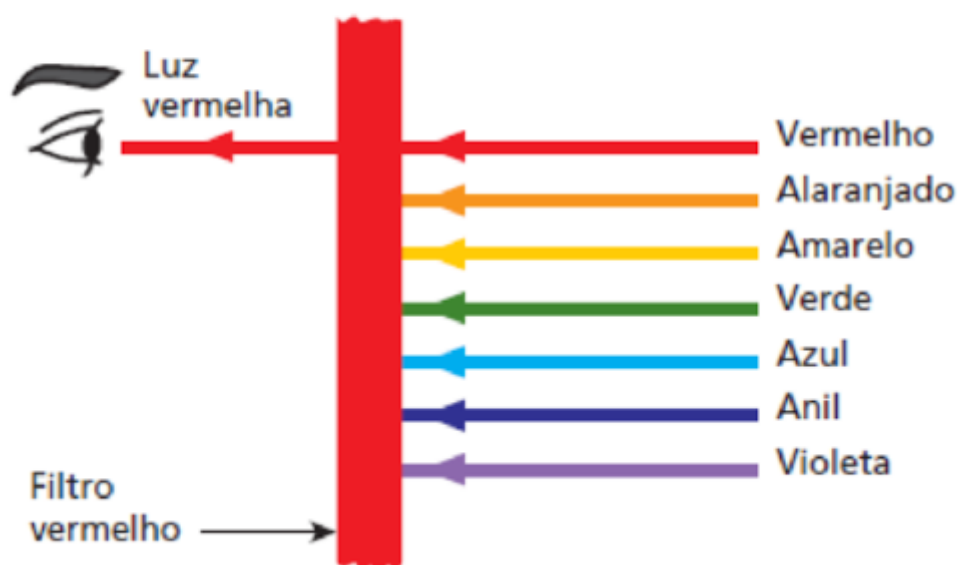


Marcar apenas uma oval.

- a) A - raio refletido; B - raio refratado; C - raio incidente
- b) A - raio incidente; B - raio refletido; C - raio refratado
- c) A - raio projetado; B - raio desviado; C - raio retornado
- d) A - raio incidente; B - raio refratado; C - raio refletido

05. Na imagem abaixo podemos observar que apenas a luz vermelha atravessa a superfície. A explicação mais adequada para esse fenômeno é?

* 10 pontos



Marcar apenas uma oval.

- Devido a refração da luz que faz com que as demais luzes são desviadas e apenas a vermelha atravessa
- Devido a absorção da luz feita pelo filtro que permite apenas a luz vermelha ser transmitida
- Devido a reflexão da luz que acontece em todas as luzes menos na luz vermelha
- Devido absorção da luz que ocorre apenas para a luz vermelha

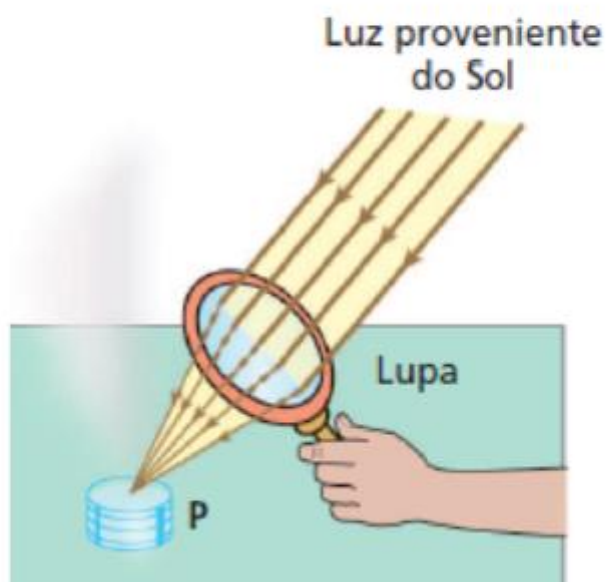
06. Uma mulher observa o motorista pelo retrovisor do carro, ao mesmo tempo, ele também a observa, isso acontece pois:



Marcar apenas uma oval.

- Pelo princípio da reversibilidade da luz, pois a luz refletida em um corpo, faz o mesmo trajeto no sentido contrário.
- O raio de luz sai dos olhos da mulher e chega até o homem
- Na verdade apenas o homem pode enxergar a mulher, pois ele está no banco da frente
- Na verdade apenas a mulher pode enxergar o homem, pois ela encontra-se atrás dele.

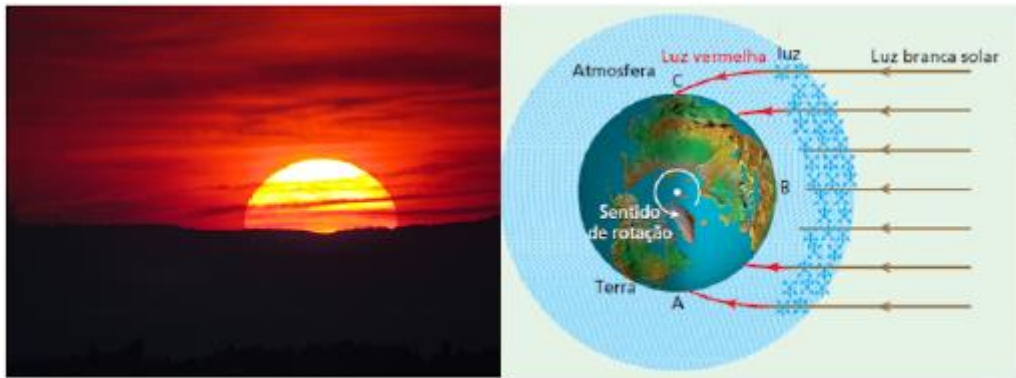
07. De acordo com os tipos de propagação da luz, qual a classificação está sendo representada pela imagem abaixo?



Marcar apenas uma oval.

- Divergente
- Convergente
- Paralela
- curvilínea

08. O céu do meio-dia é azul, enquanto o céu do amanhecer e do anoitecer é * 10 pontos
avermelhado. podemos observar pelas imagens abaixo a trajetória da luz ao
entrar na atmosfera terrestre, qual a melhor explicação e qual o fenômeno
está em maior evidência para que isso ocorra?



Marcar apenas uma oval.

- Os raios de luz são desviados por conta da reflexão da luz após a mudança de meio.
- Por causa da refração da luz que absorve os raios na camada atmosférica
- Por causa da refração da luz branca do sol, que desvia os raios de luz, ao mudar de meio quando entram na atmosfera terrestre
- A refração da luz faz com que os raios sejam refletidos na camada atmosférica

09. A bandeira do Brasil esquematizada na figura é confeccionada em tecidos * 10 pontos
puramente pigmentados. Estando estendida sobre uma mesa no interior de
uma sala absolutamente escura, a bandeira é iluminada por luz
monocromática VERDE. Qual a cor de cada região numerada da bandeira?



Marcar apenas uma oval.

1-VERDE; 2- PRETO; 3- PRETO; 4- PRETO

1-VERDE; 2- PRETO; 3- PRETO; 4- VERDE

1-VERDE; 2- VERDE; 3- PRETO; 4- VERDE

1-PRETO; 2- PRETO; 3- PRETO; 4- VERDE

APÊNDICE F - SLIDES DAS AULAS SOBRE ABSORÇÃO, REFLEXÃO E REFRAÇÃO.

https://www.canva.com/design/DAFOhNSgtAU/8-WmH3gGF5UE8N9WJ4NP7g/view?utm_content=DAFOhNSgtAU&utm_campaign=designshare&utm_medium=link&utm_source=publishsharelink