

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NATURAIS**

**FERRAMENTAS DIDÁTICAS NO ENSINO DE ÓPTICA: UMA
PESQUISA APLICADA COM EDUCANDOS DO TERCEIRO
ANO DO ENSINO MÉDIO DE RIO BRANCO-MT**

ALZIRA SILVA MOREIRA

**PROF. DR. FREDERICO AYRES DE OLIVEIRA NETO
ORIENTADOR**

**Cuiabá, MT
2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
NATURAIS**

**FERRAMENTAS DIDÁTICAS NO ENSINO DE ÓPTICA: UMA
PESQUISA APLICADA COM EDUCANDOS DO TERCEIRO
ANO DO ENSINO MÉDIO DE RIO BRANCO-MT**

ALZIRA SILVA MOREIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais da Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Naturais.

**PROF. DR. FREDERICO AYRES DE OLIVEIRA NETO
ORIENTADOR**

**Cuiabá, MT
2020**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "Ferramentas didáticas no Ensino de Óptica: uma pesquisa aplicada com os educandos do terceiro ano do ensino médio de Rio Branco-MT".

AUTORA: Mestranda Alzira Silva Moreira

Dissertação defendida e aprovada em **30/03/2020**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

Presidente da Banca / Orientador Doutor **Frederico Ayres de Oliveira Neto**
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Interno Doutor **Miguel Jorge Neto**
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Externo Doutora **Andréia Fernandes da Silva**
Instituição : Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT

CUIABÁ, 30/03/2020



Documento assinado eletronicamente por **FREDERICO AYRES DE OLIVEIRA NETO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 30/03/2020, às 16:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **MIGUEL JORGE NETO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 30/03/2020, às 16:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andréia Fernandes da Silva, Usuário Externo**, em 30/03/2020, às 16:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2349791** e o código CRC **1152726C**.

Referência: Processo nº 23108.009596/2020-62

SEI nº 2349791

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M838f Moreira, Alzira Silva.
Ferramentas didáticas no Ensino de Óptica: uma pesquisa aplicada com educandos do terceiro ano do ensino médio de Rio Branco-MT / Alzira Silva Moreira. – 2020
115 f. ; 30 cm.

Orientador: Frederico Ayres de Oliveira Neto.
Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências Naturais, Cuiabá, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Aprendizagem Significativa. 2. Gamificação. 3. Experimentação. 4. Ensino de Física. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

DEDICATÓRIA

À minha família por seu amor
incondicional e incentivo durante essa
jornada.

AGRADECIMENTOS

À Deus, seu amor, proteção e por me dar mais do que sonhei!

Ao Professor Doutor Frederico Ayres de Oliveira Neto, meu orientador, por sua ajuda e dedicação durante a caminhada, pelos ensinamentos, por seu empenho. Obrigada por ajudar a tornar o tudo uma realidade!

Aos professores: Doutora Andréia Fernandes da Silva e Doutor Miguel Jorge Neto, pela disposição em participar da banca e pelas contribuições para a construção do trabalho.

À Professora Doutora Andréia Fernandes da Silva (não errei, repeti intencionalmente rsrs) por suas contribuições, não somente durante a banca, mas desde a carta de recomendação até o final dessa jornada. Lembro-me ainda de quando era sua professora, das folhas de resolução de atividades dobradas ao meio e sempre listas afrente da turma, tinha orgulho de você naquela época e hoje tenho orgulho por esse ser humano maravilhoso que é e dividir comigo a realização desta etapa.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais, por todos as contribuições na jornada durante as aulas e pelos ricos momentos partilhados.

Aos meus colegas de turma: Ana Paula, Andreia, Andreza, Douglas, Flávia, Handerson, Jéssica, Josefa, Karina, Mirele e Silvane. Que são pessoas especiais que Deus me presenteou com a companhia e parceria tanto nas horas "sérias", quanto nos momentos de bobearias, a amizade de vocês tornou a jornada mais fácil.

À UNEMAT campus Tangará Serra –MT, por disponibilizar os Kits didáticos adquiridos com recursos da FAPEMAT para o projeto "Rede Terra como Princípio educativo".

Aos Educandos do terceiro ano do ensino média noturno da escola "Rangel Torres" por suas colaborações no desenvolvimento da pesquisa.

À Equipe Gestora da Escola Estadual Deputado Francisco Eduardo Francisco Rangel Torres, do ano letivo de 2019, por possibilitar, facilitar e promover a execução da pesquisa.

Aos amigos da Escola "Rangel Torres" em especial a professora e amiga Lucinéia que despertou eu mim um sonho há tempos adormecido. E aos demais colegas sempre prontos a ajudar e incentivar.

Aos amigos Carolina, João Paulo e Kelvin que me acolheram com tanto carinho em seu lar durante esse trajeto.

À minha psicóloga Katiane Fernandes por me ajudar a conviver e dominar "meus monstros" me fazendo persistir sempre!

Às minhas amigas de profissão, Pollyanna, Franciléia e Maria Aparecida pelas dicas de escrita.

Aos amigos e irmão de fé da igreja Adventista do Sétimo Dia de Rio Branco – MT, pelo apoio e orações.

À minha mãe por me incentivar, me fazer sentir amada e amparada nos momentos de fragilidade.

Ao meu amado esposo Pedro, por seu amor, cuidado, dedicação e incentivo. Por ficar esperando o ônibus comigo todos domingos, por deixar a casa limpa e arrumada para que eu pudesse bagunçá-la nas quartas-feiras quando retornava para casa, por sempre me acolher em seus braços e me dar alento nos momentos difíceis.

Aos meus genros Weder e Ijean, pela força durante essa jornada e por fazerem minhas filhas felizes.

Às minhas filhas Karine e Giselle, por serem as pessoas maravilhosa que são, tornar minha vida mais alegre e serem minhas “parceiras no crime, rs”.

Aos meus netos amados Daniel e Lucca, que apesar de pequenos sempre me deram forças para prosseguir, por fazerem todas as sextas feiras animadas: dia de “mimir” na vovó, pelos deliciosos abraços, amo vocês!

SUMÁRIO

ABSTRACT	17
1. INTRODUÇÃO	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 Teoria de aprendizagem significativa (TAS).....	21
2.2 Experimentação.....	24
2.2.1. Contribuições das atividades experimentais no ensino de ciências.....	24
2.2.2. Principais abordagens das atividades experimentais.....	25
2.4. Conceitos da Física.....	31
2.4.1 Luz: Comportamento e princípios.....	31
2.4.2 Reflexão da Luz.....	32
2.4.3 Princípio da interdependência da luz	34
2.4.4 Espelho Plano.....	34
2.4.5 Espelhos Esféricos	35
2.4.5.1 Reflexão da luz em espelhos esféricos	35
2.4.6 Refração da luz	37
2.4.7. Leis da refração.....	38
2.4.8. Reflexão total.....	39
2.4.9. Lentes.....	40
2.4.9.1. Formação de Imagens.....	41
2.4.10 Prismas ópticos.....	41
2.4.11 Pigmento e Cores	42
2.4.12 Olho humano	44
2.4.13Caráter dual da luz	48
3. MATERIAS E MÉTODOS	51
3.1 Objeto de análise.....	51
3.2 Validação do questionário da experimentação.....	52
3.3Fase 1: Aplicação de questionário de entrada.....	52
3.4Fase 2: Realização das aulas experimentais.....	53
3.4.1 Disco de Newton.....	58
3.4.2 Câmara Escura	59
3.4.3 Periscópio.....	60
3.4.4 Dispersão em um prisma.....	61
3.4.5 Associação de espelhos planos	62
3.4.6 “Curvando” a luz e reflexão total em um tubo de ensaio.....	62
3.4.7 Fogo que não queima.....	63

3.4.8	Imagens infinitas em espelhos planos e paralelos.....	64
3.4.9	Garrafa invisível e caneta quebrada	65
3.4.10	Lâminas de faces paralelas.....	65
3.4.11	Cor dos objetos iluminados e a soma das cores primárias.....	66
3.4.12	Imagens 3D.....	67
3.4.13	Caleidoscópio.....	67
3.4.14	Holograma de celular	68
3.4.15	Ilusão de óptica.....	69
3.4.16	Reflexão de um feixe de luz: o espelho côncavo e o espelho convexo.....	70
3.4.17	Dissecação do olho bovino.....	71
3.4.18	A independência do raio de luz.....	72
3.5	Fase 3: Aplicação do questionário de saída	72
3.6	Fase 4: Aplicação de um procedimento lúdico	72
3.7	Fase 5: Avaliação geral	74
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	75
4.1	Composição e decomposição da luz	75
4.1.1	Dispersão da luz.....	76
4.1.2	Refração e dispersão da luz.....	77
4.1.3.	Sistema Aditivo de cores no padrão RGB.....	79
4.2	Reflexão da luz	81
4.2.1	Leis da reflexão da luz	81
4.2.2	Espelhos esféricos.....	83
4.2.3	Reflexão total da luz	84
4.3.	Refração da Luz.....	85
4.3.1	Refração da luz ao atravessar a atmosfera.....	85
4.3.2.	Refração da luz em meios diversos.....	85
4.4.	Ilusão de Óptica	87
4.5.	Interferência da natureza da luz.....	90
4.5.1	Comportamento dual a luz.....	91
4.5.2	Interferência	92
4.6	Jogo didático	94
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
7.	ANEXOS	110
7.1	ANEXO I	110
7.2	ANEXO II.....	113
7.3	ANEXO III.....	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática dos elementos de games interconectados	30
Figura 2 - Espectro das ondas eletromagnéticas.	31
Figura 3 - Representação da reflexão da luz.	32
Figura 4 - Reflexão regular da luz.....	32
Figura 5 - Reflexão difusa da luz	33
Figura 6 - Leis da reflexão.	33
Figura 7 - Representação da trajetória da luz.....	34
Figura 8 - Representação da reflexão em um espelho plano.....	34
Figura 9 - Corte representando calotas esféricas em formatos côncavo e convexo.	35
Figura 10 - Reflexão da luz no espelho esférico.	35
Figura 11 - Representação do espelho côncavo.	36
Figura 12 - Foco do espelho convexo.	37
Figura 13 - Elementos presentes na refração da luz.....	37
Figura 14 - Modelo geométrico de refração.....	39
Figura 15 - Dióptro plano.....	40
Figura 16 - Representação da reflexão total da luz.	40
Figura 17 - Representação da reflexão total da luz na mistura de água e óleo.....	40
Figura 18 - Tipos de lentes.....	40
Figura 19 - Prisma óptico.....	42
Figura 20 - Resultado da adição de cores primárias.....	43
Figura 21 - Método de adição e subtrativos da cor	44
Figura 22 - Componentes do olho humano.	44
Figura 23 - Estruturas para formação da imagem em um olho.	45
Figura 24 - Míope	46
Figura 25 - Hipermetrope.....	46
Figura 26 - Astigmatismo.....	47
Figura 27 - Presbiopia.	47
Figura 28 - Experimento dupla fenda de Young.	50
Figura 29 - Localização do município de Rio Branco/MT	52
Figura 30 - Local onde foi realizada a pesquisa.....	52
Figura 31 - Simulador de Física.	57
Figura 32 - Simulador de Física	57
Figura 33 - Componentes do kit 1.....	57
Figura 34 - Componentes do kit 2.....	58
Figura 35 - Esquema de confecção do Disco de Newton.....	59
Figura 36 - Disco Newton confeccionado.....	59
Figura 37 - Câmara Escura (visão lateral).....	60
Figura 38 - Câmara Escura (visão frontal).....	60
Figura 39 - Visão estrutural para confecção do Periscópio.....	60
Figura 40 - Prisma.....	61
Figura 41 - Decomposição da luz num prisma.....	61
Figura 42 - Dois espelhos associados formando um ângulo de 90°	62
Figura 43 - Dois espelhos associados formando um ângulo 72°	62
Figura 44 - “Curvando” o raio de luz.....	63
Figura 45 - Reflexão total da luz em um tubo de ensaio.....	63
Figura 46 - Apresentação do fogo que não queima.....	64
Figura 47 - Imagem conjugada em um espelho associado paralelamente a outro espelho.	64

Figura 48 - Apresentação da Garrafa invisível.....	65
Figura 49 - Caneta Quebrada.	65
Figura 50 - Refração dupla em uma lâmina de faces paralelas.	66
Figura 51 - Esquema da soma das cores primárias	66
Figura 52 - Óculo e figura 3D.	67
Figura 53 - Caleidoscópio visão externa.....	68
Figura 54 - Caleidoscópio visão interna.....	68
Figura 55 - Projeção do holograma.	69
Figura 56 - Cartões para trabalhar a ilusão	69
Figura 57 - Cartões para trabalhar a ilusão.	70
Figura 58 - Projeção de um feixe de luz no espelho côncavo	70
Figura 59 - Projeção de um feixe de luz no espelho convexo.....	70
Figura 60 - Início da dissecação do olho de boi.....	71
Figura 61 - Olho de boi dissecado.....	71
Figura 62 - Trajetória de duas fontes de luz.....	72
Figura 63 - Frequências das respostas à questão 1.....	76
Figura 64 - Frequências das respostas à questão 3.....	78
Figura 65 - Frequências das respostas à questão 10.....	79
Figura 66 - Frequências das respostas à questão 2.....	82
Figura 67: Frequências das respostas à questão 5.....	83
Figura 68 - Frequências das respostas à questão 6.....	84
Figura 69 - Frequências das respostas à questão 4.....	86
Figura 70 - Simulação da mudança de meio da luz (do ar para água).	87
Figura 71 - Dupla refração da luz em um prisma.....	87
Figura 72 - Frequências das respostas à questão 7.....	88
Figura 73 - Representação da correção de defeitos na visão.....	90
Figura 74 - Demonstração propagação de uma onda ao atravessar uma fenda.....	91
Figura 75 - Demonstração propagação de uma onda ao atravessar duas fendas.....	91
Figura 76 - Frequências das respostas à questão 8.....	92
Figura 77 - Frequências das respostas à questão 9.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Representações da Teoria de Aprendizagem Significativa.....	22
Quadro 2 - Características da Teoria da Aprendizagem Significativa	22
Quadro 3 - Classificação de Aprendizagens Significativas	23
Quadro 4 - Ferramentas para a experimentação em sala de aula.....	25
Quadro 5 - Categorização das abordagens em formato de experimentação escolar.....	26
Quadro 6 – Comparação entre abordagens para atividades experimentais (Continua).....	27
Quadro 7 - Jogos educativos na construção do saber.....	29
Quadro 8 - Padrões de estruturas básicas dos jogos educativos.....	30
Quadro 9 - Contextos da organização da óptica	31
Quadro 10 - Características das lentes.....	41
Quadro 11 - Imagem conjugada em lentes esféricas.....	41
Quadro 12 - Estrutura para as respostas das análises experimentais.....	53
Quadro 13 – Cronograma 01 de aplicação da pesquisa.....	54
Quadro 14 - Cronograma 02 de aplicação da pesquisa.....	55
Quadro 15 - Cronograma 03 de aplicação da pesquisa.....	55
Quadro 16 - Cronograma 04 de aplicação da pesquisa.....	56
Quadro 17 - Cronograma 05 de aplicação da pesquisa.....	56
Quadro 18 - Soma das cores primárias.....	67
Quadro 19 - Cartas do jogo.....	73
Quadro 20 – Questões sobre os conceitos relacionados à composição e à decomposição da luz.....	76
Quadro 21 - Questionamentos sobre a reflexão da luz	81
Quadro 22 - Questões sobre a refração da luz.....	85
Quadro 23 - Questão sobre ilusão de óptica.....	88
Quadro 24 - Questão sobre interferência e natureza da luz.....	91
Quadro 25 – Questão 01: Você acredita que o jogo contribuiu para a sua aprendizagem?	94
Quadro 26 - Questão 02: O que você mais gostou no jogo? E o que você menos gostou?	95
Quadro 27 - Questão 03: Que sugestão você daria para melhorar o jogo?	96
Quadro 28 - Questão 04: Que tipo de aulas de Física você mais gosta? E qual você menos gosta?	97
Quadro 29 – Questão 5: O que a óptica estuda?	98
Quadro 30 - Questão 06: O que é refração da luz?	98
Quadro 31 – Questão 07: Cite três tipos de espelhos.....	99
Quadro 32 – Questão 8: Afinal, a luz é uma onda ou partícula?	100
Quadro 33 – Questão 09: Considere dois corpos A e B, constituídos de pigmentos puros. Exposto à luz branca, o corpo A se mostra da cor vermelha e o corpo B se apresenta da cor branca. Se levarmos A e B a um quarto escuro e iluminarmos com luz azul, com que cor se apresenta? .	101
Quadro 34 - Questão 10: É possível em um dia de sol, acender um palito de fósforo com um espelho esférico? Explique.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frequências das respostas à questão 1.....	76
Tabela 2 - Frequências das respostas à questão 3.....	77
Tabela 3 - Frequências das respostas à questão 10.....	79
Tabela 4 - Frequências de respostas à questão 2.....	82
Tabela 5 - Frequências das respostas à questão 5.....	83
Tabela 6 - Frequências das respostas à questão 6.....	84
Tabela 7 - Frequências das respostas à questão 4.....	86
Tabela 8 - Frequências das respostas à questão 7.....	88
Tabela 9 - Frequências das respostas à questão 8.....	92
Tabela 10 - Frequências das respostas à questão 9.....	93

LISTA DE SIGLAS

PhET – *Physics Education Technology*

RGB – *Red, Green and Blue.*

TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa.

UNEMAT – Universidade Estadual de Mato Grosso.

CMY - *Cyan, Magenta e Yellow.*

RESUMO

MOREIRA, A. S. **Ferramentas didáticas no Ensino de Óptica: uma pesquisa aplicada com educandos do terceiro ano do ensino médio de Rio Branco-MT.** Orientador: Frederico Ayres de Oliveira Neto. Cuiabá, 2020. 116 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Universidade Federal de Mato Grosso.

Este trabalho apresenta os resultados de aplicação de uma pesquisa com os educandos do terceiro ano do ensino médio de uma escola estadual do município de Rio Branco-MT. Assim, para a execução deste trabalho, foi utilizado um recurso didático com 20 atividades distintas sendo uma delas o jogo didático. Com objetivo de responder se esses recursos contribuem ou não para o processo de ensino e aprendizagem, tendo a abordagem teórica como Aprendizagem Significativa em Física, centrada no trabalho experimental na área de Óptica Geométrica e Óptica Física. A pergunta norteadora das atividades e ações descritas nesse trabalho foi: *como utilizar ferramentas didáticas no ensino de óptica?* Para tanto, foi utilizada a abordagem qualitativa, para o desenvolvimento das análises dos resultados de questionários de entrada e a um de saída, feitos pelos educandos, e também de observações durante as aulas. Além dos outros 19 tipos de recursos didáticos houve a aplicação de um jogo pedagógico, como ferramenta de recapitulação dos conceitos trabalhados, uma vez que o conteúdo trabalhado em sala, durante esta pesquisa, se refere ao conteúdo do ano anterior (segundo ano do ensino médio regular). Dentre os objetivos da pesquisa, destaca-se o de promover a interação e integração entre os educandos, a motivação e o espírito de competição. Observou-se que a motivação dos educandos para participar das atividades tornou a proposta mais significativa pela realização das aulas fora do cotidiano tradicional. As atividades práticas forneceram subsídios ao professor e aos educandos, o que despertou o interesse em buscar, interagir, refletir, argumentar, raciocinar, expressar suas ideias, e o desenvolvimento motivacional para aprender, bem como o interesse pela temática estudada.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa; Gamificação, Experimentação; Ensino de Física.

ABSTRACT

MOREIRA, A. S. **Didactic tools in Optics Teaching: a research applied in students of high school third grade in Rio Branco-MT.** Advisor: Frederico Ayres de Oliveira Neto. Cuiabá, 2020. 116 p. Dissertation (Master's) - Postgraduate Program in Natural Sciences Teaching, Federal University of Mato Grosso

This work presents the results of a research applied in students of the high school third grade in a state school in Rio Branco-MT. Thus, for the execution of this work, a didactic resource with 20 different activities was used, one being the didactic game and the objective was to answer whether these resources contribute or not to the teaching and learning process, taking the theoretical approach as Meaningful Learning in Physics, focused on Experimental Work in the field of Geometric Optics and Physical Optics.

For this purpose, the qualitative approach was used, in order to detail the collections of information through questionnaires of entry and exit and observation during classes, as a parameter of comparison and analysis to obtain results. In addition to the nineteen teaching resources, there was the application of the last resource, which was a pedagogical game, as a tool to recap the concepts worked on, since the content worked in the classroom, during this research, refers to the content of the year. previous (high school high school degree).

Among the research objectives, the highlight is to promote interaction and integration between students, motivation and the spirit of competition. It was observed that the students' motivation to participate in the activities made the proposal more significant for the realization of classes outside the traditional daily life. The practical activities provided subsidies to the teacher and students, which aroused the interest in seeking, interacting, reflecting, arguing, reasoning, expressing their ideas, developing the motivation to learn and the interest in the theme studied.

Keywords: Meaningful learning; Gamification, Experimentation; Physics teaching.

1. INTRODUÇÃO

A escola é um ambiente em que há uma troca de saberes entre educadores e educandos. Nesse sentido, os objetivos propostos nos Parâmetros Curriculares Nacionais concretizam as intenções educativas em termos de capacidades que devem ser desenvolvidas pelos educandos ao longo da escolaridade (BRASIL, 1996). Assim, o professor consciente de que condutas diversas podem estar vinculadas ao desenvolvimento de uma mesma capacidade, tem diante de si maiores possibilidades de atender a diversidade de seus educandos. Aparentemente, os esforços dos educadores e educandos são gigantescos.

Diante disso, encontram-se vários estudos que buscam formas ou estratégias para estruturar a construção do conhecimento científico em salas de aula (CANCELA *et al.*, 2017). Notadamente, o ambiente do ensino público diverge do privado (escolas particulares) em relação aos métodos de ensino-aprendizagem empregados (COSTA *et al.*, 2017).

À vista disto, sobre o professor ainda recai a responsabilidade de superar a forma tradicional de trabalhar os conhecimentos, onde se faz necessário um trabalho fundamentado que se construa coletivamente, com as condições adequadas.

A escola, como espaço que prioriza a aprendizagem, tem uma organização que antepõe a construção gradual de conhecimentos, isto é, conforme as etapas são superadas há, portanto, a complementação desses conhecimentos. Nesse espaço se destaca a importância de o educador previamente definir sua concepção teórica, visto que isso significa ter clara a metodologia a ser utilizada, e considera-se também a forma como o educando se apropria do conhecimento e as possibilidades de efetivar sua prática educativa.

É nesse contexto que Klausen (2017) afirma sobre a necessidade da aprendizagem significativa ocorrer por processos, tais como: *explorando, fracassando, tentando, corrigindo, obtendo dados, elaborando conjecturas, testando-as, construindo explicações que são resultados de inferências, comparando, fazendo analogias e refletindo*. É neste “vai e vem” que se prepara o educando para o exercício da cidadania e assim, formá-lo em conhecimentos, habilidades, valores, atitudes, formas de pensar e atuar na sociedade. Com isso, o conhecimento se constrói.

O ensino de Ciências Naturais é uma das áreas em que se pode alargar a relação ser humano/natureza em termos mais amplos, cooperar para uma melhor consciência

social e visão de mundo, o que nem sempre ocorre de maneira significativa. Moreira (1999), explica que a aprendizagem mecânica apresentada por Ausubel vincula o processo de aprendizagem de novas informações a informações memorizadas, sem a compreensão do real significado dos conteúdos. Assim, a transformação dos conhecimentos prévios é prejudicada, o que se evidencia que provavelmente os novos conhecimentos não foram atrelados aos *subsunçores correspondentes*, existentes na estrutura cognitiva. Em outras palavras, a aprendizagem mecânica pode prejudicar a interação do novo conhecimento com aqueles já armazenados (MOREIRA, 1999, p. 154).

Desta forma, a relevância do estudo proposto parte da premissa que o ensino de Física pode ter um formato mais lúdico e estimulante (SANTOS, 2017). Os educandos “clamam por uma aula prática”, o que traduz os anseios da importância que os estudantes atribuem às atividades experimentais (MOURA, 2016, p.83), e aos procedimentos educativos lúdicos. Percebe-se que é de suma importância tornar os métodos de aprendizagem mais interativos e integradores como parte do processo de construção científica e dos esquemas mentais dos educandos (RIBEIRO, 2010).

Um dos recursos que, segundo Moreira (1999), é necessário para que a aprendizagem significativa ocorra, é a utilização de materiais potencialmente significativos, usados como recursos para responder à questão norteadora deste trabalho: *como utilizar ferramentas didáticas no ensino de óptica?*

O objetivo geral desse estudo é analisar, após realização das aulas, se os recursos didáticos contribuem ou não para o processo de ensino e de aprendizagem. Para a realização do trabalho proposto, a pesquisa foi realizada com os educandos do terceiro ano do ensino médio regular de uma escola estadual, localizada no município de Rio Branco – MT, que se localiza aproximadamente a 334 km de Cuiabá, capital do Estado.

Dentre os objetivos específicos deste trabalho, destacam-se:

- Analisar recursos que estimulem os estudantes a compreender a óptica responsável por explicar o fenômeno da luz, sua natureza e propagação;
- Verificar se experimentos em óptica podem ser considerados como recursos eficazes na construção do saber;
- Analisar o jogo didático como material potencialmente significativo na recapitulação dos conceitos desenvolvidos nas aulas.

Para alcançar os objetivos, o estudo se apresenta distribuído em cinco seções:

- **Fundamentação teórica:** nesse capítulo, serão abordados a Teoria da Aprendizagem Significativa, conceitos de recursos didáticos que envolvem as vinte atividades desenvolvidas em sala de aulas e transcritas neste trabalho, conceitos de física, e procedimentos para realizar a experimentação em salas de aula.
- **Procedimentos experimentais:** para cada uma das vinte atividades que compõem os recursos didáticos, utilizaram-se o *kit 1* “Uma fantástica viagem ao mundo das cores e sensações” e *kit 2* “Aventura com raios de luz”, além de materiais alternativos. Realizou-se também a descrição de cada material necessário e o passo-a-passo para suas execuções.
- **Metodologia:** neste item encontram-se descritas as abordagens das cinco fases da realização da pesquisa aplicadas aos alunos do terceiro ano do ensino médio da escola Estadual Deputado Francisco Eduardo Rangel Torres, no município de Rio Branco.
- **Resultados:** nesta seção encontram-se expostos os resultados obtidos através de observação durante as realizações das atividades, as concepções dos alunos através de suas falas, e a representação, através de gráficos, tabelas e quadros dos posicionamentos de cada aluno aos questionários (entrada/saída) e os jogos.
- **Considerações finais:** neste item se encontra a reflexão acerca dos conceitos físicos abordados e o posicionamento dos alunos sobre as atividades propostas, as limitações encontradas, bem como sugestões para futuras pesquisas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados conceitos teóricos que conduziram as atividades com os alunos e as análises dos resultados obtidos. Assim, essa dissertação apresenta a utilização de experimentos e de recursos didáticos como possíveis ferramentas na estruturação ou reestruturação do saber dos educandos a respeito de óptica.

2.1 Teoria de aprendizagem significativa (TAS)

A sala de aula é um conjunto de pessoas com diferentes especificidades na aprendizagem, ou seja, cada um tem o seu modo de aprender, com tempo e olhares singulares sobre cada situação, o que torna desafiador o processo de ensino aprendizagem, tanto para o educando quanto para o professor. O ambiente de uma sala de aula torna-se, portanto, favorável para aplicação da Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS), onde o processo de aprendizagem ocorre com a relação entre o saber que o educando possui e um novo conhecimento a ser adquirido. Para Moreira essa teoria é:

[...]aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe [...] significa conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA, 2011, p.13).

Nesse sentido, Moreira (2001) considera que para que o processo de aprendizagem ocorra é relevante a relação entre o saber que o educando possui e o novo, tendo em vista que à medida que se vive, aprendem-se novas coisas.

Segundo o autor, no âmbito da TAS, de Ausubel¹, a estrutura cognitiva é um conjunto hierárquico de subsunçores dinamicamente inter-relacionados (quadro 1). Há subsunçores que são hierarquicamente subordinados a outros, mas essa hierarquia pode mudar se, por exemplo, houver uma aprendizagem superordenada, na qual um novo subsunçor passa a incorporar outros.

¹ Psicólogo e pedagogo norte-americano, nascido em 1918, que se destacou no estudo dos processos de aprendizagem. Considerado um cognitivista e construtivista, investiga os vários tipos de aprendizagem, enfatizando a aprendizagem por descoberta onde a motivação e a possibilidade de escolha por parte dos alunos desempenham um papel fundamental.

Quadro 1 - Representações da Teoria de Aprendizagem Significativa.

Tipos	Descrição
Subsunçor	Conhecimento prévio para cada situação existente no cognitivo do indivíduo.
Assimilação Obliteradora	Perda na habilidade de diferenciação de significado do indivíduo.
Diferenciação Progressiva	Ocorre quando o indivíduo atribui novos significados a um conhecimento prévio.
Reconciliação Integradora	É um processo pelo qual o indivíduo reestrutura ou reinventa o conhecimento existente.

Fonte: Adaptado de Moreira (2011).

À medida que o indivíduo aprende progressivamente, o subsunçor fica mais estável, mais diferenciado, mais rico em significados, podendo cada vez mais facilitar novas aprendizagens (MOREIRA, 2011). Assim, segundo o autor, um aspecto importante, e que deve ser esclarecido, é que a aprendizagem significativa não é sinônimo de aprendizagem “correta” e nem aquela que nunca se esquece, mas é a aprendizagem em que o sujeito atribui significados a um dado conhecimento, ancorando-o interativamente em conhecimentos prévios. A aprendizagem significativa independe se os conhecimentos adquiridos são os aceitos no contexto de alguma matéria de ensino.

O material de ensino aprendizagem é potencialmente significativo na educação escolar (quadro 2), portanto, capaz de dialogar, de maneira apropriada e relevante, com o subsunçor do estudante.

Quadro 2 - Características da Teoria da Aprendizagem Significativa

Características	Autores	Descrições
Organizador prévio		Recurso instrucional que preceda a apresentação do material de aprendizagem mais abrangente.
Subordinação	Ausubel (2000) Masini e Moreira (2008)	Recurso de novos conhecimentos significativos.
Superordenação	Valadares e Moreira (2009) Moreira (2011)	Mecanismo de síntese para aquisição de novo conceito.
Modo combinatório		É um conteúdo amplo e relevante na estrutura cognitiva. É uma proposição que não pode ser assimilada por outra, mas também não pode assimilar o que já existe.

Fonte: Adaptado de Ausubel (2000), Masini e Moreira (2008), Valadares e Moreira (2009) e de Moreira (2011).

Dessa maneira, o material e a mediação são fundamentais, visto que o educando por vezes, que não detém conhecimentos prévios sobre o conteúdo exposto em aula, pode atribuir significados ao contexto do componente.

Por um lado, essa condição reforça a necessidade da predisposição para aprender, que não é uma simples questão de motivação ou identificação com o componente, mas uma propensão a se relacionar com novos conhecimentos, atribuindo significados ao conteúdo. Por outro lado, essa condição convida o docente a acolher as ideias prévias dos estudantes, ainda que sejam insatisfatórias, para, a partir delas, construir situações de aprendizagem capazes de promover a atribuição de significados aos temas tratados (*Ibidem*, 2011).

Já em relação aos tipos de aprendizagem significativa, destaca-se a caracterização de cada uma e sua respectiva importância, ou seja, de cada uma das classificações para o desenvolvimento do conhecimento do indivíduo como apresentado no quadro 3.

Quadro 3 - Classificação de Aprendizagens Significativas

Tipologias	Descrições
Aprendizagem Representacional	Símbolos arbitrários que representam determinados objetos ou eventos em uma relação unívoca.
Aprendizagem Conceitual	Ocorre quando o sujeito percebe regularidades em eventos ou objetos e passa a representá-los por determinado símbolo.
Aprendizagem Proposicional	Implica dar significado a novas ideias expressas na forma de uma proposição.

Fonte: Adaptado de Pelizzari (2002) e Moreira (2011).

É por essa utilização de significados que a aprendizagem significativa se diferencia da aprendizagem mecânica. O conhecimento prévio interage com o novo, modificando e enriquecendo a estrutura cognitiva e permitindo a atribuição de significados ao conhecimento.

Isso não significa dizer que a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica sejam formas de aprender antagônicas. Para Ausubel (2000), elas são contínuas. O conhecimento construído mecanicamente só é aplicável a situações conhecidas, isto é, ao se atribuir significados ao conteúdo.

2.2 Experimentação

Adelman e Taylor (1983), defendem a ideia que os educadores saibam sobre a necessidade de manter o educando motivado a aprender para chegar a resultados esperados. Assim, o motivo ou a motivação é definido como um estado psicológico fundamental que dá direção a este fim.

Contudo, nota-se que os educadores precisam aplicar os conceitos de motivações, os quais são tipificados em dois modelos: a motivação extrínseca e a intrínseca. Segundo Guimarães (2001) e Laburú (2008), a motivação extrínseca se refere a motivação para trabalhar algo externo à atividade, procura, recompensas materiais, sociais ou de reconhecimento, e a intrínseca à que se baseia na motivação pela vontade de aprender, aquela que chama a atenção do indivíduo e é cativante para o meio em que está inserido. Esses teóricos vêm ao encontro com os conceitos de Moreira (2001), ao fazerem referência ao material potencialmente significativo.

Baseado nas perspectivas da motivação, é factível que as novidades prendam a atenção dos educandos nos processos de aprendizagem mais intuitivos. Esta forma intuitiva de motivação que vem à mente, possibilita lançar mão de atividades experimentais com foco na novidade ou no lúdico para prender a atenção do educando (LABURÚ, 2008). Portanto, no Ensino de Física as atividades experimentais são de fundamental importância para a aprendizagem de conceitos científicos em suas variadas finalidades e abordagens (RIBEIRO, 2010; MOURA, 2016).

2.2.1. Contribuições das atividades experimentais no ensino de ciências

Dentre as diversas contribuições que a experimentação pode proporcionar ao ensino e aprendizagem de ciências, há inúmeras ferramentas para o desenvolvimento em sala de aula. No quadro 4, estão apresentadas as que foram utilizadas nas aulas experimentais neste trabalho.

Quadro 4 - Ferramentas para a experimentação em sala de aula.

Modos	Descrições
Motivar e despertar a atenção do educando.	Artifício de ensino aprendizagem para despertar a curiosidade.
Desenvolver a capacidade de trabalho em grupo.	Proporciona as trocas de pontos de vista iguais ou diferentes e relacionamento interpessoal.
Estimular a criatividade.	Possibilita ao educando desenvolver ideias inovadoras.
Aprender a analisar dados e propor hipóteses para os fenômenos.	Observa suposições sobre determinada situação em estatísticas ou estudos empíricos.
Compreender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.	Transferir conhecimentos através de pesquisa e inovação para a sociedade.

Fonte: Adaptado de Gil Peres e Castro (1996), Giordan (1999), Galiazzi e Gonçalves (2004) e Oliveira (2010).

As atividades experimentais, para Oliveira (2010), podem ser utilizadas com diversos propósitos e através de diferentes abordagens, proporcionando enormes contribuições para o ensino de ciências. Nesse sentido, é indispensável que o professor conheça e analise essa diversidade de possibilidades para que possa direcionar suas ações naquelas que lhe pareçam mais coerentes com o tipo de experimento, com a turma, com os recursos, o espaço e o tempo que tem disponível para realizá-las ou, ainda, de acordo com os saberes que pretende desenvolver na aula.

2.2.2. Principais abordagens das atividades experimentais

Existem categorizações das diferentes abordagens de experimentação desenvolvidas no ambiente escolar. As atividades experimentais podem ser dispostas de várias maneiras, desde estratégias que focalizam a simples ilustração ou verificação de leis e teorias até aquelas que estimulam a criatividade dos educandos e oferece condições para conjeturarem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos científicos.

Os argumentos apresentados a seguir elencam como possíveis ferramentas úteis ao ensino de ciências e sua escolha dependem, dentre outros aspectos, de objetivos específicos do problema em estudo, das competências que se quer desenvolver e dos recursos e materiais disponíveis. No entanto, para que o professor possa explorar adequadamente todas as suas potencialidades, é importante que ele compreenda suas diferenças e saiba quando e como aplicá-las. Araújo e Abib (2003) e Oliveira (2010)

estabeleceram três categorias básicas para desenvolver o ambiente da experimentação escolar, apresentadas no quadro 5.

Quadro 5 - Categorização das abordagens em formato de experimentação escolar.

Modalidades	Descrições
Demonstração/observação	Ilustra alguns aspectos dos fenômenos observados. Se a demonstração for fechada ² , o centro de tudo está no educador. E se for aberta, permite maior participação dos educandos no levantamento das hipóteses.
Verificação	Busca analisar, comprovar e validar alguns fenômenos que são facilmente previsíveis nas leis ou teorias já elaboradas.
Investigação	Os educadores direcionam os trabalhos dos educandos para uma análise e propiciam uma análise crítica sobre o conteúdo abordado.

Fonte: Araújo e Abib (2003) e Oliveira (2010).

As três modalidades apresentam um comportamento que, necessariamente, os educadores e educandos precisam ter ao realizar o processo de experimentação escolar. Contudo, Oliveira (2010) ainda compara as três abordagens nos aspectos de papéis, vantagens, desvantagens e os roteiros desse processo, apresentados no quadro 6.

² Demonstração fechadas se caracterizam principalmente pela simples ilustração o de um determinado fenômeno físico, sendo uma atividade centrada no professor. Já as atividades de demonstração/observação aberta incorporam outros elementos, apresentando uma maior abertura e flexibilidade para discussões que podem permitir um aprofundamento nos aspectos conceituais.

Quadro 6 – Comparação entre abordagens para atividades experimentais (Continua).

	Tipos de abordagem para as atividades experimentais		
	DEMONSTRAÇÃO	VERIFICAÇÃO	INVESTIGAÇÃO
Papel do professor	Executar o experimento; fornecer as explicações para os fenômenos.	Fiscalizar a atividade dos educandos; diagnosticar e corrigir erros.	Orientar as atividades; incentivar e questionar as decisões dos educandos.
Papel do educando	Observar o experimento; em alguns casos, sugerir explicações.	Executar o experimento; explicar os fenômenos observados.	Pesquisar, planejar e executar a atividade; dialogar sobre possíveis explicações.
Roteiro de atividade experimental	Fechado, estruturado e de posse exclusiva do professor.	Fechado e estruturado	Ausente ou, quando presente, aberto ou não estruturado
Posição ocupada na aula	Central, para ilustração; ou após a abordagem expositiva.	Após a abordagem do conteúdo em aula expositiva	A atividade pode ser a própria aula ou pode ocorrer previamente à abordagem do conteúdo
Algumas vantagens	Demandam pouco tempo; podem ser integrada à aula expositiva; úteis quando não há recursos materiais ou espaço físico suficiente para todos os educandos realizarem a prática.	Os educandos têm mais facilidade na elaboração de explicações para os fenômenos; é possível verificar através das explicações dos educandos se os conceitos abordados foram bem compreendidos.	Os educandos ocupam uma posição mais ativa; há espaço para criatividade e abordagem de temas socialmente relevantes; o “erro” é mais aceito e contribui para o aprendizado.
Algumas desvantagens	A simples observação do experimento pode ser um fator de desmotivação; é mais difícil para manter a atenção dos educandos; não há garantia de que todos estarão envolvidos.	Pouca contribuição do ponto de vista da aprendizagem de conceitos; o fato dos resultados serem relativamente previsíveis não estimula a curiosidade dos educandos.	Requer maior tempo para sua realização. Exige um pouco de experiência dos educandos na prática de atividades experimentais

Fonte: Adaptado de Oliveira (2010).

Oliveira (2010), afirma que todas as modalidades de atividades experimentais apresentadas neste trabalho – demonstração, verificação e investigação – podem ser utilizadas pelo professor na execução de aulas experimentais. Se faz necessário que suas diferenças sejam bem compreendidas de modo que possam ser aplicadas com objetivos bem claros e com estratégias que favoreçam, dentro dos limites de cada uma, a máxima eficiência para o aprendizado de novos conteúdos, procedimentos e atitudes.

Com isso, cada modalidade de experimentação tem sua função e importância, e o professor deverá decidir qual dessas utilizar ao realizar o procedimento de ensino aprendizagem.

2.3. Jogos no Ensino da Física

Segundo Brasil (2006), o desenvolvimento das competências e habilidades em Física integra os objetivos a serem alcançados pela escolarização ao nível médio. Sua promoção e construção são frutos de um contínuo processo que ocorre através de ações e intervenções concretas no dia-a-dia da sala de aula, em atividades que envolve diferentes assuntos, conhecimentos e informações. Ou seja, competências e habilidades se desenvolvem através de ações concretas, uma dessas ações é do tipo jogo didático, que podem ser aplicados não apenas na Física, mas em todas as áreas do conhecimento.

De acordo com Moreira (2018), atualmente, o ensino de Física no Brasil está em crise, desatualizado, minimizado e desvalorizado. No entanto, faz-se necessário discutir sobre a Física no ensino, por considerar que ela permeia a vida dos seres humanos e está na base das tecnologias de informação e comunicação, da engenharia, das técnicas de diagnósticos e tratamento usados na medicina. A Física tem modelos e teorias que explicam grande parte do mundo físico em que vivemos. Biologia, Química, Neurociência e outras áreas científicas usam conceitos, princípios, modelos e teorias derivados da Física. Então, aprender Física é um direito do ser humano (MOREIRA, 2017).

Por vezes, o ensino de Física no Brasil tem sido questionado nos processos seletivos de ingresso de candidatos em universidades brasileiras e até mesmo sua necessidade como componente curricular nas escolas. Nessa perspectiva, surge a necessidade de mudanças na educação básica, seja pela falta de preparo dos professores, pela falta de condições de trabalho, pelo número de aulas aos educandos, pela arcaica aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados, ou, ainda, pela falta de incentivo e reconhecimento aos educadores e educandos (SILVA, SALES e CASTRO, 2019).

Laburú (2008) e Silva, Sales e Castro (2019) afirmam que as aulas de Física precisam ser cativantes, protagonizando a motivação do educando em exercer tarefas e procurar respostas para inquietudes frequentes. O processo de aprendizagem já foi centrado no professor, o qual precisa hoje, trazer novas metodologias de ensino. Partindo dessa premissa os autores, Silva, Sales e Castro (2019) propuseram um método de motivação para aplicar no ensino escolar, conforme descrito a seguir:

[...] a gamificação³ vem ganhando destaque nacional e internacional devido a sua capacidade de envolver, engajar e motivar a ação do estudante em ambientes de aprendizagem. Além disso, essa metodologia tem se mostrado como uma alternativa promissora para o ensino de Física. (SILVA, SALES e CASTRO, 2019. p. 2).

Scopel, Cavalli e Scur (2016) lançam luz à estratégia dos jogos didáticos como agentes corroborativos no processo de ensino aprendizagem, ferramentas viáveis e importantes na construção do conhecimento. A interação com o material lúdico proporciona a participação espontânea dos alunos em um ambiente favorável e dinâmico, o que torna a consolidação do saber algo motivador e prazeroso, resultando em uma aprendizagem significativa. O quadro 7 apresenta a concepção de jogos didáticos, segundo alguns autores.

Quadro 7 - Jogos educativos na construção do saber

Tipos	Autores	Descrições
Jogos didáticos	Moratori (2003).	O jogo educativo deve oferecer ao educando um ambiente crítico, promovendo a interação entre o jogo e o jogador.
Jogos educativos	Scopel, Cavalli e Scur (2016)	Durante a interação, os conhecimentos prévios e aqueles aprendidos no ambiente escolar passam a ser compartilhados.
Gamificação	Silva, Sales e Castro (2019).	Promove o envolvimento, o engajamento e a motivação dos estudantes, promovendo a interação em diversas áreas de conhecimento.

Fonte: Adaptado de Moratori (2003), de Scopel, Cavalli e Scur (2016) e de Silva, Sales e Castro (2019).

No que se refere às diferenças, o jogo educativo “envolve ações ativas e dinâmicas, permitindo amplas ações na esfera corporal, cognitiva, afetiva e social do estudante” e o jogo didático “é aquele que está diretamente relacionado ao ensino de conceitos e/ou conteúdos, organizado com regras e atividades programadas e que mantém um equilíbrio entre a função lúdica e a função educativa do jogo.” (CUNHA, 2012, p. 95).

O jogo deve proporcionar ao aluno um ambiente inovador e, assim, o fazer perceber como o agente ativo participa na construção do saber, e desta forma revelar o jogo como ferramenta pedagógica no desenvolvimento da percepção, sistematização e

³ Do inglês *Gamification*, é a prática de aplicar mecânicas de jogos em diversas áreas, cujo principal objetivo é aumentar o engajamento e despertar a curiosidade dos usuários (SILVA, SALES e CASTRO, 2016).

ação. Partindo desse princípio, Silva, Sales e Castro (2019), observam a necessidade de ter um padrão de estruturas elementares, principalmente as associadas à voluntariedade, às regras, aos objetivos e aos *feedbacks* (figura 1).



Figura 1 - Representação esquemática dos elementos de games interconectados
Fonte: Silva, Sales e Castro (2019).

Observa-se, a seguir, o quadro 8 que apresenta os padrões de estruturas básicas dos jogos educativos.

Quadro 8 - Padrões de estruturas básicas dos jogos educativos.

Elementos	Descrições
Regras	Formam um conjunto de disposições que colocam limites e condicionam as ações dos jogadores.
Voluntariedade	Necessário para que haja aceitação das regras, dos objetivos e <i>feedbacks</i> .
Objetivos	Precisam ser mais claros e diretos, pois são eles que direcionam, norteiam e motivam os participantes para atingir o propósito.
<i>Feedbacks</i>	Informar aos jogadores como estão suas relações com os diferentes aspectos que regulam sua intenção com a atividade.

Fonte: Adaptado de Silva, Sales e Castro (2019).

Silva, Sales e Castro (2019) ainda esclarecem que não importa o ponto de partida dentro do esquema dos elementos de jogos interconectados, pois, o importante é percorrer todas as fases. Assim, os jogos são uma ferramenta didática para a construção do conhecimento, processo de ensino aprendizagem.

2.4. Conceitos da Física

Neste tópico, serão abordados conteúdos relevantes para as práticas de experimentação, sob a perspectiva dos fenômenos associados à luz. A óptica física e a óptica geométrica (quadro 9) revelam evidências importantes sobre o comportamento da luz e suas especificidades.

Quadro 9 - Contextos da organização da óptica

Tipo	Descrição
Óptica Física	Estuda os fenômenos ópticos que exigem uma teoria sobre a natureza das ondas eletromagnéticas.
Óptica Geométrica	Estuda os fenômenos ópticos em que apresentam interesse as trajetórias seguidas pela luz. Fundamenta-se na noção de raio de luz e nas leis que regulamentam seu comportamento. O estudo em nível de Ensino Médio restringe-se apenas a óptica.

Fonte: Adaptado de Válio *et al.* (2016).

2.4.1 Luz: Comportamento e princípios

Para Bonjorno *et al.* (2016), a luz é um tipo de onda eletromagnética na região visível do espectro (figura2) formada pela oscilação conjunta de um campo elétrico e de um magnético perpendicular entre si. Como é característico da radiação eletromagnética, a luz pode propagar-se através de diversos meios e sofrer alterações de velocidade ao passar de um meio de propagação para outro. No vácuo, a luz possui velocidade máxima de $3,0 \times 10^8$ m/s. É o agente físico que, ao agir nos órgãos visuais, produz a sensação da visão.

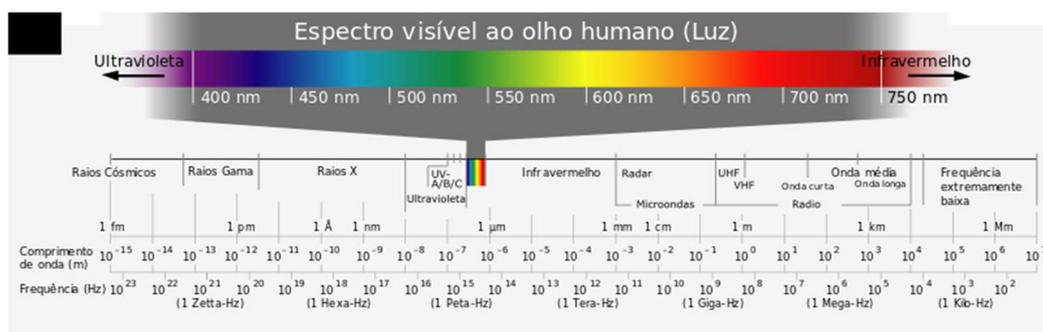


Figura 2 - Espectro das ondas eletromagnéticas.
Fonte: Electromagnetic spectrum-es.svg (2006).

A luz que se percebe tem como característica sua frequência, descrita pela equação $f = \nu/\lambda$, que varia da faixa de 4×10^{14} Hz (vermelho) até 8×10^{14} Hz (violeta). Esta faixa é a de maior emissão pelo Sol, por isso, os olhos dos seres humanos estão adaptados a ela e não podem ver além desta, como por exemplo, as radiações ultravioleta e infravermelha.

2.4.2 Reflexão da Luz

A reflexão da luz para Gaspar (2016), é um fenômeno óptico em que um feixe de luz ao incidir sobre uma superfície, retorna ao seu meio de origem (figura3). Devido a esse fenômeno, os olhos conseguem enxergar os objetos ao redor, pois, a luz incide sobre os corpos que, no que lhe concerne, refletem-na, fazendo com que os raios de luz cheguem aos olhos, permitindo, assim, a visão.

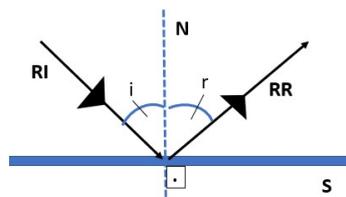


Figura 3 - Representação da reflexão da luz.
Fonte: A autora (2020).

De acordo com a superfície de incidência da luz, a reflexão pode ser classificada em duas formas: Regular (figura 4) e Difusa (figura 5).

A reflexão regular ocorre se os raios de luz incidem sobre uma superfície lisa ou regular e são refletidos paralelos entre si. O fato dos raios de luz se propagarem em uma única direção, torna impossível a observação da imagem de diferentes posições.

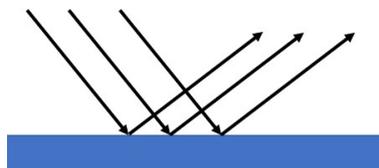


Figura 4 - Reflexão regular da luz.
Fonte: A autora (2020).

Já a reflexão difusa ocorre quando os raios de luz incidem paralelos uns aos outros sobre uma superfície irregular e são refletidos em várias direções não paralelas entre si, permitindo assim, a visualização de objetos sobre ângulos variados, pois, como os raios de luz se espalham, eles chegam aos nossos olhos, independentemente da nossa posição. É por isso que se consegue ver tudo o que se passa ao redor.

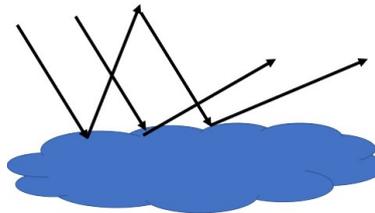
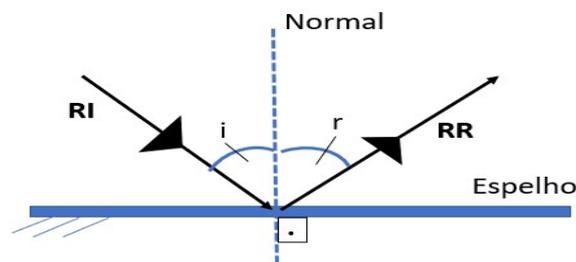


Figura 5 - Reflexão difusa da luz
Fonte: A autora (2020).

Ao se referir à reflexão da luz, faz-se necessário a utilização de duas formas de observação da reflexão, ambas fundamentadas em duas leis que, segundo Ramalho, Nicolau e Toledo (2003), são:



RI → Raio Incidente. RI, RR e a normal são coplanares. (1ª Lei)
RR → Raio Refletido.
i → Ângulo de incidência. $i=r$ (2ª Lei)
r → Ângulo de reflexão.

Figura 6 - Leis da reflexão.
Fonte: A autora (2020).

- **Primeira lei da reflexão:** o raio de incidência (RI), o raio de reflexão (RR) e a normal são coplanares, isto é, estão no mesmo plano (figura 6).
- **Segunda lei da reflexão:** o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão ($i = r$) (figura 6)

2.4.3 Princípio da interdependência da luz

De acordo com Ramalho, Nicolau e Toledo (2003), todo o raio de luz percorre trajetórias retilíneas em meios transparentes e homogêneos que possibilitam a propagação de um feixe de luz e permitem que a sua trajetória seja permanente (figura 7). Esse fenômeno luminoso, que é denominado princípio de interdependência do raio de luz, permite a apreciação de *show* com luzes em festas, por exemplo.



Figura 7 - Representação da trajetória da luz.
Fonte: Guimarães Netto (2015).

2.4.4 Espelho Plano

Um espelho plano é aquele em que a superfície de reflexão é totalmente plana (figura 8). Os espelhos planos têm utilidades bastante variadas, desde as domésticas até os componentes sofisticados de instrumentos ópticos (MÁXIMO e ALVARENGA, 2014).

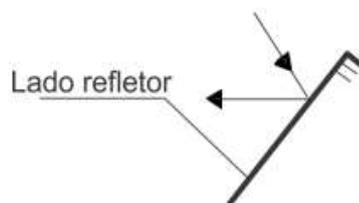


Figura 8 - Representação da reflexão em um espelho plano.
Fonte: Guimarães Netto (2015).

As principais propriedades de um espelho plano são a simetria entre os pontos, objeto e imagem, e a maior ocorrência, reflexão regular.

2.4.5 Espelhos Esféricos

Denomina-se espelho esférico qualquer calota esférica (figura 9), desde que seja polida e possua alto poder de reflexão (RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO, 2003).

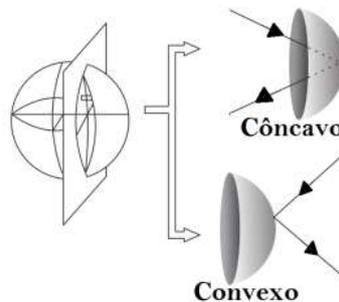


Figura 9 – Corte representando calotas esféricas em formatos côncavo e convexo.

Fonte: Guimarães Netto (2015).

Observa-se na figura 9 que a esfera tem duas faces, uma interna e outra externa. Assim, quando a superfície refletiva considerada for a interna, o espelho é considerado côncavo. Já nos casos onde a face refletiva é a externa, o espelho é classificado como convexo.

2.4.5.1 Reflexão da luz em espelhos esféricos

Similar aos espelhos planos, os espelhos esféricos obedecem às duas leis da reflexão, como observado na figura 10.

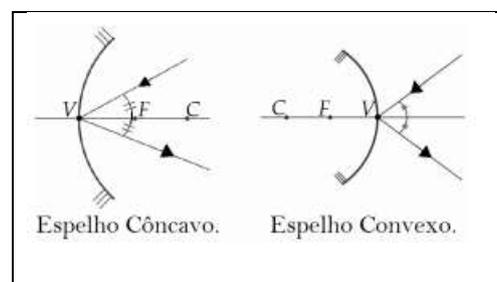


Figura 10 - Reflexão da luz no espelho esférico.

Fonte: Guimarães Netto (2015).

Para Máximo e Alvarenga (2014), um sistema óptico pode ser classificado em:

- **Estigmático:** quando cada ponto objeto conjuga apenas um ponto-imagem;
- **Aplanético:** quando um objeto plano e frontal também conjuga uma imagem plana e frontal;

- **Ortoscópico:** quando uma imagem é conjugada semelhante ao objeto. Os espelhos esféricos normalmente não são estigmáticos, nem aplanéticos ou ortoscópicos como os espelhos planos.

No entanto, espelhos esféricos só são estigmáticos para os raios que incidem próximos do seu vértice V e com uma pequena inclinação em relação ao eixo principal. Um espelho com essas propriedades é conhecido como “espelho de Gauss”.

Um espelho que não satisfaz as condições de Gauss (incidência próxima do vértice e pequena inclinação em relação ao eixo principal) é dito astigmático. Um espelho astigmático conjuga a um ponto uma imagem denominada aberração esférica (TORRES *et al.*, 2016).

Para os espelhos côncavos de Gauss, pode-se verificar que todos os raios luminosos que incidirem ao longo de uma direção paralela refletem ao eixo secundário, que é a reta que passa pelo centro de curvatura intercepta o espelho em qualquer ponto, exceto o vértice, (figura 11). Os raios passam por (ou convergem para) um mesmo ponto (F - foco real do espelho), e formam uma imagem real do objeto (MÁXIMO e ALVARENGA, 2014).

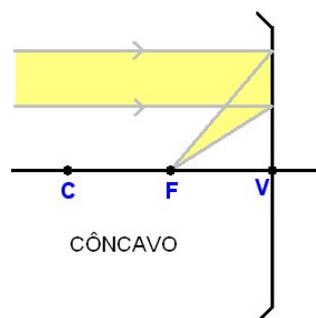


Figura 11 - Representação do espelho côncavo.
Fonte: Nather (2006).

Uma das utilidades de um espelho côncavo é a de aumentar a imagem do rosto em relação à imagem que se pode observar em um espelho plano.

No caso dos espelhos convexos, a continuação do raio refletido é o que se projeta pelo foco (figura 12). Tudo ocorre como se os raios refletidos se originassem do foco, formando assim uma imagem virtual.

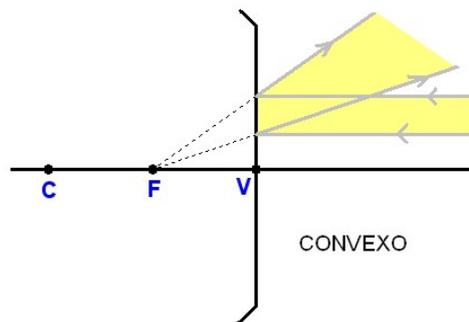


Figura 12 - Foco do espelho convexo.
Fonte: Nather (2006).

2.4.6 Refração da luz

De acordo com Bonjorno *et al.* (2016), o fenômeno de refração nunca ocorre isolado, pois, parte da luz incidente na fronteira de um dióptro sempre sofre reflexão, ou seja, não há refração absoluta. Denomina-se refração da luz o fenômeno transmitido de um meio para outro diferente do primeiro (figura 13). Nesta mudança de meios, a frequência da onda luminosa não é alterada, embora sua velocidade e o seu comprimento de onda sejam. Com a alteração da velocidade de propagação ocorre um desvio da direção original, como ilustrado a figura 13.

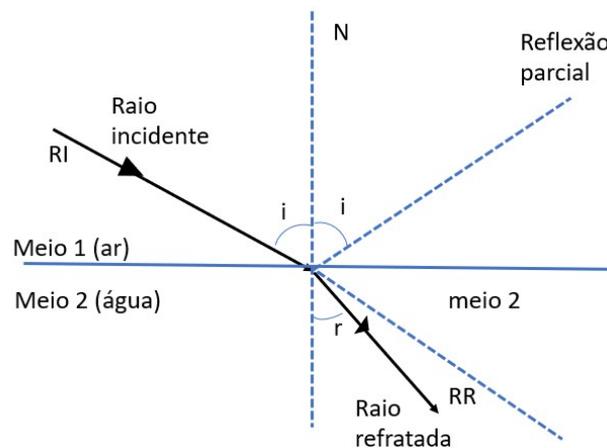


Figura 13 - Elementos presentes na refração da luz.
Fonte: A autora (2020).

O fenômeno óptico de refração está associado à alteração na velocidade da luz em virtude da mudança de meio de propagação. No vácuo, a velocidade da luz possui seu valor máximo ($3,0 \times 10^8$ m/s). Mas, ao adentrar diferentes meios, a sua velocidade é reduzida de acordo com as propriedades do meio de propagação das ondas luminosas.

2.4.6.1. Índice de refração absoluto

O índice de refração é uma grandeza adimensional (n) que caracteriza o meio no qual a luz se propaga e é definido pela razão entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio considerado (v):

$$n = \frac{c}{v}$$

Para Máximo e Alvarenga (2014) o conceito de refringência está relacionado com o índice de refração (n) do meio. Assim, diz-se que um meio é mais refringente quando o seu índice de refração é maior que o do outro.

Sobre o índice de refração, podem ser observadas as seguintes considerações:

- O índice de refração depende da densidade do meio material. Neste caso, para um mesmo meio, quanto maior a densidade, maior será o índice de refração.
- A pressão e a temperatura interferem no índice de refração dos meios materiais, pois, alteram a sua densidade.
- Para uma luz policromática (luz branca) incidindo no mesmo meio, o índice de refração aumenta com o aumento da frequência. Assim, para um mesmo vidro, o índice de refração da cor vermelha é menor que o índice de refração da cor violeta.
- A máxima velocidade de propagação da luz ocorre no vácuo. Logo, o vácuo é o meio de menor índice de refração possível ($n = 1$).

2.4.6.2 Índice de refração relativo

Segundo Máximo e Alvarenga (2014) se considerar dois meios diferentes e transparentes de índices de refração n_1 e n_2 para uma determinada luz monocromática, o índice de refração do meio 2 em relação ao meio 1 é definido por:

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}$$

2.4.7. Leis da refração

Bonjorno et al. (2016), considera que pelas suas propriedades, o feixe luminoso está sujeito a determinados caminhos ópticos muito bem estabelecidos. No caso da refração da luz, às duas leis que estabelecem a interpretação de seus caminhos ópticos são:

1.ª Lei da refração: o raio incidente (RI), o raio refratado (RR) e a reta normal (N) pertencem ao mesmo plano, conforme a figura 14.

2.ª Lei da refração (Lei de Snell): a razão entre o seno do ângulo de incidência (i) e o seno do ângulo de refração (r) é constante para cada luz monocromática e para cada dióptro. Considerando o meio 1 e o meio 2, a relação que representa a 2.ª lei pode ser expressa por:

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}$$

Ou, de forma semelhante, por:

$$n_1 \text{sen}(i) = n_2 \text{sen}(r)$$

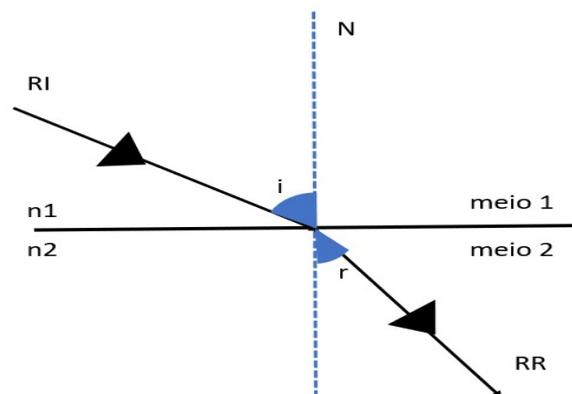


Figura 14 - Modelo geométrico de refração
Fonte: a autora (2020)

2.4.8. Reflexão total

Este fenômeno ocorre quando a luz projetada do meio mais refringente atinge a superfície de separação do dióptro, que é um sistema formado por dois meios homogêneos e transparentes (figura 15). Se o ângulo de incidência for maior que o ângulo limite ($\theta_{\text{incidente}} > L$)⁴ ocorre a reflexão total da luz, como mostram as figuras 16 e 17, há casos em que não ocorre refração (há reflexão total), pois, toda a luz incidente é refletida, fenômeno físico denominado “reflexão total da luz” (figura16), (VÁLIO *et al.*, 2016).

⁴ θ_i representa o ângulo de incidência e L representa o ângulo limite para que ocorra reflexão da luz.

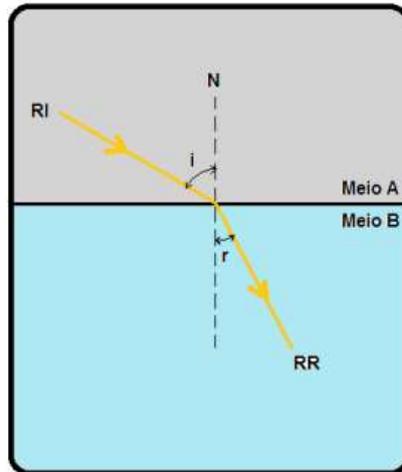


Figura 15 - Dióptro plano
Fonte: Capelline (2019).

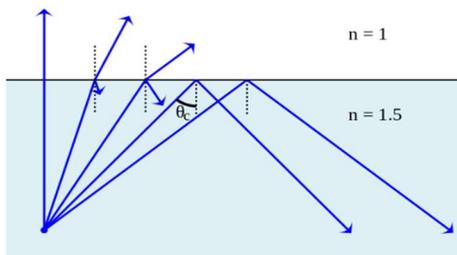


Figura 16 - Representação da reflexão total da luz.
Fonte: Válio et al., 2016.

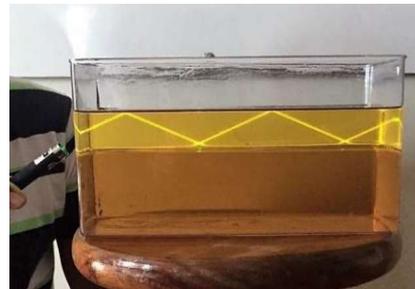


Figura 17- Representação da reflexão total da luz na mistura de água e óleo.
Fonte: Nather (2006).

2.4.9. Lentes

As lentes são dispositivos ópticos que funcionam por refração da luz e são muito utilizadas pelo ser humano, como nos óculos, nas lupas, nas câmeras fotográficas, nas filmadoras, nos telescópios, etc. As principais características desses dispositivos são a transparência e a superfície esférica (GUIMARÃES NETTO, 2015).

De acordo com a curvatura apresentada, as lentes esféricas podem ser classificadas em dois tipos: lentes convergentes como apresentado a seguir pela representação de (a, b, c) e lentes divergentes como apresenta as imagens (d, e, f) da figura 18.

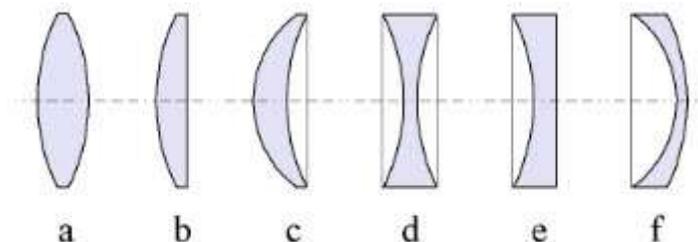


Figura 18 - Tipos de lentes
Fonte: Capelline (2019).

O quadro 10, a seguir apresenta as características dos tipos de lentes convergentes e divergentes. Assim, vale destacar que dentre esses tipos, três deles apresentam uma borda mais fina e três bordas mais espessas.

Quadro 10 - Características das lentes.

Tipos de Lentes Esféricas	
Lentes Convergentes	Lentes Divergentes
a) Biconvexa: possui duas faces convexas	d) Bicôncava: possui duas faces côncavas
b) Plano Convexa: uma face é plana, e a outra, convexa	e) Plano Côncava: uma face é plana, e a outra, côncava
c) Côncavo-convexa: uma face é côncava, e a outra, convexa	f) Convexa-Côncava: uma face é convexa, e a outra, côncava

Fonte: Adaptado de Guimarães Netto (2015).

2.4.9.1. Formação de Imagens

Pode-se encontrar a posição da imagem formada por uma lente esférica da mesma forma, como se faz com um espelho esférico. Deste modo, sabe-se que cada ponto da superfície de um objeto iluminado emite raios de luz para todas as direções. Os raios luminosos que chegam até a lente são raios refratados na sua superfície, de acordo com a Lei de Snell. Quando determinado a trajetória tomada por cada um dos raios refratados, consegue-se encontrar o ponto no espaço onde eles se cruzam. Com o ponto determinado, pode-se afirmar que ali está a imagem do ponto luminoso analisado conforme quadro 11.

Quadro 11 - Imagem conjugada em lentes esféricas

Formação de imagem	
Lentes Convergentes	Lente divergente
Imagem real, invertida e menor do que o objeto	Em lentes divergentes, a formação de imagem é sempre virtual, à direita do objeto e menor do que ele.
Imagem real, invertida e mesmo tamanho do objeto	
Imagem real, invertida e maior que o objeto	
Imagem imprópria (está no infinito)	
Imagem virtual, a direita do objeto e maior do que ele	

Fonte: Guimarães Netto (2015).

2.4.10 Prismas ópticos

Para Máximo e Alvarenga (2013), a refração em lâminas ocorre quando a luz passa por duas faces planas não paralelas, o que é conhecido como prisma óptico. Nesse objeto (figura 19), os elementos são analisados na sua relação com o desvio da luz ao passar pelo meio. Esse fenômeno permite a observação da dispersão da luz no prisma,

que consiste na decomposição de um feixe luminoso policromático em suas cores componentes.

A decomposição é a consequência de diversos desvios sofridos pelos componentes da luz branca, enquanto atravessam o prisma. A luz vermelha é que sofre menos desvio, enquanto a luz violeta é a que mais desvia.

Os prismas ópticos têm várias aplicações em experimentos, sendo duas dessas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho: a dispersão da luz ao atravessá-los e o fenômeno de reflexão total.

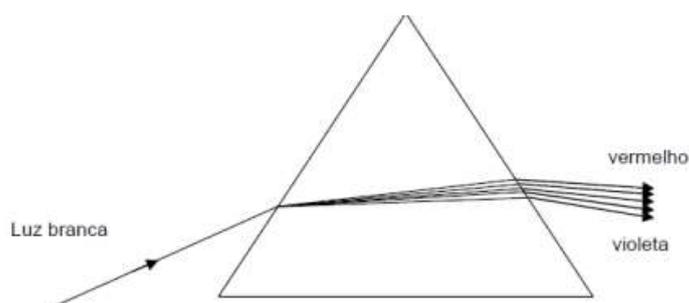


Figura 19- Prisma óptico.
Fonte: Pires (2017).

2.4.11 Pigmento e Cores

Segundo Bonjorno *et al.*, (2016) quando se fala de cores, é preciso distinguir entre a cor-luz e a cor-pigmento. A cor-luz ou cor-energia é toda cor formada pela emissão direta de luz. Já a cor-pigmento é a cor refletida por um objeto, isto é, a cor que o olho humano percebe. A cor luz é a encontrada nos objetos que emitem luz, como monitores, lanternas, televisão. A cor pigmento é a cor das tintas.

Como é possível perceber, a cor luz é o inverso da cor pigmento. Mas, em ambos os sistemas, existem as cores primárias. Elas são as cores puras, que não se decompõem. Juntas formam todas as outras cores.

Uma diferença crucial entre pigmento e cor pode ser observada ao se misturar todas elas, ou seja, ao se misturar todos os pigmentos, obtém-se a cor preta; ao se misturar todas as cores, obtém-se a cor branca.

De acordo com Bonjorno *et al.* (2016) tem se pigmento quando luz branca é aproximadamente uma mistura idêntica de todo o espectro da luz visível com uma gama de comprimentos de onda entre 380-400 nm a 760-780 nm. Quando esta luz encontra um pigmento, parte do espectro é absorvido pelas ligações químicas dos sistemas conjugados e outros componentes do pigmento. Alguns outros comprimentos de onda ou partes do espectro são refletidos ou dispersos.

Enquanto o fenômeno das cores ocorre quando o Sol emite radiação eletromagnética e, uma parte dessa radiação, compreende o espectro visível. A soma de todos os comprimentos de onda localizados na região visível do espectro eletromagnético resulta na luz branca. Ela também pode ser obtida somando-se as luzes vermelha, azul e verde, denominadas cores primárias. Quando duas das três cores primárias da luz são combinadas.

No grupo cor luz, as cores primárias são vermelho, verde e azul, o que é conhecido como sistema RGB (*red, green e blue*). A combinação destas três cores gera o branco e a ausência da cor-luz, o preto. A mistura de duas cores primárias, forma uma cor secundária. A luz branca não é composta de duas ou três, mas de todas as cores visíveis. Partindo de apenas três cores – vermelho, verde e azul – podem-se ter luzes de todas as outras cores. (BONJORNO et al., 2016). Assim, a combinação de duas cores primárias dá origem às cores secundárias, e a mistura de uma cor primária com uma ou mais secundárias cria as cores terciárias. É possível observar estas relações e nas figuras 20 e 21. Já o CMY (*cyan, magenta e yellow*) é conhecido o sistema de Cor Pigmento, e trabalha por subtração, ou seja, ao somar às três cores nas proporções corretas, obtém-se o preto (desde que se use pigmentos apropriados e de boa qualidade).

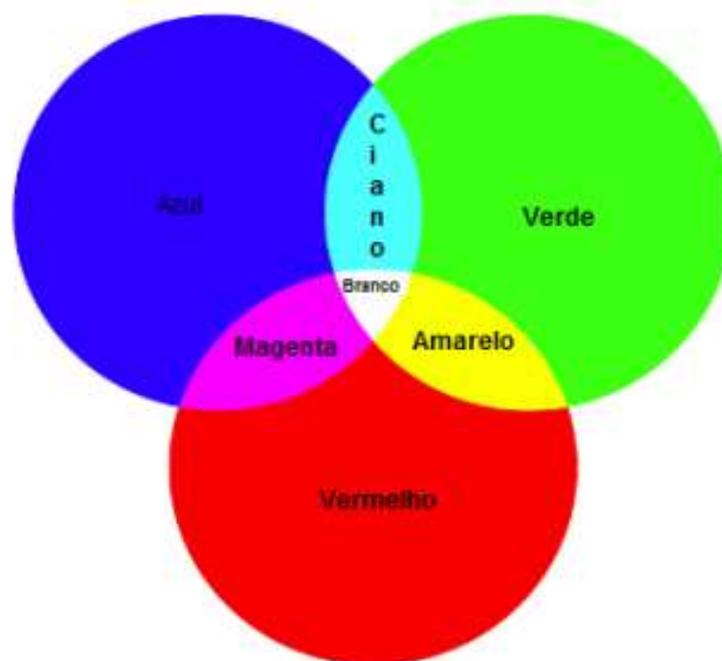


Figura 20 - Resultado da adição de cores primárias.
Fonte: Pires (2017).

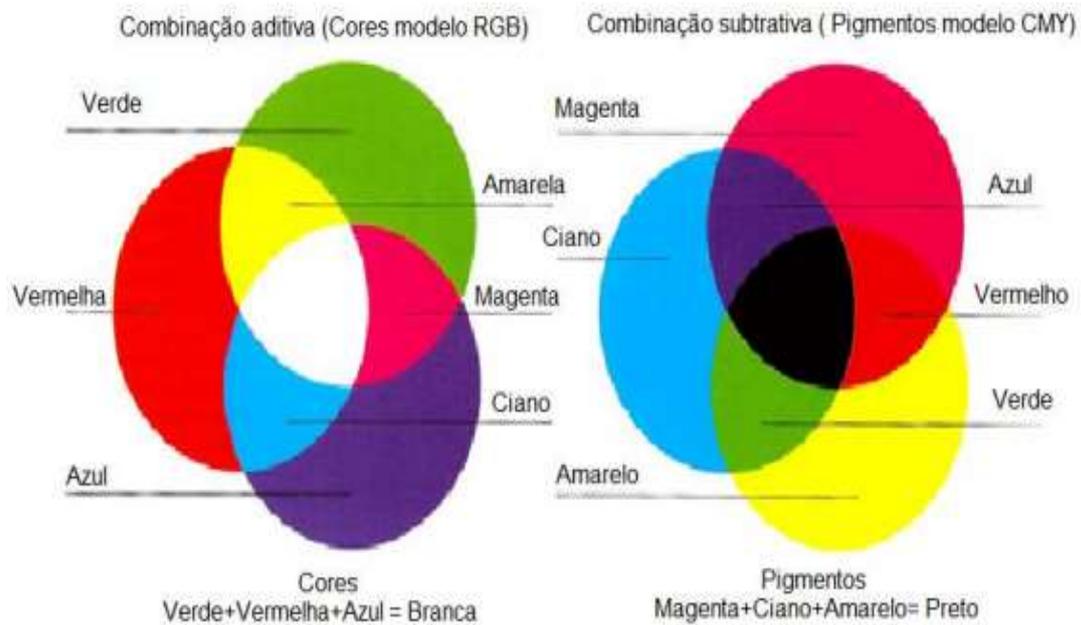


Figura 21 - Método de adição e subtrativos da cor
Fonte: Pires (2017).

2.4.12 Olho humano

O olho humano é um sistema óptico complexo, formado por vários meios transparentes, além de um sistema fisiológico com inúmeros componentes (figura 22). Todo o conjunto que compõe a visão humana é chamado globo ocular. A luz incide na córnea e converge até a retina, formando as imagens (CAPELLINE, 2019).

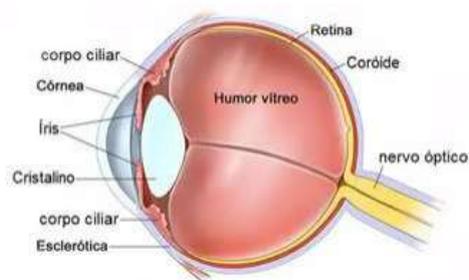


Figura 22 - Componentes do olho humano.
Fonte: Capelline (2019).

Para o estudo da óptica, considera-se o olho como uma lente convergente, com distância focal variável (figura 23):

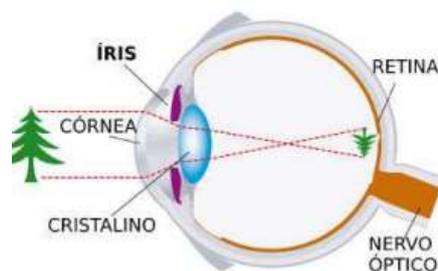


Figura 23 - Estruturas para formação da imagem em um olho.
Fonte: Capelline (2019).

2.4.12.1 Adaptação visual

Adaptação visual é a capacidade apresentada pela pupila de adequar-se à luminosidade em cada ambiente, comprimindo-se ou dilatando-se. Em ambientes com grande luminosidade, a pupila se contrai permitindo uma menor entrada da quantidade de luz. Já em ambientes mais escuros, acontece o inverso (GASPAR, 2016). Com isso, têm-se os defeitos na visão.

Os defeitos na visão são problemas causados por diversos fatores que compõem os elementos dos olhos. Alguns problemas são mais corriqueiros em seres humanos, tais como miopia, hipermetropia, astigmatismo e presbiopia.

2.4.12.2 Miopia

Para Torres *et al.* (2016) é uma anomalia da visão que consiste em um alongamento do globo ocular. Nesse caso há um afastamento da retina em relação ao cristalino, fazendo com que a imagem seja formada antes da retina, tornando-a não nítida (figura 24).

A correção da miopia é feita comumente com a utilização de lentes divergentes.

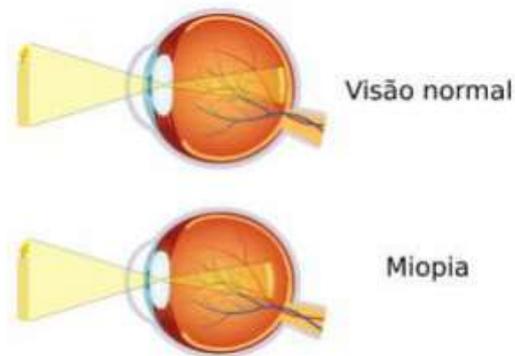


Figura 24- Míope
Fonte: Capelline (2019)

2.4.12.3 Hipermetropia

A hipermetropia, de acordo com Torres *et al.* (2016) é uma diminuição do globo ocular (figura 25). A correção desse defeito é possível através da utilização de lentes convergentes.

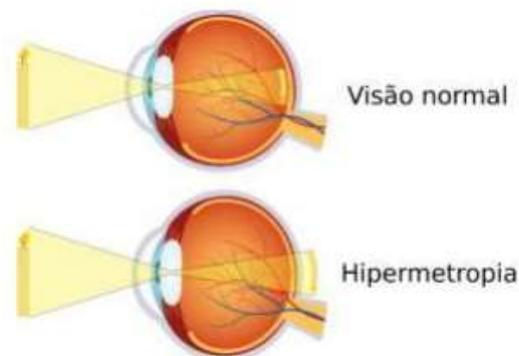


Figura 25- Hipermetrope.
Fonte: Capelline (2019).

2.4.12.4 Astigmatismo

Segundo Torres *et al.* (2016) consiste no fato de que as superfícies que compõem o globo ocular, apresentam diferentes raios de curvatura, ocasionando uma falta de simetria (figura 26) de revolução em torno do eixo óptico. A correção é feita com a utilização de lentes cilíndricas capazes de compensar tais diferenças entre os raios de curvatura.

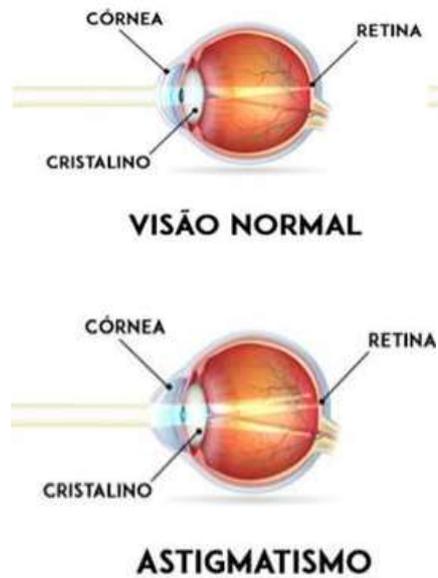


Figura 26 - Astigmatismo.
Fonte: Capelline (2019).

2.4.12.5 Presbiopia

Anomalia da visão semelhante à hipermetropia, que segundo Torres *et al.* (2016) ocorre com o envelhecimento da pessoa, ocasionando o relaxamento dos músculos (figura 27). A correção nesse caso se dá com a utilização de lentes bifocais (convergentes e divergentes).

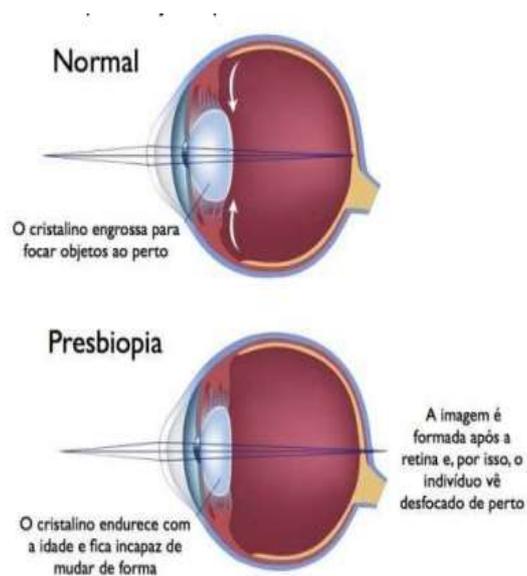


Figura 27 - Presbiopia.
Fonte: Capelline (2019).

2.4.13 Caráter dual da luz

Segundo (Máximo e Alvarenga (2014) um dos fatores que fazem com que o estudo da natureza da Luz seja extremamente rico e controverso é a sua prematuridade. Desde a Grécia antiga se pensava no que a luz era e como ela era criada. Empédocles defendia que toda a natureza era constituída a partir de quatro elementos. Acreditava que a luz é um constituinte do elemento fogo.

Já Aristóteles postulava que a luz são vibrações das partículas do éter, uma misteriosa substância imperceptível, mas que preencheria todo o espaço e vibraria com a propagação da luz.

Euclides foi um dos defensores da teoria de que a luz sairia dos olhos em direção ao corpo que queremos observar. Havia muita especulação a respeito da natureza da luz.

No século XVII havia uma controvérsia entre Huygens e Newton. Para Newton a luz é um conjunto de corpúsculos (partículas) e para Huygens é uma onda. A reflexão da luz é para Newton a colisão elástica de grãos de luz com espelho e para Huygens é a reflexão de uma onda.

A refração da luz ao passar do ar para a água, para Newton, está associada ao aumento da velocidade dos corpúsculos de luz. As partículas luminosas sofreriam atração exercida pela água feita de partículas mais pesadas que o ar o que aumentaria a componente normal da velocidade. A velocidade resultante na água seria maior e mais próxima do normal. Já para Huygens a refração está associada a uma redução na velocidade de propagação da luz ao entrar na água. Como uma parte se desloca no ar mais rapidamente do que a outra se desloca na água, o desvio é causado pelos deslocamentos desiguais dos extremos da frente de onda que se propagam em meios diferentes. A velocidade sempre diminui se o ângulo com a normal diminui. Para Newton, a luz era mais rápida na água e para Huygens, no ar. A medida da velocidade e propagação da luz na água mostraria qual das duas teorias elucidaria esse impasse.

Segundo os autores prevaleceu até o século XIX a autoridade de Newton que não aceitava a teoria ondulatória por achar que algo que se propaga em linha reta, como a luz, não pode ser uma onda, pois essa sempre tende a se espalhar.

No início do século XIX a experiência da interferência luminosa de Thomas Young retoma o debate da onda partícula. Ele usa: uma fonte de luz, um painel opaco com uma fenda, outro painel com duas fendas e um anteparo. Ligando a fonte luz observa-se, no anteparo, um conjunto de franjas, linhas claras e escuras que se alternam. A central

é a mais brilhante e o seu brilho decai lateralmente. Difícil era explicar esse resultado com os corpúsculos de luz de Newton que se deslocam em linha reta, em meios homogêneos. A luz não iria iluminar nada ao fundo ou poderia iluminar um ponto aqui outro ali, ou dois pontos, talvez.

Contudo, usando a teoria corpuscular não é possível explicar as várias franjas nem o maior brilho da franja central. Já a onda luminosa de Huygens sofreria uma difração; depois nas duas fendas sofreria de difração outra vez (figura 28). As ondas coerentes que saíram das fendas formariam uma figura de interferência construtiva e destrutiva formando as franjas claras e escuras. Young explica tudo isso com a teoria da onda e calcula com dados, de experimento, o comprimento de onda da luz pela primeira vez.

Na mesma época Augustin Fresnel inventor da lente de escadas e da representação das vibrações por fasores, chega a notável equação de propagação da onda, e, com ela conseguiu comprovar, matematicamente, o princípio de Huygens que considera que cada ponto de uma frente de onda é uma fonte de onda. Explica a tendência da sua energia de se espalhar com o princípio da propagação retilínea. Ele prova que mesmo sendo uma onda a luz pode se propagar em linha reta desmontando a maior objeção de Newton ao modelo ondulatório.

O grande matemático Poisson observou durante uma apresentação de Fresnel que se a teoria fosse correta um pequeno disco não muito maior que o comprimento de onda da luz, quando iluminado, apresentaria uma sombra circular com um ponto luminoso no centro. Arago postulou junto de Fresnel, a transversalidade da onda luminosa com movimentos de vibração do éter de Aristóteles e de propagação da luz em direções perpendiculares.

Os trabalhos de Young e Fresnel mostravam que a teoria ondulatória de Huygens era superior a teoria corpuscular de Newton para explicar a difração e interferência da luz, mas a autoridade de Newton ainda falava mais alto.

Considerando que para Huygens a velocidade da luz era maior no ar do que na água e que para Newton a velocidade da luz é maior na água do que no ar e através do experimento de Foucault, em 1850, que mediu a velocidade da luz na água e o seu valor era maior no ar do que no água, o que corrobora com a teoria de Huygens, estava declarada a vitória da teoria ondulatória. Reflexão, refração, difração, polarização e interferência da Luz foram explicadas pela teoria da onda. A luz passou a ser vista como um fenômeno ondulatório, sem contudo, desprezar o seu caráter corpuscular.

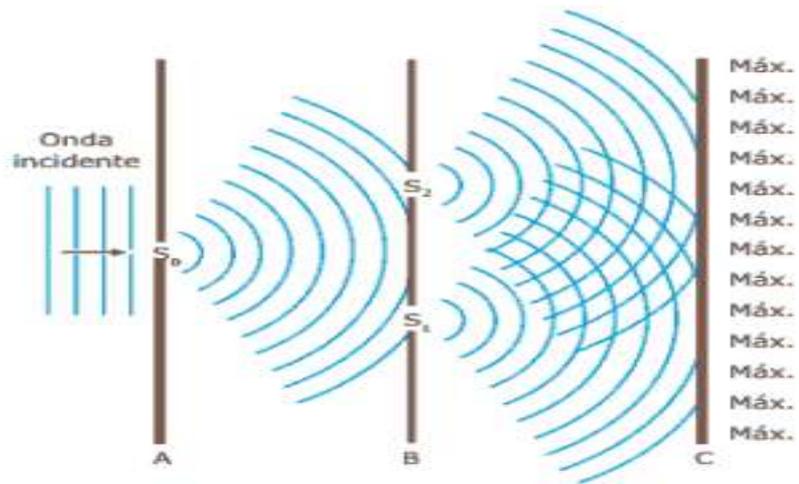


Figura 28 – Experimento dupla fenda de Young.
Fonte: Silva (2017)

3. MATERIAS E MÉTODOS

O método utilizado para o desenvolvimento da presente pesquisa foi o método qualitativo, cujo objetivo foi a verificação dos conceitos de óptica geométrica e óptica física por meio da experimentação expositiva (ZOMPERO e LABURÚ, 2011), que possibilita uma melhor compreensão do todo através da pesquisa aplicada, ou seja, o uso concomitante da teoria e da prática em sala de aula (GUEDES PINTO, 2017). Os conceitos abordados foram *Óptica Geométrica* e *Óptica Física* (NEWTON, HELOU e GUALTER, 2016).

Para responder aos objetivos específicos desta pesquisa, partiu-se da premissa da percepção do educando sobre um dado contexto. Foram utilizadas cinco fases para a pesquisa, cada uma associada a ações necessárias para o desenvolvimento gradativo do tema. As cinco fases são:

- Fase 1: Aplicação do questionário de entrada dia 29/05/19 (vide anexo I);
- Fase 2: Realização das aulas experimentais de 05/06/19 a 03/07/19;
- Fase 3: Aplicação do questionário de saída 04/07/19 (vide anexo I);
- Fase 4: Aplicação de um procedimento lúdico 04/07/19 (vide anexo II);
- Fase 5: Avaliação geral 04/07/19.

3.1 Objeto de análise

O ambiente escolhido para a aplicação deste trabalho foi a Escola Estadual Deputado Francisco Eduardo Rangel Torres (figura 29), sendo que no período da pesquisa, essa escola era a única instituição de ensino da cidade que ofertava o ensino médio.

O município de Rio Branco se localiza no Estado de Mato Grosso (vide figura 30), e o número populacional aproxima-se a 5.070 habitantes. No ano de 2018, a escola citada possuía 19 docentes e 176 discentes matriculados no o ensino médio (IBGE, 2018).

A Escola, inserida em um contexto local e universal, concebe a Educação como um processo permanente de aprendizagem, em que o sujeito interage na construção de conhecimentos e saberes. Assim, a Escola tem como objetivo o processo de formação integral do sujeito, e busca garantir aos alunos, aprendizagens essenciais e significativas

para a formação de cidadãos autônomos, críticos e participativos; capazes de atuar com competência, dignidade, solidariedade e responsabilidade social.



Figura 29 - Localização do município de Rio Branco/MT
Fonte: Google Maps.



Figura 30 - Local onde foi realizada a pesquisa.
Fonte: A autora, 2019.

O estudo foi realizado nos meses de junho e julho de 2019, com 23 educandos (12 alunos do sexo masculino e 11 do sexo feminino), matriculados no período noturno (56,1% do total dos alunos matriculados no 3.º ano do Ensino Médio da escola) de idades entre 17 e 19 anos. Foi garantido o anonimato aos participantes da pesquisa.

3.2 Validação do questionário da experimentação

A proposta de questionário foi realizada a partir de questões fechadas, dentre as alternativas o educando deveria escolher apenas uma única opção de resposta. Os modos de apresentação das questões seguiam o modelo de apenas cinco alternativas em cada questão. Assim, fez-se necessário a participação de todos os alunos (23 participantes). Sua validação foi realizada no mês de maio de 2019, pela participação voluntária de dois professores das áreas de ciências naturais da escola (objeto desse estudo) os quais propuseram os devidos ajustes.

3.3 Fase 1: Aplicação de questionário de entrada

A pesquisa foi realizada com o uso de 20 recursos didáticos, sendo 19 experimentos e um jogo, que foram analisados em contextos separados. Diante disso, foram aplicados questionários de entrada em junho e o questionário de saída em julho, ao findar da pesquisa cada questionário era composto por 10 proposições.

As questões foram elaboradas seguindo as orientações de McClelland (1976) e as alternativas seguiram a escala Likert (BOONE e BOONE, 2012), com as opções de resposta: *concordo fortemente, concordo, neutro, discordo, discordo fortemente*. A elaboração dessas atividades teve o objetivo de estabelecer uma comparação entre os questionários.

Os questionamentos foram agrupados de acordo com os conceitos e suas definições. Assim, o estudo reuniu as respostas em uma estrutura que permitiu uma compreensão das análises realizadas (quadro 12).

Quadro 12 - Estrutura para as respostas das análises experimentais.

Perguntas	Temáticas	Recursos utilizados
Questões 1, 3 e 10	Composição e decomposição da luz	Prisma, Disco de Newton, soma das cores primárias e a cor dos objetos iluminados.
Questões 2, 5 e 6	Reflexão da luz	Fogo que queima, Periscópio, caleidoscópio, curvando a luz, espelhos planos, paralelos, côncavos e convexos.
Questões 3 e 4	Refração da luz	Caneta quebrada e garrafa invisível, olho de boi, lentes, prisma e lâminas de faces paralelas.
Questão 7	Ilusão de óptica	Imagem 3D e Holograma.
Questão 8 e 9	Natureza da luz e interferência	Princípio da independência do raio de luz e Simuladores Ideias na Caixa e PhET.

Fonte: A autora, 2019.

3.4 Fase 2: Realização das aulas experimentais

Para que se tornasse possível a realização desta pesquisa, se fez necessário traçar um cronograma, bem como estabelecer as metas e estratégia, assim como o objetivo de cada atividade (quadro 13 a 17).

Quadro 13 – Cronograma 01 de aplicação da pesquisa.

Tema gerador	Reflexão da luz		
Conteúdo abordados	<ul style="list-style-type: none"> Modelos para a luz; histórico da evolução da luz; cores; Dualidade da luz e dupla fenda. 	<ul style="list-style-type: none"> Reflexão da luz, tipos e leis. 	<ul style="list-style-type: none"> Espelhos planos e espelhos esféricos; A percepção das cores.
Número de aulas (2h/aulas)	1	1	1
Experimentos utilizados	<ul style="list-style-type: none"> Princípio da interdependência de raios de luz; Disco de Newton; Câmara escura; Simuladores do site PhET; A soma das cores primárias; A cor dos objetos iluminados. 	<ul style="list-style-type: none"> Fogo que não queima; Ilusão de óptica da arte. 	<ul style="list-style-type: none"> Associação de espelhos; Imagens infinitas em espelhos paralelos; Visão x impressão; Dualidade da luz.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> Perceber a evolução do entendimento da luz ao longo da História; Compreender os princípios de propagação da luz; Caracterizar sombra e penumbra; Compreender a luz como onda eletromagnética e seu caráter dual; Compreender o padrão de cor RGB. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar os tipos de reflexão da luz; Interpretar e aplicar as leis da reflexão em diferentes situações. 	<ul style="list-style-type: none"> Caracterizar os espelhos planos e as imagens formadas; Caracterizar os espelhos esféricos e as imagens formadas; Compreender a representação dos raios notáveis na formação de imagens em espelhos esféricos; Compreender as aplicações dos espelhos esféricos em instrumentos ópticos; Relacionar a reflexão da luz com a maneira de enxergar as cores; Compreender a luz como onda eletromagnética e seu caráter dual.

Fonte: A autora, 2019.

Quadro 14 - Cronograma 02 de aplicação da pesquisa.

Tema gerador	Refração da luz	
Conteúdo abordados	<ul style="list-style-type: none"> • O que é refração; • Leis da refração. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispersão da luz; • Reflexão total luz
Número de aulas (2h/aulas)	1	1
Experimentos utilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Examinando a refração; • Garrafa invisível. 	<ul style="list-style-type: none"> • A fibra óptica; • Arco-íris; • Prisma e lâminas de faces paralelas.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender o fenômeno da refração da luz; • Interpretar fisicamente o índice de refração da luz; • Compreender as leis da refração da luz; • Aplicar a equação de Snell-Descartes em sistema na qual ocorre a refração; • Explicar os efeitos da refração da luz; • Compreender o funcionamento de dióptros planos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar o significado físico do ângulo limite para que ocorra a reflexão total; • Compreender o funcionamento das fibras ópticas como aplicação dos fenômenos de reflexão total; • Compreender o fenômeno da dispersão da luz; • Relacionar o índice de refração de um meio com a velocidade de propagação das cores diferentes; • Explicar o fenômeno de dispersão da luz num prisma e na formação do arco-íris; • Aplicar o fenômeno de refração da luz na explicação da posição aparente dos astros, das miragens e nas observações astronômicas.

Fonte: A autora, 2019.

Quadro 15 - Cronograma 03 de aplicação da pesquisa.

Tema gerador	Lentes esféricas	
Conteúdo abordados	<ul style="list-style-type: none"> • Lentes; • Equação Das Lentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formação da imagem nas lentes esféricas; • Alguns instrumentos ópticos.
Número de aulas (2h/aulas)	1	1
Experimentos utilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Duas posições e duas projeções. • Olho mágico; 	<ul style="list-style-type: none"> • Periscópio; • Como percebemos as três dimensões do espaço; • Imagens 3D.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar e classificar lentes esféricas; • Conhecer os elementos geométricos das lentes esféricas, convergentes e divergentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar o funcionamento de instrumentos ópticos, como telescópio, microscópio e projetor.

Fonte: A autora, 2019.

Quadro 16 - Cronograma 04 de aplicação da pesquisa.

Tema gerador	Olho humano
Conteúdo abordados	<ul style="list-style-type: none"> • O olho humano como instrumento óptico e a máquina fotográfica; • Defeitos da visão.
Número de aulas (2h/aulas)	1
Experimentos utilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Dissecção de olho de boi; • Simulador do site Ideias na Caixa.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar cada parte de um olho e relacioná-la com a teoria; • Diferenciar cada parte do olho, associando-se as suas funções; • Verificar a percepção do fenômeno da luz e sua propagação.

Fonte: A autora, 2019.

Quadro 17- Cronograma 05 de aplicação da pesquisa.

Tema gerador	Jogo Trilha Óptica
Conteúdo abordados	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação do jogo; • Questionário relacionado com o jogo; • Questionário de saída; • Avaliação geral.
Número de aulas (2h/aulas)	2
Recurso utilizado	<ul style="list-style-type: none"> • Jogo
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar através da observação durante a realização do jogo e através do questionário se ele pode ser um objeto de revisão para o ensino de óptica.

Fonte: A autora, 2019.

Os conceitos de óptica haviam sido desenvolvidos previamente com os educandos participantes deste trabalho (no ano de 2018), o que foi constatado pelo currículo básico da escola nas várias etapas do ensino. Contudo, tais conceitos não foram abordados por meio de experimentos ou outras técnicas, mas pela matematização.

Foram utilizados simuladores nas atividades (figuras 31 e 32) com a perspectiva de desenvolver os fundamentos dos fenômenos associados à óptica física e óptica geométrica nos simuladores IDEIAS NA CAIXA⁵ e PHET⁶.

⁵ <http://www.ideiasnacaixa.com/>

⁶ https://phet.colorado.edu/m/pt_BR/



Figura 31 - Simulador de Física.

Fonte: Ideias na caixa (2013).



Figura 32 - Simulador de Física

Fonte: PhET (2002).

Para as aulas práticas, foram utilizados dois tipos de recursos: os materiais de baixo custo e os materiais alternativos. Os materiais de baixo custo são aqueles que podem-se encontrar facilmente e são reciclados. Já os materiais alternativos são protótipos de tecnologia e podem ser utilizados para estimular a curiosidade inata dos jovens, seu interesse pela compreensão da natureza e do mundo. Ambos podem ser instrumentos facilitadores para compreensão da óptica geométrica e óptica física, por serem de fácil manuseio, além de serem recursos cativantes da atenção dos estudantes, um elemento facilitador entre professor/educando e o conhecimento.

Os materiais alternativos utilizados para as atividades de óptica foram elaborados pela Educar & Cia⁷. Neste trabalho, os dois *kits* manuseados foram: *kit 1* “Uma fantástica viagem ao mundo das cores e sensações” e *kit 2* “Aventura com raios de luz”.

O *kit 1* (uma fantástica viagem ao mundo das cores e sensações) é composto por quatro fontes de luz, três nas cores primárias (verde, vermelho e azul) e uma na cor branca, quatro conjuntos “de filtro” por transmissão, uns óculos de visão 3D, uma gravura para visão 3D, um peão giratório de cores e cartões para ilusões de óptica (figura 33).



Figura 33 - Componentes do kit 1.

Fonte: A autora, 2019.

⁷ *Kits* adquiridos com recursos da FAPEMAT para o projeto “Rede Terra como Princípio educativo” e cedido pela UNEMAT campus Tangará Serra - MT.

azul, anil e violeta), cola branca, tesoura sem ponta, régua, compasso, lápis, furador de papel, fita adesiva, transferidor.

Com o compasso, foi feito círculo (o tamanho aqui não é importante, porém, se o disco for muito grande, o efeito da composição da luz branca será menos visível); com a régua e o lápis, foram feitas divisões triangulares no círculo, todas com o mesmo tamanho, como uma pizza de aproximadamente 51° ; os triângulos foram pintados, tal que todo o espaço foi totalmente colorido, sem deixar falhas. Depois disso, foi feito um pequeno furo circular no centro do círculo com o furador de papel; pelo furo, passou-se um lápis e fazendo um apoio, ao enrolar o lápis com a fita do lado da parte branca da cartolina.

Finalizada a confecção do disco, bastou garantir a rotação do disco. Quanto mais rápido o disco girar, maior será o efeito da composição da luz branca sobre os olhos.

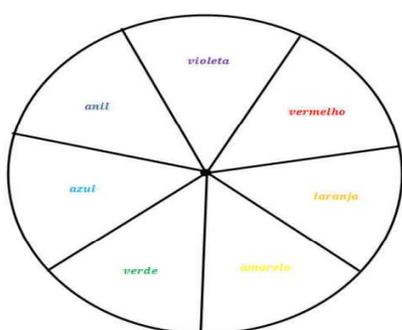


Figura 35 - Esquema de confecção do Disco de Newton.

Fonte: A autora, 2019.



Figura 36 - Disco Newton confeccionado.

Fonte: A autora, 2019.

3.4.2 Câmara Escura

Gaspar (2010) discorre que o princípio da propagação retilínea pode ser observado na *câmara escura* de orifício. A câmara escura pode ser construída com uma caixa de paredes opacas, pretas internamente e totalmente fechada com exceção de um pequeno orifício feito em uma das paredes, por onde penetra a luz. Com a incidência da luz pelo orifício, na parede oposta é gerada uma imagem invertida (figuras 37-38). Para a construção da câmara, foram necessários os seguintes materiais: uma lata de leite em pó (ou similar), um pedaço de papel vegetal, elástico amarelo, tesoura, prego e martelo.

Foi feito um furo com o prego no fundo da lata e recortado o papel vegetal com diâmetro aproximadamente 2 cm maior do que o diâmetro da abertura da lata, prendeu-se papel vegetal na abertura (no lugar da tampa) usando o elástico amarelo e apontado o furo para uma paisagem bem iluminada e observe o papel vegetal.

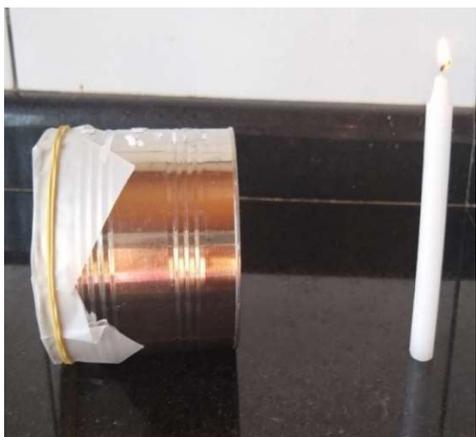


Figura 37 - Câmara Escura (visão lateral).
Fonte: A autora, 2019.



Figura 38 - Câmara Escura (visão frontal).
Fonte: A autora, 2019.

3.4.3 Periscópio

Periscópios são dois espelhos planos retangulares iguais, dispostos em ângulos de 45° e em um tubo vertical, de maneira que a imagem do objeto, fora do campo de visão do observador possa ser visualizada (GASPAR, 2010). São necessários os seguintes materiais para a sua confecção: papel cartaz preto, dois espelhos planos de 5×5 cm, régua, tesoura, cola e fita adesiva.

Foi recortado um pedaço do papel cartaz em dimensões de 66 cm por 43, em seguida foi feita a divisão do papel em quatro partes iguais, dobrando-o como para fazer um tubo, recortou-se de forma retangular a parte pela qual se observou o espelho e a parte pela qual, entrou a luz do objeto a ser observado, se colocou os espelhos dentro do tubo que foi montado. O resultado pode ser visto na figura 39:

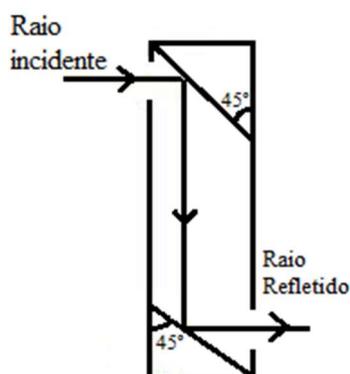


Figura 39 - Visão estrutural para confecção do Periscópio
Fonte: Gaspar (2010).

3.4.4 Dispersão em um prisma

O fenômeno de dispersão da luz branca no prisma é mais acentuado do que em uma única superfície dióptrica (figuras 40 e 41). Isso ocorre porque a separação das luzes se dá na primeira face e, na segunda, os desvios se acentuam (RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO, 2003).

Segundo Torres *et al.* (2016) é pela intensidade dos efeitos, que a utilização de prismas para observação da dispersão da luz é de interesse para atividades de óptica geométrica. Os efeitos ocorrem pela incidência de um feixe de luz sobre uma das faces do prisma, gerando uma primeira dispersão por efeito de refração, uma vez que as diferentes frequências luminosas sofrem refração em ângulos distintos.

Ao incidirem na outra face interna do prisma, tais radiações luminosas sofrem nova refração, gerando dispersão e, conseqüentemente, uma faixa de luz colorida no anteparo. Os efeitos dependem dos cuidados experimentais e das condições de luz do ambiente. O caminho óptico também pode ser observado na parte interna do prisma.

Os materiais necessários para a essa atividade foram: prisma (de acrílico ou de vidro), uma fonte de luz intensa (do sol, se possível, ou uma lanterna de luz branca, um anteparo (parede ou cartolina).



Figura 40 - Prisma
Fonte: A autora, 2019.

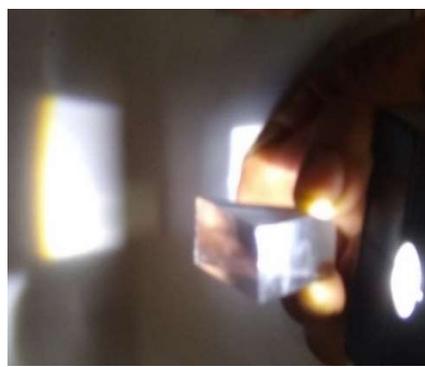


Figura 41 - Decomposição da luz num prisma
Fonte: A autora, 2019.

O sucesso da maioria dos experimentos de dispersão da luz depende da intensidade da fonte de luz e, na maioria das vezes, de uma fenda adequada que permita obter um feixe estreito de luz. É conveniente que a luz do ambiente seja reduzida ao mínimo possível.

3.4.5 Associação de espelhos planos

A associação de espelhos ocorre quando dois espelhos planos retangulares iguais são dispostos de uma tal maneira que o conjunto possa ser aberto ou fechado como um livro contendo espelhos em suas páginas. Para essa atividade, foram necessários dois espelhos planos (sugestão: 10 x 20 cm) e fita adesiva.

Os dois espelhos foram fixados com a fita adesiva sobre um suporte formando um ângulo menor do que 180° entre eles. Um objeto qualquer deve ser posicionado entre os espelhos de modo a permitir a variação do ângulo entre eles (figuras 42 e 43).

Segundo Gaspar (2010), a quantidade de imagens (N) geradas por espelhos planos associados em um ângulo α entre eles, é estabelecida pela seguinte relação:

$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$



Figura 42 - Dois espelhos associados formando um ângulo de 90°.

Fonte: A autora, 2019.



Figura 43 - Dois espelhos associados formando um ângulo 72°.

Fonte: A autora, 2019.

3.4.6 “Curvando” a luz e reflexão total em um tubo de ensaio

Segundo Paraná (1998), a “curvatura” da luz e a reflexão da luz em um tubo de ensaio são consequências dos efeitos de reflexão total, tal como ocorre em uma fibra óptica. Nas fibras ópticas ideais, os raios de luz que incidem por uma das suas extremidades, percorrem o filamento, sofrendo uma série de reflexões totais (figuras 44 e 45), sendo, portanto, completamente refletidos para o interior, sem que ocorram perdas de sinais luminosos. Na prática, porém, parte da luz é refletida para o interior da fibra e parte sofre refração.

Para a produção dos efeitos de “curvatura” da luz, foram necessários, um apontador de laser, uma garrafa plástica, cola quente e pistola para aplicar a cola (ou cola à prova de água), canudo de plástico de 4 cm de comprimento e água. Quanto à reflexão total em um tubo de ensaio, foram necessários, um apontador, tubo de ensaio e água.

Para a “curvatura” da luz, na parte inferior da garrafa plástica foi feito um furo que cabia um canudo; também foi cortado 5 cm de canudo e introduzido no furo da garrafa, com um pedaço para fora; esse canudo necessitou ser colado à garrafa. Após a completa secagem da cola, encheu-se completamente a garrafa com água e tampou-a.

Assim, para a observação da curvatura da luz na garrafa, o feixe de luz precisou ser direcionado à saída de água pelo canudo. Ao ser direcionado da maneira correta, o feixe de luz acompanhará o caminho da água ao escorrer pelo canudo para fora da garrafa, gerando-se um efeito de “curvatura” da água. Tal efeito foi possível pela reflexão da luz na água, tal qual ocorre numa fibra óptica.

Para a atividade de reflexão total em um tubo de ensaio, o tubo necessitou conter água em todo o seu volume. Se posicionou -se o laser na parte superior do tubo de ensaio, a luz incidiu sobre o interior da água, o que possibilitou ser observados inúmeros feixes de luz provenientes de reflexão da luz no interior do tubo. O efeito é similar ao ocorrido na garrafa.



Figura 44- “Curvando” o raio de luz.
Fonte: A autora, 2019.



Figura 45- Reflexão total da luz em um tubo de ensaio.
Fonte: A autora, 2019.

3.4.7 Fogo que não queima

Máximo e Alvarenga (2014), descrevem um efeito de reflexão da luz que pode ser observado com poucos recursos. Conforme a referência citada, a atividade é realizada com duas velas de mesma altura e diâmetros semelhantes e um pedaço de vidro

transparente. As velas foram posicionadas em lados opostos com o vidro separando às duas, uma delas, acesa. A imagem do fogo da vela acesa é projetada sobre a vela apagada, gerando, como efeito, a observação de duas velas acesas (figura 46). Para esse efeito, as velas devem ser posicionadas ambas à mesma distância do vidro.



Figura 46- Apresentação do fogo que não queima.
Fonte: A autora, 2019.

3.4.8 Imagens infinitas em espelhos planos e paralelos

A imagem virtual é resultado da reflexão da luz por um espelho plano, sendo ela do mesmo tamanho do objeto e simétrica em relação ao espelho (figura 47). Quando dois espelhos são associados paralelamente, surge um número infinito de imagens (MÁXIMO e ALVARENGA, 2014). Para observar esse efeito, são necessários dois espelhos planos e um objeto qualquer. O número infinito de imagens é obtido ao posicionar dois espelhos paralelos com as faces refletoras uma de frente para a outra.



Figura 47 - Imagem conjugada em um espelho associado paralelamente a outro espelho.
Fonte: A autora, 2019.

3.4.9 Garrafa invisível e caneta quebrada

Para Newton, Helou e Gualter (2016), quando o índice de refração absoluto de um meio A, é maior que o índice de refração absoluto de um meio B, o meio A é dito mais refringente e o meio B menos refringente.

Se o índice de refração absoluto no meio A é igual ao índice de refração no meio B, então o meio A é tão refringente quanto o meio B. Neste caso, apresenta-se uma continuidade óptica (figuras 48). Isso ocorre com a glicerina e o vidro. Para essa atividade, foram necessários, glicerina, copo de vidro, garrafa de vidro, caneta e água.

A garrafa foi cheia completamente com glicerina e o copo até a metade, (figura 48), de tal forma quando se inseriu a garrafa dentro do copo, a parte submersa desapareceu.

Outro efeito é a caneta com aparência quebrada (figura 49). Ao se inserir a caneta em um copo com água até a metade, ela pareceu estar quebrada.



Figura 48 - Apresentação da Garrafa invisível.
Fonte: A autora, 2019.



Figura 49 - Caneta Quebrada.
Fonte: A autora, 2019.

3.4.10 Lâminas de faces paralelas

Uma das atividades propostas neste trabalho foi a observação de feixes paralelos. Para Guimarães, Piqueira e Carron (2016) um feixe incide sobre uma lâmina de faces paralelas imersa em um meio homogêneo e transparente, sofre refração ao passar do ar para a lâmina, e outra ao sair da lâmina e passar para o ar, sendo ambas paralelas (figura 50). Para essa atividade são necessários, um bloco de acrílico de faces paralelas, um laser e um transferidor. Para a observação dos efeitos, bastou direcionar a luz (laser) para uma das faces da lâmina com um transferidor. Assim, se observou o ângulo entre a luz

incidente e uma das faces da lâmina. O posicionamento do transferidor auxiliou a observação dos feixes paralelos.



Figura 50- Refração dupla em uma lâmina de faces paralelas.
Fonte: A autora, 2019.

3.4.11 Cor dos objetos iluminados e a soma das cores primárias

Alguns corpos absorvem seis cores, difundindo apenas uma, que é visível (figura 51). O modelo de cores baseia-se na adição de cores e é conhecido como método aditivo RGB. O estudo da cor de um determinado corpo por reflexão é chamado método subtrativo, pois, o corpo absorve determinadas cores e reflete outras (TORRES *et al.*, 2016).

Para essa atividade, foram necessários uma fonte de luz branca, uma fonte de luz azul, uma fonte de luz vermelha, uma fonte de luz verde e um anteparo. A observação dos efeitos ocorreu pela iluminação do anteparo com uma fonte de luz de cada vez e depois com a combinação de cores até que ele fora iluminado pelas fontes vermelhas, verde e azul simultaneamente. Para abranger todas as combinações possíveis, foram realizados os seguintes métodos de combinações conforme quadro 18.

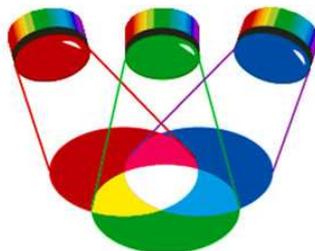


Figura 51 - Esquema da soma das cores primárias
Fonte: Newton, Helou e Gualter (2016).

Quadro 18 - Soma das cores primárias.

Vermelho + Verde = Amarelo;
Vermelho + Azul = Violeta;
Azul + Verde = Azul Claro (Ciano);
Vermelho + Verde + Azul = Branco.

Fonte: A autora, 2020.

3.4.12 Imagens 3D

A observação da realidade virtual pode ser realizada por inúmeros métodos. De acordo com Garofalo (2019), o mais popular e barato é o que utiliza os óculos 3D com lentes coloridas, sendo uma vermelha e a outra azul. Essa técnica é chamada de 3D anáglifo. Não proporciona fidelidade de cores, mas permite a observação de imagens em 3D. Ao ver uma imagem com esses óculos, a lente vermelha oculta a imagem em tons de ciano e a lente ciano oculta a imagem em tons vermelhos. Assim, cada olho enxerga uma imagem diferente e o cérebro, ao juntar às duas informações, produz a sensação de profundidade, simulando a terceira dimensão (figura 58). Os recursos necessários são óculos para visão 3D e uma imagem para visão 3D.



Figura 52 - Óculo e figura 3D.

Fonte: A autora, 2019.

3.4.13 Caleidoscópio

Um caleidoscópio é constituído por três tiras de espelhos retangulares similares no formato de um prisma retangular com a face refletora voltada para dentro (GASPAR,

2010). O objetivo desse instrumento é perceber a reflexão do objeto e de suas imagens, dando a impressão de existir um número maior de objetos (figuras 58-59). Para a confecção de um caleidoscópio, são necessários três espelhos retangulares de 4 x 20 cm cada, fita adesiva, papel vegetal e miçangas.

Os três espelhos retangulares foram posicionados de maneira que formaram um triângulo, a fita adesiva envolveu todo seu exterior para fixar o conjunto. Em um dos fundos colou-se papel vegetal e miçangas, colocadas em seu interior, proporcionando inúmeras imagens ao girar.



Figura 53 - Caleidoscópio visão externa
Fonte: A autora, 2019.



Figura 54 - Caleidoscópio visão interna.
Fonte: A autora, 2019.

3.4.14 Holograma de celular

Os hologramas são registros que, quando iluminados de forma conveniente, permitem a observação da imagem dos objetos que lhe deram origem. Os hologramas registram também a fase da radiação luminosa proveniente do objeto. Nesta fase está contida a informação sobre a posição relativa de cada ponto do objeto iluminado, permitindo reconstruir uma imagem com informação, aparentemente tridimensional, conforme a figura 57 (SCHIVANI, SOUZA e PEREIRA, 2018). Para realizar essa atividade, são necessários, papel milimetrado, régua, uma garrafa PET lisa e transparente, fita adesiva ou supercola, uma caneta ou lápis, tesoura, estilete e smartphone.

No papel milimetrado traçou-se um trapézio para gerar o molde. Este fora utilizado para recortar a garrafa no formato de quatro trapézios. Os trapézios de plástico foram unidos com uma fita adesiva, gerando um “funil”, o qual, ao ser colocado sobre a tela do smartphone para se observar a projeção de um vídeo ou imagem. O vídeo ou a imagem não podem ser quaisquer. Nesse trabalho, foi utilizado um vídeo próprio para holograma em smartphone.

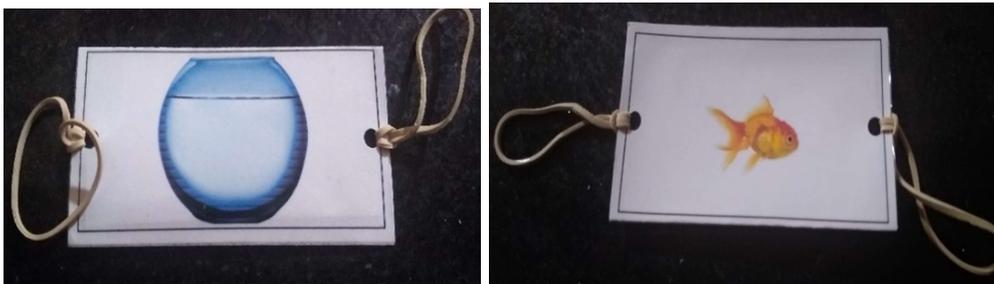


Figura 57 - Cartões para trabalhar a ilusão.

Fonte: A autora, 2019.

3.4.16 Reflexão de um feixe de luz: o espelho côncavo e o espelho convexo

Segundo Torres *et al.* (2016) quando feixes de luz incidem paralelamente sobre um espelho côncavo, são refletidos para um ponto. Por esse motivo, pode-se dizer que os espelhos côncavos são convergentes (figura 58).

Nos espelhos convexos, os feixes de luz que incidem paralelamente sobre a sua superfície são refletidos afastando-se cada vez mais uns dos outros, motivo pelo qual um espelho convexo é considerado um espelho divergente (figura 59).

Os materiais utilizados nessa atividade foram: uma fonte de luz branca, um espelho côncavo, um espelho convexo e uma fenda múltipla. As figuras 58-59 representam os efeitos da incidência da luz sobre a superfície de um espelho côncavo e de um espelho convexo, respectivamente.

A nomenclatura divergente/divergente é mais comumente associada às lentes e se diferenciam dos espelhos onde os raios de luz se encontram.



Figura 58 - Projeção de um feixe de luz no espelho côncavo

Fonte: A autora, 2019.



Figura 59 - Projeção de um feixe de luz no espelho convexo

Fonte: A autora, 2019.

3.4.17 Dissecação do olho bovino

Para Saba e Epiphanio (2001), o olho de boi possui várias semelhanças com o olho humano. Um experimento de fácil realização em sala de aula, a dissecação de um olho de boi, pode ajudar os estudantes de física a entender o mecanismo da visão humana e também compreender melhor alguns conceitos de óptica (figuras 60-61). São necessários um olho de boi, luvas de látex, bisturi, lâminas de gilete, placa de petri ou pires e pinças. A seguir, são apresentadas as etapas para realização dessa atividade.

1. Retirou-se o excesso de gordura e músculos que existem em torno do olho.

2. Retirou-se a córnea com a identificação da própria córnea, do humor aquoso (que garante a pressão na córnea), da íris e do diafragma, composto por músculos que manipulam o diâmetro da pupila e controlam a quantidade de luz nos olhos bovinos.

3. Removeu-se do cristalino, uma lente convergente no interior do olho do boi.

4. Observou-se do humor vítreo, uma espécie de massa gelatinosa que preenche a parte interna do olho, definindo a sua forma, e é responsável por manter a retina fixada no fundo do olho.

5. Corte -se o globo ocular pela metade, em qualquer sentido com objetivo de observar que no fundo do olho encontra-se a retina, uma película vastamente irrigada por vasos sanguíneos.

6. Observou-se o tapete atrás da retina. O tapete é uma camada azul-esverdeada brilhante e colorida que reflete de volta para a retina a luz que já passou por ela. Ele permite ao boi enxergar melhor no escuro. O farol de um carro faz brilhar os olhos do gato, pois, ele também tem essa camada refletora no fundo do olho. O ser humano não possui o tapete: o fundo do nosso olho é preto e absorve a luz que passa pela retina

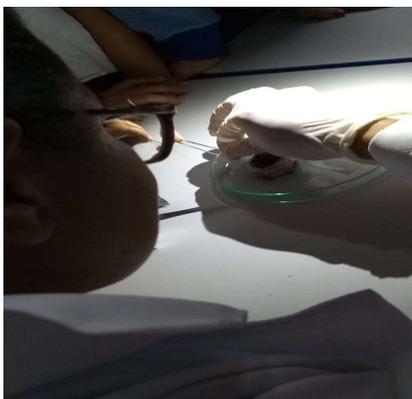


Figura 60 - Início da dissecação do olho de boi.
Fonte: A autora, 2019.



Figura 61 - Olho de boi dissecado
Fonte: A autora, 2019.

3.4.18 A independência do raio de luz

A independência do caminho óptico se observa por um feixe de luz não modificar sua trajetória, ainda que intercepte outro raio de luz (GASPAR, 2016), conforme representado na figura 62. Os materiais necessários para essa atividade foram dois lasers ou lanternas de cores diferentes. As observações dos efeitos foram realizadas ao projetar os feixes de luz provenientes das duas fontes de maneira que eles se cruzem. Ainda que se interceptem, os feixes não modificaram suas propagações.



Figura 62 - Trajetória de duas fontes de luz
Fonte: A autora, 2019.

3.5 Fase 3: Aplicação do questionário de saída

Os questionários podem ser utilizados como ferramentas de diagnóstico de aprendizagem. Nesse trabalho, foram aplicados aos estudantes questionários de entrada e de saída contendo as mesmas questões, pois, o objetivo foi a comparação entre as respostas dos alunos antes e depois da realização das atividades. A análise buscou mudanças nas percepções (reformulação ou alteração das respostas dos alunos sobre o conteúdo).

3.6 Fase 4: Aplicação de um procedimento lúdico

Para esta fase e para proporcionar maior interação entre os educandos, foi aplicado um procedimento lúdico como forma de tecnologias educativas para o desenvolvimento humano. Assim, foi elaborado um jogo didático, intitulado pela autora por Trilha Óptica, a partir das teorias da gamificação e dos jogos educativos.

O objetivo desse jogo foi ressaltar os conceitos de óptica expostos durante as demais atividades, mas de maneira lúdica e inovadora, permitindo aprimorar as práticas didáticas (MOREIRA, 2011).

O jogo permite a integração entre os educadores e os educandos, promovendo a interação em conjunto com a investigação para solucionar as questões propostas. Após essa análise comparativa, o estudo empregou esforços para confrontar os resultados com a TAS.

O jogo é composto por sessenta cartas subdivididas em categorias (quadro 19) que representam uma abordagem conceitual já apresentada durante as atividades anteriores.

Quadro 19 - Cartas do jogo.

Conceitos abordados no jogo	Número de cartas
Defeitos na visão	3
Natureza da luz	3
Refração	9
Reflexão	4
Lentes	5
Reflexão total	1
Espelho esférico	6
Instrumento óptico	1
Propagação da luz	3
Fontes de luz	2
Espelho plano	3
Cor de um objeto	6
Eclipse	2
Ano-luz	1
Decomposição da luz	3
Característica da óptica geométrica	2
Absorção da luz	1

Fonte: A autora, 2020.

Essas cartas foram pensadas e confeccionadas com objetivo de ressaltar os conceitos de óptica abordados durante as aulas experimentais, atuando como um recurso de revisão.

3.7 Fase 5: Avaliação geral

A avaliação final do trabalho, na forma de questionário (ver anexo II), foi realizada após a aplicação do jogo. Os questionários de entrada e de saída tinham o objetivo de permitir a identificação, ainda que superficial, do conhecimento adquirido pelo grupo de educandos. O intuito com o questionário apresentado na avaliação geral foi permitir a identificação do conhecimento desenvolvido pelos educandos, mas também, diagnosticar o procedimento adotado em todas as atividades aplicadas na pesquisa. Os resultados desse questionário podem ser utilizados para o planejamento de atividades futuras, para modificações dos métodos adotados nas ações aplicadas e para verificação das escolhas de teorias que fundamentem a prática didático-pedagógica adotada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos na pesquisa, na área de Óptica, serão discutidos a seguir. Para tanto, serão levantados pontos importantes das análises e também das atividades desenvolvidas em com os alunos do terceiro ano do Ensino Médio. Destaca-se que o conteúdo trabalhado se refere a um tema do ano letivo anterior (segundo ano). Os dados foram obtidos com o uso de recursos didáticos, tais como diálogos e atividades escritas, de questionários estruturados (aplicados aos educandos no início da pesquisa e no término) experimentais e de simulações. De antemão, destaca-se que em todas as questões aplicadas pelo questionário, a resposta esperada era “concordo fortemente”.

Nesse capítulo, serão tratados os diversos fenômenos relacionados à óptica, organizados da seguinte forma:

1. Composição e decomposição da luz.
2. Reflexão da luz
3. Refração da luz.
4. Ilusão de óptica
5. Natureza da luz e interferência
6. Jogo Trilha Óptica

4.1 Composição e decomposição da luz

A composição, da luz ocorre quando se misturam três ou mais cores para formação da luz branca, já a decomposição ocorre quando a luz passa por uma superfície e sofre mudança de direção formando o espectro visível (VÁLIO *et al.*, 2016).

Todos os arcabouço teórico para se compreender a composição e decomposição da luz se encontram na fundamentação teórica (capítulo 2) nos itens 2.4.6 e 2.4.10, o que tornou possível suas análises e compreensão dos mesmos através de uso recursos didáticos o que podem tem influenciado o posicionamentos dos alunos acerca do tema, o que estão representados nas figuras 63-65.

Com o objetivo de identificar os conhecimentos dos alunos sobre esses conceitos, foram elaboradas as questões 1, 3 e 10, apresentadas nos questionários de entrada e de saída (vide quadro 20).

Quadro 20 – Questões sobre os conceitos relacionados à composição e à decomposição da luz.

1) Quando a luz do Sol entra em nossa atmosfera e atinge as moléculas dos gases que compõem o ar, ela sofre um espalhamento em todas as direções. O espalhamento da luz azul – por conta de sua frequência mais alta - é mais evidente do que das outras cores, fazendo dessa cor a dominante na atmosfera.

3) Considerando a luz branca uma composição de várias cores, ao atravessar um prisma, como cada cor tem um índice de refração diferente, cada uma delas sofrerá um desvio diferente, ou seja, refração. Isso fará com que as cores, que compõem a luz branca, se separem. Esse fenômeno recebe o nome de dispersão.

10) A formação das cores na televisão utiliza o modelo de cor aditiva. O sistema RGB (*red, green, blue*) reproduz o efeito do disco de Newton. Frações da luz visível, aproximadamente equidistantes no espectro eletromagnético, podem ser compostas duas a duas, dando outras frações do espectro. Essas três frações por si, compõem a luz branca.

Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.1 Dispersão da luz

Baseado nas questões apresentadas no quadro 21, a tabela 1 e a figura 63 apresentam representações das respostas dos estudantes aos questionários de entrada e de saída, especificamente sobre a dispersão da luz branca ao incidir sobre a atmosfera terrestre.

Tabela 1 - Frequências das respostas à questão 1.

Respostas dos Questionários	Entrada		Saída	
	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)
Concordo fortemente	01	04,35	10	43,48
Concordo	17	73,91	12	52,17
Neutro	03	13,04	01	04,35
Discordo	01	04,35	00	00,00
Discordo fortemente	01	04,35	00	00,00
Total	23	100	23	100

Fonte: A autora, 2020.

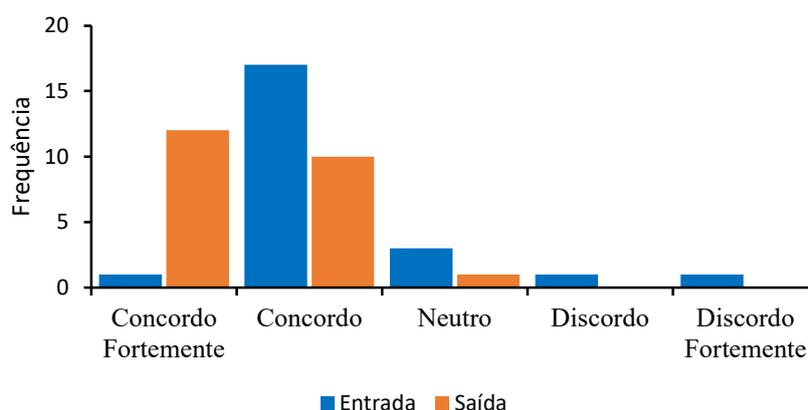


Figura 63 - Frequências das respostas à questão 1.

Fonte: A autora, 2020.

Conforme a figura 63 apresenta, pode-se observar uma modificação no posicionamento dos educandos, passando um concordo fortemente, o que era

posicionamento de um educando (4,35%) no questionário de entrada, para dez (43,48%) concordo fortemente, o que representa a opinião dos alunos no questionário de saída. Os resultados apresentados indicam que houve aprimoramento conceitual com o emprego dos recursos didáticos. O desenvolvimento dos conceitos de dispersão da luz durante as aulas, tanto práticas, quanto teóricas, permitiu que os educandos se aprofundassem no tema, o que se deu, em parte, pelas aplicações realizadas e, em parte, pelo diálogo em grupo sob orientação do professor/pesquisador.

Quando os educandos foram questionados sobre as aulas experimentais, obteve-se várias respostas, entre elas se destaca a do estudante A17, que apresenta indícios de associação entre o que os educandos já conheciam teoricamente e os novos conhecimentos adquiridos a partir das atividades aplicadas. A seguir, está apresentada a resposta do aluno A17, transcrita com fidelidade a partir da sua descrição:

Decomposição da luz branca em um prisma: Nesse experimento, utilizamos o laser verde que quando jogado no prisma, não teve sua cor alterada (decomposta), isso porque ela não é uma junção de outras cores. Diferentemente do que aconteceu quando jogamos a luz (branca) da lanterna do celular e conseguimos observar algumas cores como o azul, o vermelho, o amarelo, etc.

A resposta do educando A17 representa sua concepção sobre a dispersão da luz, possibilitada pelo posicionamento assumido durante as aulas. A sua predisposição, associada com a facilitação do conhecimento pelo professor, promoveu o conhecimento adquirido.

4.1.2 Refração e dispersão da luz

A tabela 2 e a figura 64 representam as respostas dos educandos sobre refração e dispersão da luz na perspectiva da decomposição da luz branca ao atravessar um prisma.

Tabela 2 - Frequências das respostas à questão 3.

Respostas dos Questionários	Entrada		Saída	
	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)
Concordo fortemente	08	34,78	15	65,22
Concordo	04	17,39	06	26,09
Neutro	06	26,09	01	4,35
Discordo	05	21,74	01	4,35
Discordo fortemente	00	0,00	00	0,00
Total	23	100	23	100

Fonte: A autora, 2020.

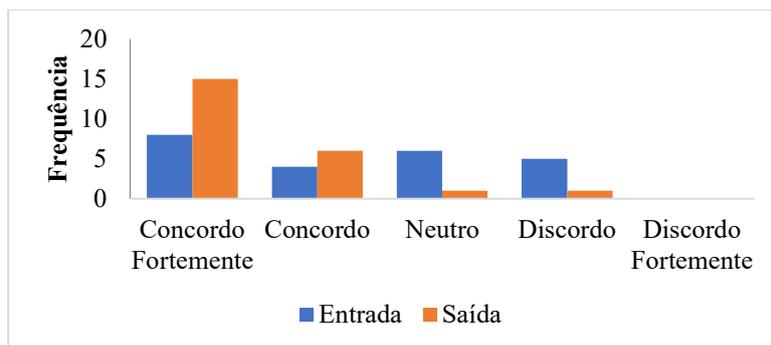


Figura 64 - Frequências das respostas à questão 3.
Fonte: A autora, 2020.

Alguns educandos tiveram um posicionamento frente a dispersão da luz em que inicialmente as respostas estavam distribuídas entre às cinco opções. Após a aplicação das ações didáticas, houve uma redistribuição das respostas, com a concentração em *concordo* e em *concordo fortemente*. No questionário de entrada, havia uma neutralidade de seis (26,09%) alunos e, após a utilização dos recursos didáticos, houve uma mudança para 15 (65,22%) educandos em *concordo fortemente*. Tal mudança no posicionamento está em acordo com a percepção dos educandos sobre o tema, como pode ser observada, por exemplo, em uma afirmação do educando A18 sobre a decomposição da luz branca ao incidir sobre um prisma: “quando a luz atravessa pelo prisma [SIC] do outro lado mostra as cores do arco-íris”.

No que se refere a dispersão (questões 1 e 3), verificou-se que a luz do sol ao percorrer qualquer meio transparente que não seja o vácuo, sofre dispersão. A pesquisa proporcionou alcançar os objetivos propostos de explicar os efeitos da refração da luz, compreender o fenômeno da dispersão da luz, explicar o fenômeno de dispersão da luz em um prisma e na formação do arco-íris, comparar as frequências, onde se pode perceber uma notória mudança em relação às respostas dadas ao questionamento efetivado.

Carneiro e Oliveira (2009), realizaram um levantamento bibliográfico sobre o tema, dispersão da luz em livros didáticos do ensino médio, do Plano Nacional de Livro Didático de 2009 (PLND), concluindo que, apesar de ser comentado e explorado (na maioria das vezes, por meio da utilização de imagens coloridas) nos livros didáticos, pesquisados, o episódio da observação da decomposição da luz branca recebe uma abordagem histórica que deixa a desejar, não podendo ser considerada nem totalmente empirista-indutivista, nem tampouco baseada em uma concepção mais prática da ciência. Quando o tema está presente no livro didático, enfoca o fenômeno como fruto de um

único experimento e, na melhor das hipóteses, como fruto da realização de dois experimentos.

A importância e as dificuldades com o correto posicionamento do prisma, bem como a necessidade de se formular novos conceitos (cores pigmentos e cores luzes heterogênea) e de se empregar argumentos filosóficos na comprovação de sua teoria são totalmente desconsideradas.

Essa pesquisa veio corroborar com a ideia de que é possível e necessária uma nova abordagem para que o ensino e a aprendizagem ocorram de maneira mais sólida, pois, da maneira que são exploradas se mostra deficitária no processo de ensino aprendizagem e pode ser por este motivo que nem todos os educandos se posicionaram da maneira adequada.

4.1.3. Sistema Aditivo de cores no padrão RGB.

O posicionamento dos educandos à questão 10, que se refere ao sistema aditivo de cores no padrão RGB, está representado na tabela 3 e na figura 65.

Tabela 3 - Frequências das respostas à questão 10.

Respostas dos Questionários	Entrada		Saída	
	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)
Concordo fortemente	04	17,39	09	39,13
Concordo	08	34,78	08	34,78
Neutro	09	39,13	01	4,35
Discordo	01	4,35	04	17,39
Discordo fortemente	01	4,35	01	4,35
Total	23	100	23	100

Fonte: A autora, 2020.

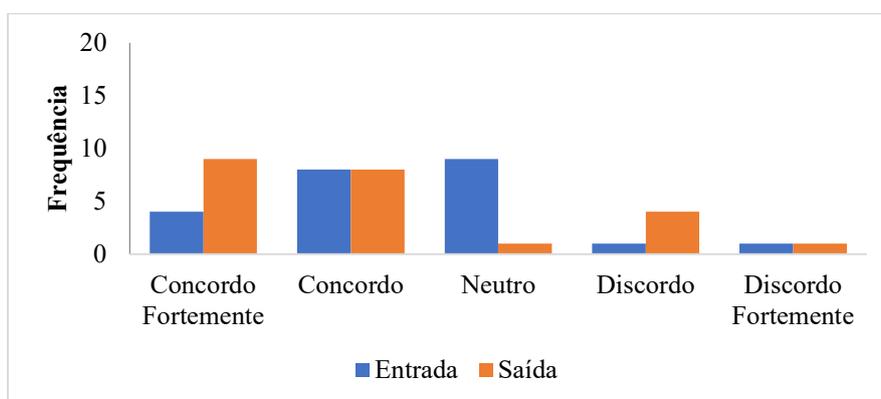


Figura 65 - Frequências das respostas à questão 10.

Fonte: A autora, 2020.

Pode ser verificada uma alteração no posicionamento do público pesquisado, nove (39,13%) alunos assinalaram à opção, *neutro*, no questionário de entrada, já após a utilização dos recursos didáticos apenas um (4,35%) aluno se posicionou como *neutro*, um aluno no questionário de saída o que mostra que os educandos assumiram mudanças conceituais em consequência das atividades das quais participaram durante esse trabalho. O mesmo pode ser observado na opção, *concordo fortemente* que foi de 4 (17,39%) educandos, para 9 (39,13%) educandos.

O planejamento das atividades pode ser um fator importante para os resultados obtidos. Para o tema “composição e decomposição da luz” foram realizados os experimentos sobre princípio da interdependência dos raios de luz. Assim como a soma das cores primárias, cor dos objetos iluminados, disco de Newton e decomposição da luz branca em um prisma.

O tratamento histórico durante as aulas também pode ter contribuído para a mudança na perspectiva dos estudantes. Durante as atividades, foi abordado o desenvolvimento dos conceitos de composição e decomposição da luz por Newton (ROCHA, 2011), que realizou experiências com a luz e, com a ajuda de um prisma, decompôs a luz do sol e obteve sete cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul-claro, azul-escuro e violeta.

Mais tarde, Newton tentou recombinar as sete cores para obter a luz branca. Em um primeiro momento, pintou as sete cores num disco (como fatias de uma pizza, tal qual foi aplicado neste trabalho) e o girou por meio de uma manivela. Porém, obteve somente as cores, vermelha, verde e azul. Posteriormente ele pintou em um outro disco as cores, vermelha, verde e azul e obteve algo próximo do branco, um branco amarelado. Desta forma, Newton descobriu que para recompor a luz branca não são necessárias as setes cores originais, mas apenas o vermelho, o verde e o azul, surgindo assim o padrão de cores RGB.

O aspecto histórico da composição e decomposição da luz por meio das experiências de Newton pode ser observado na descrição do educando A20, apresentada a seguir:

[...] Nesse experimento, buscamos mostrar que a cor branca é formada por todas as cores, [SIC] pintamos um disco de papel com cores diversas e que compõem o disco criado por Newton, [SIC] após isso encaixamos o disco em um lápis [SIC] giramos o mais rápido possível, [SIC] enquanto giramos o disco aparenta ser branco, mostrando e comprovando claramente que o branco é formado pela junção das outras cores, [SIC] o que aconteceu no disco [SIC] que as cores, ao disco girar rapidamente, se sobreporam [SIC] e difundiram-se formando a cor branca. (Resposta do educando A20).

O objetivo de compreender o padrão RGB por meio da composição e decomposição da luz foi parcialmente alcançado, pois é possível perceber (figura 74) que mesmo sendo as cores algo corriqueiro, ainda é necessário a utilização de estratégias de experimentação e de termos técnicos corretos para que os educandos possam compreender e aplicar os conceitos de cores e suas composições em seu cotidiano.

4.2 Reflexão da luz

Para dar início a abordagem dos conceitos físicos relacionados a reflexão da luz, que estão descritos no capítulo 2 nos itens 2.4.2, 2.4.5 e 2.4.8 deste trabalho, o que fez-se necessário utilizar, concomitantemente, a experimentação e seus conceitos técnicos, sua propagação retilínea, além de analisar matematicamente as leis de reflexão e as características de incidência de raios de luz para a formação de imagens.

O que pode ter influenciado nos posicionamentos dos alunos aos questionários de entrada e de saída representados nas figuras 66-68.

Assim, as questões foram agrupadas para maior organização da temática abordada (quadro 21).

Quadro 21 - Questionamentos sobre a reflexão da luz

- 2) De acordo com as leis de reflexão regular, tem-se as duas afirmativas:
 I) O raio incidente, a reta normal e o raio refletido estão num mesmo plano;
 II) O ângulo de incidência (i) é igual ao ângulo de reflexão.
- 5) Com relação a classificação dos espelhos esféricos, que é toda calota esférica, em que uma de suas superfícies, interna ou externa, é refletora. O espelho é dito côncavo, quando a superfície refletora é aquela voltada para o centro da calota, e convexo quando a superfície refletora é a parte externa.
- 6) Para que ocorra a reflexão total da luz, duas condições são necessárias e suficientes:
 I) a luz deve estar se propagando do meio mais refringente, para o meio menos refringente;
 II) a luz deve incidir com um ângulo maior que o ângulo limite, que é o ângulo máximo de refração, do dióptro.

Fonte: Elaborado pela autora

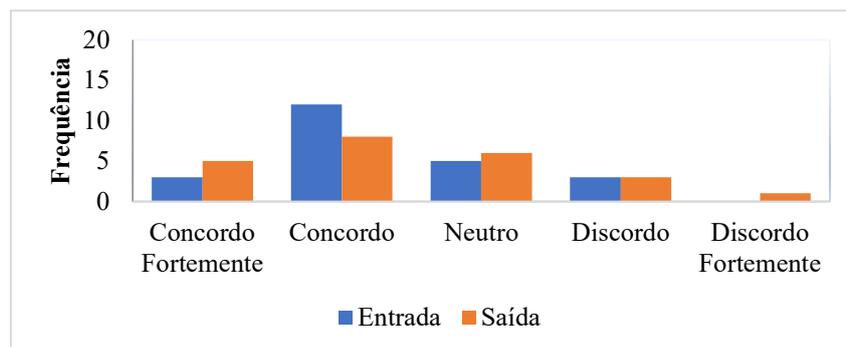
4.2.1 Leis da reflexão da luz

As frequências das respostas referentes à questão 2 estão representadas na tabela 4 e na figura 66, que representam as escolhas dos educandos ao responder às questões sobre as leis de reflexão da luz.

Tabela 4 - Frequências de respostas à questão 2.

Respostas dos Questionários	Entrada		Saída	
	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)
Concordo fortemente	03	13,04	05	21,74
Concordo	12	52,17	08	34,78
Neutro	05	21,74	06	26,09
Discordo	03	13,04	03	13,04
Discordo fortemente	00	0,00	01	4,35
Total	23	100	23	100

Fonte: A autora, 2020.

**Figura 66** - Frequências das respostas à questão 2.

Fonte: A autora, 2020.

Ao se observar a tabela 4 e a figura 66, pode-se perceber, por comparação entre as respostas à questão 2 dos questionários de entrada e de saída, que ocorreu uma mudança posicional dos alunos, representada pelas alterações na frequência de cada alternativa.

Quanto à reflexão da luz, para compreensão do fenômeno é necessário observar as suas leis e analisá-las, considerando, inclusive, situações corriqueiras para os educandos. Neste contexto, cinco (21,74%) educandos responderam *concordo fortemente* para a questão 2 após as atividades, enquanto doze (52,17%) educandos haviam respondido *concordo* no questionário de entrada.

Ribeiro e Carneiro (2016), em um trabalho de revisão sobre reflexão da luz, observaram a importância da utilização de materiais cotidianos, tanto em pesquisa, quanto em aulas. Embora tal conclusão não se apresente como novidade no ensino de ciências, cabe ressaltá-la, pois, há uma variedade de materiais que podem ser utilizados. A descrição dos autores é uma realidade que pode ser constatada por meio das ações aplicadas aos educandos durante as atividades na escola, conforme as palavras do educando A21:

Imagens infinitas em espelhos planos paralelos: [SIC] como o nome diz [SIC] ao se alinhar um espelho com outro você forma infinitas imagens. Holograma: Se você colocar uma estrutura específica de plástico sobre uma tela plana que [SIC] está passando um vídeo especial, forma-se uma imagem 3D no plástico, um holograma. (Resposta do educando A21).

4.2.2 Espelhos esféricos

A tabela 5 e a figura 67 representam os resultados das respostas de entrada e de saída à questão 5, relacionada à classificação dos espelhos esféricos.

Tabela 5 - Frequências das respostas à questão 5.

Respostas dos Questionários	Entrada		Saída	
	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)
Concordo fortemente	05	21,74	12	52,17
Concordo	12	52,17	07	30,43
Neutro	04	17,39	02	8,70
Discordo	01	4,35	01	4,35
Discordo fortemente	01	4,35	01	4,35
Total	23	100	23	100

Fonte: A autora, 2020.

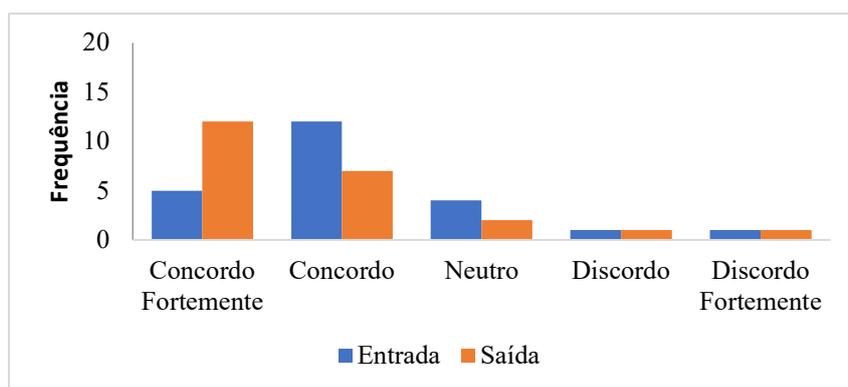


Figura 67: Frequências das respostas à questão 5.

Fonte: A autora, 2020.

Em resposta ao questionário de entrada 05 (21,74%) dos alunos *concordavam fortemente*. Após a experimentação, houve uma mudança de posicionamento por parte dos educandos, em relação aos que *concordavam fortemente*, passando para 12 (52,17%) o número de opiniões.

As atividades foram direcionadas para a compreensão da representação dos raios notáveis na formação de imagens em espelhos esféricos e para relacionar as aplicações dos espelhos esféricos em instrumentos ópticos, o que inclui o manuseio dos instrumentos e a dissecação do olho do boi.

Os espelhos esféricos estão presentes no dia a dia, como nos espelhos para maquiagem, retrovisores, em consultórios de dentistas, entre outros. As dificuldades em propor aulas teórico-experimentais, devido à carência de materiais didáticos, podem ser, portanto, superadas com materiais do cotidiano. Independente da nitidez, tais

equipamentos se tornam viáveis em situações de ensino aprendizagem durante aulas teórico-experimentais.

4.2.3 Reflexão total da luz

As respostas à questão 6, nos questionários de entrada e de saída, relacionada à reflexão total da luz, estão representadas na tabela 6 e na figura 68.

Tabela 6 - Frequências das respostas à questão 6

Respostas dos Questionários	Entrada		Saída	
	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)
Concordo fortemente	01	4,35	01	4,35
Concordo	01	4,35	09	39,13
Neutro	12	52,17	08	34,78
Discordo	08	34,78	04	17,39
Discordo fortemente	01	4,35	01	4,35
Total	23	100	23	100

Fonte: A autora, 2020.

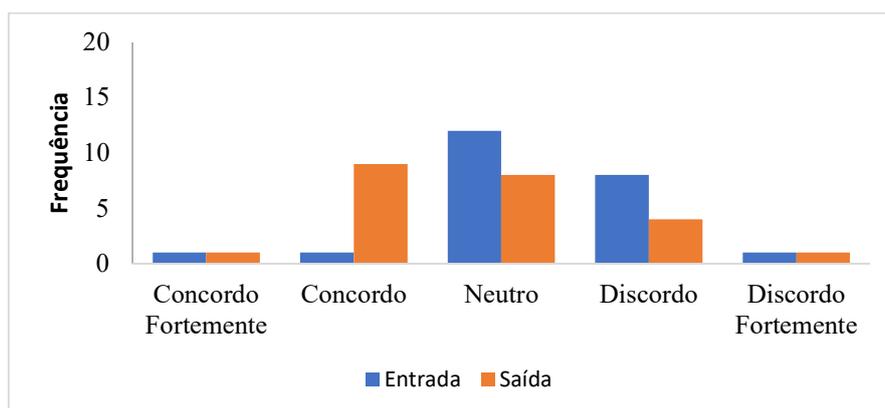


Figura 68 - Frequências das respostas à questão 6.

Fonte: A autora, 2020.

Houve mudança nas respostas dos educandos à questão 6, representadas na tabela 6 e na figura 68. No questionário de entrada, havia um (4,35%) aluno *concordo*, após as abordagens experimentais o número de alunos foi para 9 (39,13%).

O educando A17 descreveu alguns experimentos sobre a reflexão da luz:

Nesse experimento [fogo que não queima], colocamos uma vela em frente a um vidro retangular e a imagem da vela foi projetada dentro do vidro, virtual e direita, de modo que parecia uma outra vela.

O experimento é parecido com “O Fantasma de Pepper” e sua adaptação a “Monga, mulher gorila”.

Com a utilização de dois espelhos paralelo colocados frente a frente (paralelos), [SIC] nesse experimento (“Imagens infinitas em espelhos planos paralelos”) tivemos a projeção da imagem dentro dos espelhos, infinitamente, isso devido ao princípio da reflexão onde o raio bate em um espelho e reflete em outro, que refletirá novamente no “primeiro” espelho e assim sucessivamente. (Resposta do educando A17).

Pode ser destacado, a partir dessa afirmação e de outras com o mesmo teor, que o manuseio dos espelhos os incentivou a compreender os conceitos, principalmente pela geração da curiosidade ao observarem a reflexão infinita entre dois espelhos paralelos.

4.3. Refração da Luz

Para a refração da luz, antes da realização dos experimentos, realizou-se a conceituação teórica de refração. Essa fundamentação teórica se encontram na fundamentação teórica (capítulo 2) presentes nos itens 2.4.6, 2.4.7 e 2.4.8 o que tornou possível suas análises e compreensão dos mesmos, através de uso recursos didáticos o que podem ter influenciado o posicionamentos dos alunos acerca do tema, o que estão representados nas figuras 64 e 69.

Os educandos, no geral, não ficaram muito surpresos, pois, já tinham visto esse fenômeno em programas de televisão, nas pescarias com arpão, havendo uma percepção de uma versão mais moderna da pescaria utilizada antigamente pelos indígenas.

Para levantamento dos subsunçores específicos a esses conceitos foram aplicadas as questões 3 e 4 (quadro 22).

Quadro 22 - Questões sobre a refração da luz.

- 3) Considerando a luz branca uma composição de várias cores, ao atravessar um prisma, como cada cor tem um índice de refração diferente, cada uma delas sofrerá um desvio diferente, ou seja, refração, isso fará com que as cores, que compõem que a luz branca, se separem. Esse fenômeno recebe o nome de dispersão.
- 4) Em relação à refração da luz, têm-se as seguintes definições:
- I) A refração da luz é o fenômeno óptico da variação da velocidade da luz ao passar de um meio para o outro;
- II) Quanto maior o valor do índice de refração, menor é velocidade de propagação da luz.

Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.1 Refração da luz ao atravessar a atmosfera

Para apreciação da refração da luz ao atravessar a atmosfera terrestre, foi aplicado o questionário de entrada e de saída que se encontram apresentados na tabela 2 e figura 64, com relação à questão 3 anteriormente descrita.

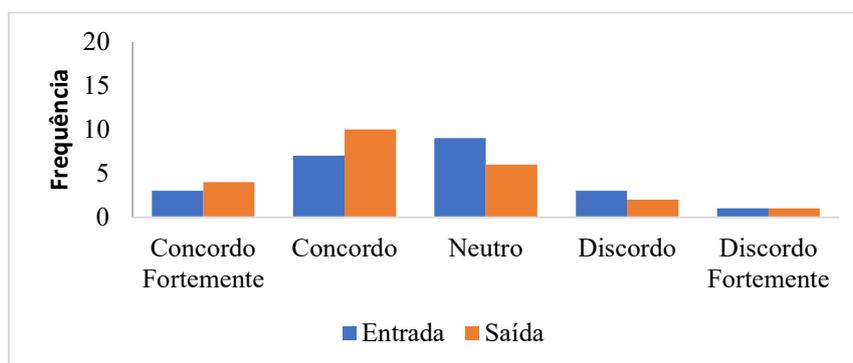
4.3.2. Refração da luz em meios diversos

Já, as respostas dos educandos ao que diz respeito às leis da refração (questão 4), as análises foram apresentadas na tabela 7 e na figura 69.

Tabela 7 - Frequências das respostas à questão 4.

Respostas dos Questionários	Entrada		Saída	
	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)
Concordo fortemente	03	13,04	04	17,39
Concordo	07	30,43	10	43,48
Neutro	09	39,13	06	26,09
Discordo	03	13,04	02	8,70
Discordo fortemente	01	4,35	01	4,35
Total	23	100	23	100

Fonte: A autora, 2020.

**Figura 69** - Frequências das respostas à questão 4.

Fonte: A autora, 2020.

Inicialmente, nove (39,13%) dos educandos tinham a percepção de neutralidade. Após a experimentação sobre as leis da refração, houve predominância à resposta *concordo*. Nota-se que os educandos obtiveram entendimento com o uso do recurso de simulação do projeto PhET (2002), permitindo êxito na utilização do recurso didático empregado. Isso corrobora com a resposta do educando A10, ao descrever que “coloca-se glicerina em um copo e o tubo de ensaio no copo com a glicerina [SIC] depois temos a impressão de que o tubo some”, se demonstra ter compreendido o fenômeno, embora não tenha utilizado os termos técnicos, o que é próprio da etapa educacional em que se encontra.

A simulação apresentada aos educandos está na figura 70, onde a refração da luz está nos meios ar e água. O simulador PhET permite ainda trocar os meios para verificação da diferença na trajetória do raio de luz.

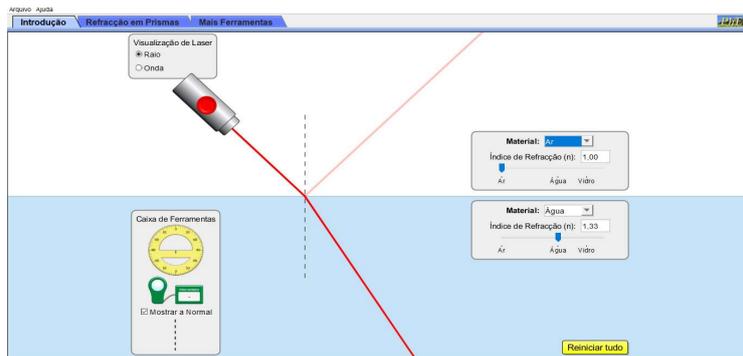


Figura 70 - Simulação da mudança de meio da luz (do ar para água).
Fonte: PhET (2002).

A figura 71 representa a dupla refração que ocorre com a luz ao atravessar um prisma. Nesse momento, é possível mudar o meio de propagação da luz o que foi realizado para que os alunos pudessem observar a diferença na propagação da luz em diferentes meios.

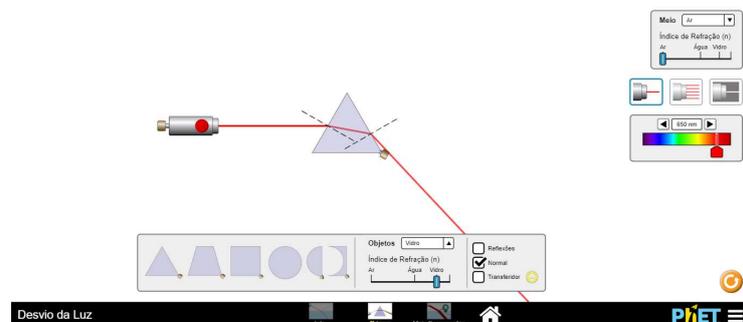


Figura 71- Dupla refração da luz em um prisma.
Fonte: PhET (2002).

Mesmo após a utilização dos experimentos, caneta quebrada, examinando a refração e a utilização dos simuladores, ao analisar as respostas representadas na tabela 7 é possível perceber que ocorreram mudanças de posicionamentos, porém, não suficientemente para dizer que todas as dúvidas foram sanadas após as aulas.

4.4. Ilusão de Óptica

Um questionamento pertinente ao se trabalhar com a luz são as ilusões de óptica e como elas podem facilmente enganar o cérebro, mesmo que momentaneamente, criando uma discrepância entre a percepção e a realidade. Para a abordagens teórica acerca da ilusão de optica foram abordados dos o item 2.4.12 e todos seus subitens. E utilizou-se de recursos didáticos e simulações para abordagem do tema, o que pode ser influenciado as mudanças de posicionamentos representado na figura 72.

Para averiguar o que os educandos sabiam a respeito foi aplicado um questionário de entrada, questão 7 (quadro 23), que se encontra transcrita a seguir e, posteriormente às aulas, o questionário de saída.

Quadro 23 - Questão sobre ilusão de óptica.

7) Ilusão de óptica são imagens que enganam momentaneamente o cérebro, deixando-o inconscientemente confuso e fazendo com que este capte ideias falsas, preenchendo espaços que não ficam claros à primeira vista. Podem ser fisiológicas, quando surgem naturalmente, ou cognitivas, quando se cria com artifícios visuais.

Fonte: Elaborado pela autora.

As respostas fornecidas pelos educandos aos questionários estão presente na tabela 8 e da figura 72.

Tabela 8 - Frequências das respostas à questão 7.

Respostas dos Questionários	Entrada		Saída	
	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)
Concordo fortemente	15	65,22	13	56,52
Concordo	02	8,70	08	34,78
Neutro	04	17,39	02	8,70
Discordo	00	00	00	0,00
Discordo fortemente	02	8,70	00	0,00
Total	23	100	23	100

Fonte: A autora, 2020.

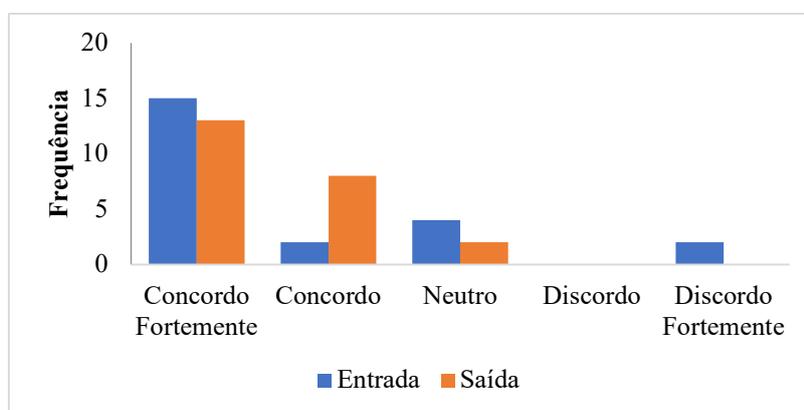


Figura 72 - Frequências das respostas à questão 7.

Fonte: A autora 2020.

Nesta aula de experimentação, houve uma participação ativa dos educandos, pois, se referia a utilização do sentido da visão para compreender as ilusões. A interação e a integração foram destaques, pois, ocorreu cooperação de outros educandos para que isso acontecesse, quem percebia a ilusão de óptica primeiro ia dando dicas aos colegas até que eles compreendessem a ilusão. Porém, nota-se na figura acima, que os educandos

tiveram uma redução do posicionamento *concordo fortemente* passando de quinze (65,22%) para treze (56,52%) alunos, já o *concordo* passou de dois (8,7%) para oito (34,78%) alunos.

Essa variação pode ser explicada, porque os educandos tinham percepções diferentes do objeto exposto. Assim, os educandos tiveram dificuldades de perceber as mudanças de visão adquiridas, conforme a resposta do educando A19 deixa claro: as ilusões de óptica confundem um pouco as nossas cabeças”. Já o educando A20 reconheceu a aplicação dos fenômenos abordados em seu contexto e até exemplificou em sua resposta, apresentada a seguir:

A ilusão de óptica é muito utilizada nos filmes de terror, por que nos faz ver algo que não existe, ex: tem dois vidro uma mulher de um lado e um macaco de outro, quando apaga a luz de onde está a mulher tem se a ilusão de que a mulher vira um macaco. (Resposta do educando A20).

Percebe-se que, com o uso do recurso didático (figura 72), houve uma grande variação na quantidade de respostas dos educandos que concordam com a questão antes e após a utilização dos experimentos de ilusão de óptica e dissecação de olho de boi. Ainda, os educandos disseram que foi a aula mais interessante, pois, foi algo incomum, segundo eles nunca tinham visto esse tipo de prática. A seguir, está apresentada a descrição da experiência sobre a dissecação do olho de boi pelo educando A21:

Dissecação do olho de boi. Com um olho de boi e bisturi eu “abri” o olho de boi etapa por etapa destacando e observando as estruturas.

O educando A13 também descreveu sua experiência e suas impressões, conforme apresentado a seguir:

Dessecação de um olho de boi: Podemos ver nesse experimento todas as partes de um olho, como ele é composto e assim sabemos se falta alguma dessas partes pode-se causar certa deficiência (Resposta do educando A13).

Para visualização e compreensão dos conceitos físicos envolvidos nas ilusões e no sentido da visão, utilizou-se o site de simulação “Ideias na Caixa” (2013) (figura73). Através site tornou-se possível a simulação dos defeitos da visão e qual seria a lente necessária para corrigi-los.

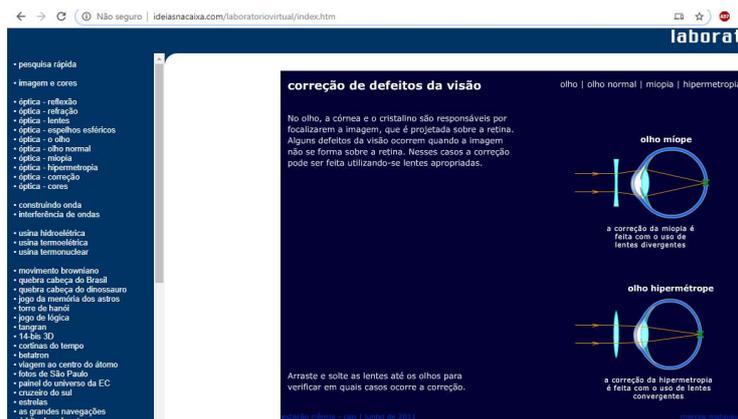


Figura 73 - Representação da correção de defeitos na visão.

Fonte: Ideias na Caixa (2013).

Para Boldo e Haddad (2003), a construção de nosso universo perceptivo é intrinsecamente ambígua. A geração das melhores soluções perceptivas deve, portanto, basear-se em critérios adaptativos, fornecidos ao longo do processo evolutivo. Uma ilusão surge da discrepância entre as soluções perceptivas geradas em duas situações diferentes, a partir de um mesmo objeto. Deste modo, quando se dá conta de tais discrepâncias, surpreende-se como se o sistema sensorial estivesse sendo “enganado”, ou como se estivesse falhando de alguma forma, sem perceber que está utilizando as mesmas regras nas quais se confia como fonte de informações seguras sobre o mundo e as coisas. Acerca do tema, tem-se ainda o trabalho de Menegazzo (2003), que enfatiza as muitas práticas que podem ser realizadas com o tema, óptica, basta o educador utilizar a criatividade. As aulas práticas permitem que conceitos teóricos possam ser assimilados com maior facilidade pelo educando, e assim, apreendido será facilmente associado a cálculos, exigidos nos estudos seguintes.

4.5. Interferência da natureza da luz

Com relação à Óptica Física, os educandos relataram que ainda não tinham conhecimento prévio (informação fornecida pela professora regente da turma no ano de 2018).

Para abordagem do tema foi utilizado os conceitos teóricos presentes no capítulo 2 no item 2.4.13, o que pode ter influenciado nos posicionamentos dos alunos em a relação aos questionários, representados na figura 76 e 77, acerca do tema.

Todavia, mesmo com essa informação, é importante identificar o que os educandos conheciam do tema e por isso foram aplicadas as questões 8 e 9 (quadro 24).

Quadro 24 - Questão sobre interferência e natureza da luz.

- 8) Se tratando da natureza da luz, onde a Física Quântica funciona muito bem, a sua conceituação está de acordo com a bem conhecida e aceita Dualidade Onda-Partícula, isto é, a luz pode ter comportamento tanto de onda quanto de partícula, dependendo da grandeza observada, sem nenhuma contradição.
- 9) O comprimento de onda da luz pode ser medido por meio da interferência, ou seja, quando as ondas emitidas por duas fontes diferentes se sobrepõem. No caso de uma luz monocromática ao passar por duas fendas, forma-se, sobre uma tela posta diante dela, um padrão de zonas luminosas e zonas escuras.

Fonte: Elaborado pela autora.

Para demonstração do comportamento da luz, ao passar por uma fenda ou passar por duas fendas, utilizou-se o programa de simulação PhET (2002), que estão representados nas figuras 74 e 75.

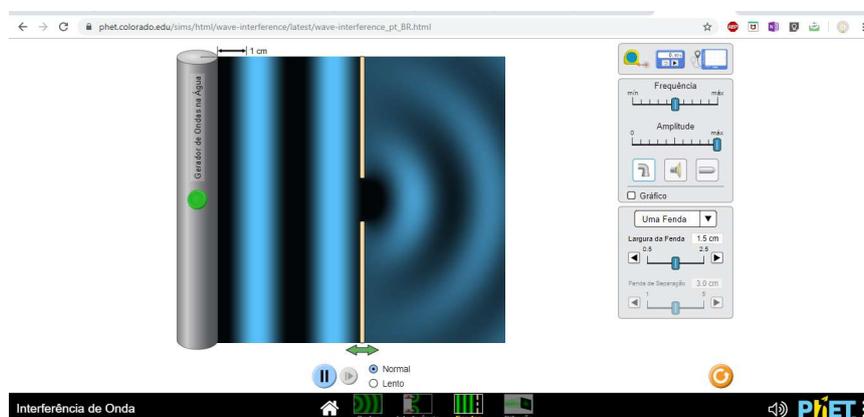


Figura 74 - Demonstração propagação de uma onda ao atravessar uma fenda.

Fonte: PhET (2002).

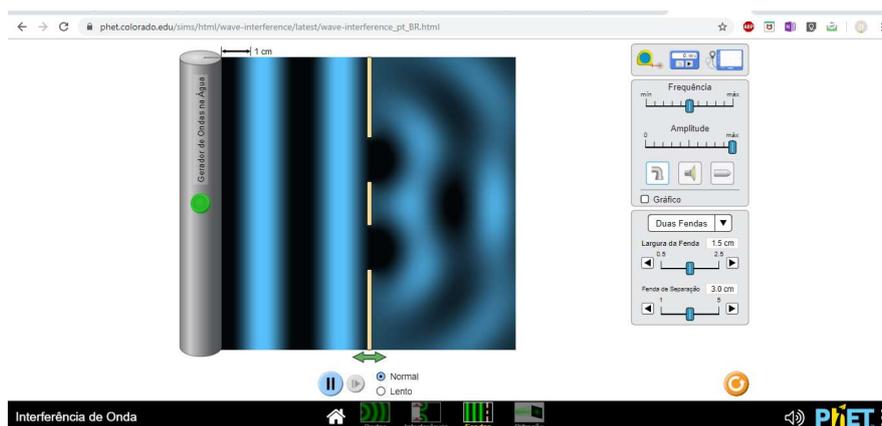


Figura 75 - Demonstração propagação de uma onda ao atravessar duas fendas.

Fonte: PhET (2002).

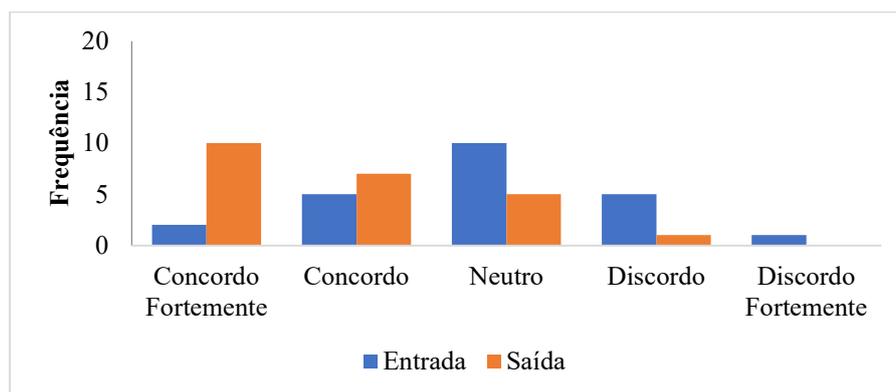
4.5.1 Comportamento dual a luz

As respostas dos educandos à questão 8, relacionada ao comportamento dual da luz, estão apresentadas na tabela 9 e na figura 76.

Tabela 9 - Frequências das respostas à questão 8.

Respostas dos Questionários	Entrada		Saída	
	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)	Frequência Absoluta	Frequência relativa
Concordo fortemente	02	8,70	10	43,48
Concordo	05	21,74	07	30,43
Neutro	10	43,48	05	21,74
Discordo	05	21,74	01	4,35
Discordo fortemente	01	4,35	00	0,00
Total	23	100	23	100

Fonte: A autora, 2020.

**Figura 76** - Frequências das respostas à questão 8.

Fonte: A autora, 2020.

Em relação ao posicionamento dos educandos sobre a natureza corpuscular da luz, ocorreu uma clara mudança de posicionamento, antes dois alunos *concordavam fortemente* (8,7%), após as simulações esse posicionamento passou a contar com dez (43,48%) alunos. Já em relação aos que se posicionavam como *neutros* teve uma redução de dez (43,48%) respostas para cinco (21,74%) e uma diminuição na quantidade de respostas *discordo* e *discordavam fortemente*, chegando a zerar essa opção, o que possibilita considerar que as simulações realizadas auxiliaram na mudança de posicionamento dos alunos.

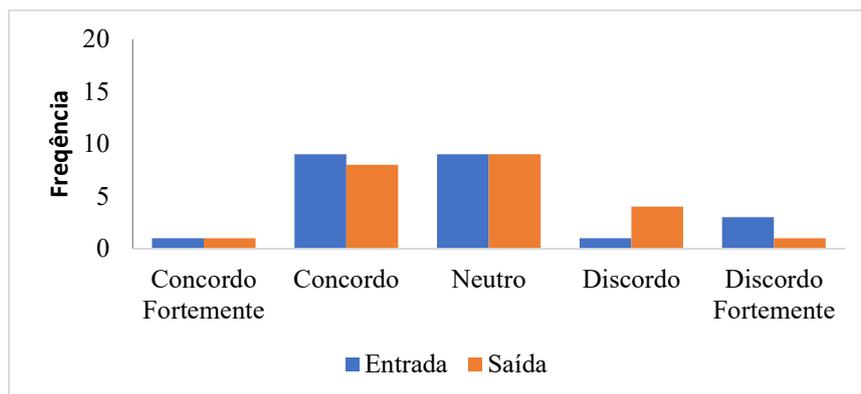
4.5.2 Interferência

Em relação ao comprimento de onda da luz e sua sobreposição, encontra-se registrado abaixo na tabela 10 e figura 86 as respostas dos questionários de entrada de saída.

Tabela 10 - Frequências das respostas à questão 9.

Respostas dos Questionários	Entrada		Saída	
	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)	Frequência Absoluta	Frequência relativa (%)
Concordo fortemente	01	4,35	01	4,35
Concordo	09	39,13	08	34,78
Neutro	09	39,13	09	39,13
Discordo	01	4,35	04	17,39
Discordo fortemente	03	13,04	01	4,35
Total	23	100	23	100

Fonte: A autora, 2020.

**Figura 77** - Frequências das respostas à questão 9.

Fonte: A autora, 2020.

Pode-se observar que não houve grandes alterações entre as respostas para os questionários de entrada e de saída. Ao contrário dos outros experimentos, nessa demonstração os educandos não tinham conhecimento prévio a respeito da natureza da luz. Porém, houve uma mudança de posicionamento por parte dos educandos e isto pode estar relacionado ao uso do simulador PhET como recurso didático de aprendizado. Outra análise que esse estudo traz é que o número de educandos com neutralidade foi similar na entrada e saída.

Em um experimento bem-sucedido, Souza (*et al.*, 2015), em sua proposta de atividade experimental, explora a difração da luz que, apesar de serem experimentos amplamente conhecidos (medir a espessura de alguns materiais como o grafite, fio de cabelo, entre outros). Esses experimentos foram apenas visualizados virtualmente no simulador PhET e colaboraram com uma nova possibilidade para abordar a natureza contribuindo para uma melhor compreensão do educando acerca da luz e sua natureza ondulatória, bem como sobre a percepção das implicações tecnológicas desse conhecimento.

4.6 Jogo didático

Um recurso didático que proporcionasse uma recapitulação do conteúdo aplicado ao longo desse trabalho seria importante. O jogo Trilha Óptica foi criado com o intuito de atingir esse propósito, e consiste em um recurso didático de competição aplicada, trabalhado com o objetivo de promover uma revisão conceitual de temas abordados nas atividades experimentais, possibilitando a interação aluno/aluno e aluno/professor de maneira dinâmica, lúdica e contextualizada.

Do ponto de vista didático-pedagógico, cada professor tem à disposição um recurso que pode ser adaptado à realidade da escola e dos alunos, podendo ser aplicado em diversos momentos da aula, o jogo pode funcionar como instrumento introdutório ou até mesmo como levantamento de subsunçores que os alunos possam trazer consigo, no decorrer das aulas, como objeto de revisão dos conceitos abordados ou até mesmo como meio de avaliação de aprendizagem.

Os resultados da aplicação do jogo enquanto recurso didático foram analisados por comparação das respostas dos alunos ao questionário de avaliação do jogo (anexo III) e por observação direta dos diálogos e questionamentos dos estudantes. As respostas dos educandos foram agrupadas de acordo com suas similaridades para que os dados fossem analisados com maior amplitude e consistência. As respostas ao questionário do jogo foram organizadas da seguinte forma:

- A primeira parte, com as questões de 1 a 4, foram destinadas à avaliação das atividades aplicadas durante o projeto e dos aspectos formais das aulas, no geral;
- A segunda parte, com as questões de 5 a 10, foram destinadas a monitorar a análise da interpretação dos aspectos conceituais da Óptica Física e da Óptica Geométrica.

Por observação direta, foi percebido que houve bastante interação e cooperação entre os participantes e o material didático. Quanto à percepção da aprendizagem, as respostas dos alunos estão apresentadas no quadro 25.

Quadro 25 – Questão 01: Você acredita que o jogo contribuiu para a sua aprendizagem?

CATEGORIA	Nº DE INDICAÇÕES
Revisão do conteúdo	10
Outra forma de aprender	07
Estímulo ao conhecimento	02
Aprender com diversão	04

Fonte: A autora, 2020.

Cada educando, apesar de visões diferentes, manifestou ter encontrado algo cativante ou inovador para o aprendizado. A maioria dos educandos fez boas avaliações e a categoria mais indicada foi a revisão do conteúdo. Vale ressaltar que nenhum aluno se posicionou negativamente quanto a contribuição do jogo no processo de ensino aprendizagem, o que tornaria o jogo uma ferramenta útil no cotidiano da sala de aula, segundo a concepção dos alunos.

O quadro 26 apresenta as repostas dos alunos quanto ao índice de aceitação do método utilizado. Três educandos afirmaram que gostaram completamente do jogo e quando questionados sobre o que menos gostaram os mesmo três alunos disseram que nada, sendo que em suas justificativas, sugeriram acrescentar apenas algumas regras e retirar outras, como, por exemplo, a regra “retorne ao início”.

Os educandos declararam, ainda, que as perguntas poderiam ter mais pistas e que fossem menos complexas para facilitar o jogo e favorecê-los na competição. Além disso, apenas um educando afirmou que havia muitas perguntas, mas entendeu que isso seria para dificultar o jogo para que existisse um pouco mais de competitividade e aumentar o tempo de jogo.

Quadro 26 - Questão 02: O que você mais gostou no jogo? E o que você menos gostou?

MAIS GOSTOU	Nº DE INDICAÇÕES
Dinâmica do jogo	09
Perguntas do jogo	02
Aprendeu com o jogo	04
Regras do jogo	06
Interação com os participantes	02
MENOS GOSTOU	Nº DE INDICAÇÕES
Regras do jogo	14
Os tipos de perguntas	05
Muitas perguntas	01
Nada	03

Fonte: A autora, 2020.

As relações interpessoais e o dinamismo foram os principais elementos que os educandos admitiram ser importantes para o jogo, embora alguns acharam estranho quando se depararam com as regras que os faziam retornar ao início ou ficar uma rodada sem jogar, uma vez que isso os desmotivava enquanto competidores.

Em relação às opiniões para melhoria do jogo, sete educandos informaram que não tinham sugestões ou se abstiveram de suas respostas (quadro 27). As respostas dos outros alunos foram variadas entre as demais categorias.

Quadro 27 - Questão 03: Que sugestão você daria para melhorar o jogo?

CATEGORIA	Nº DE INDICAÇÕES
Abstenções/Não têm sugestão	07
Mudar os tipos de casas	03
Mais regras/Outros tipos de regras	07
Jogo maior	03
Mais perguntas abertas	02
Mais perguntas divertidas	01

Fonte: A autora, 2020.

Tais respostas estão intimamente relacionadas à facilidade de jogar e ao nível de dificuldade da atividade, características que podem ser utilizadas para a construção e a reconstrução de regras para posteriores aplicações desse recurso didático ou, até mesmo, de outros jogos. O jogo pode ser, portanto, adaptado conforme sua aplicação e seus usuários.

Ainda sobre as sugestões para a melhoria do jogo, um educando afirmou que se as dimensões do tabuleiro fossem maiores, provavelmente seria mais fácil o seu manuseio. Neste sentido, pode ser que o espaço entre as casas não tenha sido suficiente, pois alguns grupos foram formados por um número maior de participantes que outros, dificultando o acesso ao tabuleiro.

Já sobre as cartas que compõem o recurso didático, um educando declarou que gostaria de mais perguntas abertas que possibilitassem maiores possibilidades de acertar. Outro educando afirmou que seriam interessantes mais perguntas divertidas, que aumentassem a motivação e a curiosidade durante a atividade. Cabe destacar que, provavelmente, as perguntas divertidas sejam as relacionadas aos exemplos e problemas do cotidiano, porque estas eles respondiam com mais facilidade dada as observações realizadas.

Considerando que o jogo didático foi aplicado durante uma aula regular de Física, buscou-se compreender quais aspectos das aulas foram mais bem recebidos e aproveitados pelos educandos. Nesse sentido, o questionário (anexo III) contempla questões sobre a satisfação dos participantes com as aulas, principalmente após as diversas atividades aplicadas ao longo do projeto, e o quadro 28 apresenta as respostas relacionadas à percepção dos alunos sobre o tipo de aula aplicada.

Quadro 28 - Questão 04: Que tipo de aulas de Física você mais gosta? E qual você menos gosta?

MAIS GOSTA	Nº DE INDICAÇÕES
Aulas atrativas/ Dinâmicas/Interativas	06
Gosta de todas as aulas	01
Experimentos/Aulas práticas	16
MENOS GOSTA	Nº DE INDICAÇÕES
Aulas teóricas	13
Aulas no quadro	05
Abstenções/ Não soube informar	05

Fonte: A autora, 2020.

Seis alunos indicaram que preferem as aulas atrativas, mais dinâmicas e interativas, onde educador e educandos possam atuar mutuamente realizando observações dos fenômenos, levantando hipóteses e testando-as, propondo soluções, ou seja, processo de ensino aprendizagem ocorre com a participação ativa de ambos.

A maioria dos educandos (dezesseis respostas) respondeu que prefere as aulas experimentais, nas quais podem manusear o material utilizado e comprovar a teoria, na prática. Portanto, justifica-se mais uma vez o uso das atividades lúdicas e experimentais no cotidiano. Quando orientados com recursos didáticos variados, é fornecido aos alunos a oportunidade de que eles se tornem agentes ativos na construção, reformulação e reflexão do conhecimento.

Gaspar (2014), no livro, *Atividades experimentais no ensino de Física*, enfatiza as dificuldades no processo de ensino e de aprendizagem de Física. Uma das possíveis causas é justamente a lacuna existente entre a teoria e a sua aplicabilidade, o que corrobora com a segunda categoria mais apontada pelas respostas dos alunos ao questionário aplicado após o jogo. Treze educandos responderam que não gostam das aulas teóricas sem associação prática ao cotidiano. Dentre as respostas associadas às aulas teóricas, cinco alunos afirmaram que não gostam de aulas que são realizadas no quadro, sendo o professor o único agente ativo para a assimilação do conhecimento.

Uma vez exploradas as percepções dos estudantes sobre as aulas e sobre as atividades aplicadas, foram planejadas questões (de 5 a 10 no questionário apresentado no anexo III) sobre a perspectiva dos alunos sobre os conceitos de Óptica, em específico os que foram abordados durante as aplicações das atividades. As respostas dos alunos, apresentadas no quadro 29, permitem verificar os conceitos com os quais os alunos mais se identificaram.

O quadro 29 apresenta os temas relacionados à Óptica segundo a percepção dos participantes, conforme respostas à questão 5 do questionário (anexo III). É possível perceber pelas respostas que nem todos os educandos compreenderam os conceitos abrangidos pela Óptica, que não responderam de maneira que contemplasse a resposta correta à pergunta realizada.

Quadro 29 – Questão 5: O que a óptica estuda?

CATEGORIA	Nº DE INDICAÇÕES
Luz e visão	13
Propagação da luz	03
Reflexão da luz	02
Luz e formação de imagens	02
Fenômenos da luz e suas propriedades	03

Fonte: A autora, 2020.

Treze educandos responderam que a óptica estuda a luz e visão, assuntos abordados nas atividades aplicadas durante as aulas, principalmente através de experimentos. Três educandos apontaram que a óptica estuda os fenômenos da luz e suas propriedades, elementos presentes nos recursos didáticos aplicados. Uma característica observada foi a utilização de termos leigos, em detrimento de termos técnicos da óptica. A linguagem informal utilizada pelos alunos em suas respostas, representam o estágio da aprendizagem dos conceitos. Pode-se perceber que a linguagem empregada em suas respostas são características comuns e não uma ausência de compreensão. Porém, a imprecisão na linguagem pode ser um fator limitante da comunicação, levando a equívocos de interpretação. A aplicação de atividades envolvendo linguagens técnicas, portanto, mais rebuscadas, para interpretar conceitos, bem como para compreendê-los, pode sugerir aulas interdisciplinares conduzidas por professores de diversas áreas do conhecimento, em específico de Língua Portuguesa, além de Física.

Para o tema da sexta pergunta (quadro 30), além das aulas conceituais e experimentais, foram utilizados os simuladores do PhET (2002).

Quadro 30 - Questão 06: O que é refração da luz?

CATEGORIA	Nº DE INDICAÇÕES
É a mudança de velocidade da luz ao passar de um meio para o outro	16
É a reflexão da luz	06
É a mudança de direção da luz	01

Fonte: A autora, 2020.

Dezesseis respostas afirmaram que a refração é a mudança de velocidade da luz passar de um meio para o outro. Embora seja uma resposta incompleta conceitualmente, pois, faltou dizer que a luz pode ou não sofrer mudança na direção, é a que mais se aproxima do conceito adequado para o tema.

Seis educandos relacionaram a refração à reflexão da luz. Considerando que a refração está associada à alteração da velocidade de propagação da luz ao passar de um meio para outro com índices de refração distintos e que na reflexão o raio incidente e o raio refratado estão no mesmo plano, é possível evidenciar que esses alunos confundiram os fenômenos.

E um aluno respondeu ser refração a mudança de direção da luz o que está conceitualmente incompleto porque a mudança de direção não é necessária ocorrer no fenômeno de refração.

As respostas dos alunos à questão 7 do questionário (anexo III), apresentadas no quadro 31, permitiram averiguar o conhecimento geral adquirido pelos educandos sobre espelhos. A pergunta permite uma amplidão de respostas, mas o objetivo foi identificar as características em comum apresentadas pelos alunos e se havia um padrão. O objetivo foi alcançado em partes, tendo em vista que eles citaram os tipos de espelhos.

Quadro 31 – Questão 07: Cite três tipos de espelhos.

CATEGORIA	Nº DE INDICAÇÕES
Côncavo, convexo e plano	16
Côncavo, plano e esférico	9

Fonte: A autora, 2020.

Apesar da indagação proposta pela questão 7 ser ampla, foram observados dois padrões nas respostas.

Dezesseis estudantes mencionaram que há três tipos de espelhos: côncavo, convexo e plano. O padrão associado a essas respostas indica que os alunos relacionaram alguns tipos de espelhos, mas não identificaram o espelho côncavo e o espelho convexo como sendo ambos esféricos.

O segundo padrão identificado foi nas respostas de nove estudantes, os quais afirmaram que os tipos de espelhos são, côncavo, plano e esférico. Nesse caso, os alunos não identificaram os espelhos côncavos como espelhos esféricos, caracterizando-os como distintos.

Ambos os padrões identificados estão relacionados à percepção dos alunos durante as atividades. A pergunta apresentada na questão 7 induz, propositalmente, os alunos a buscar três tipos de espelho, que são o plano, esférico (côncavo e convexo) e o parabólico. Contudo, nas aulas foram desenvolvidas atividades envolvendo espelhos, plano, esférico convexo e esférico côncavo. O espelho do tipo parabólico foi apenas citado, sem aprofundamento, sem contextualização e sem demonstrações. As respostas dos alunos à questão 7, portanto, deixam claro que os alunos buscam uma solução correta. Porém, ao não encontrar subsídios em seus conhecimentos prévios, manipulam as respostas, condicionados a obter o sucesso, mas não questionam o interlocutor ou a questão que lhes é apresentada.

O quadro 32 apresenta os termos observados nas respostas dos alunos à questão 8, sobre o comportamento dual da luz. Dezenove educandos responderam ter a luz um caráter dual, um indicou ser uma onda e três afirmaram ser partícula.

Quadro 32 – Questão 8: Afinal, a luz é uma onda ou partícula?

CATEGORIA	Nº DE INDICAÇÕES
Onda	01
Partícula	03
Onda e Partícula	19

Fonte: A autora, 2020.

Vale ressaltar que nem todas as respostas mencionaram que a luz não apresenta o caráter dual simultaneamente. O comportamento ondulatório ou o comportamento de partícula não podem ser observados ao mesmo tempo, independente do experimento. Em outras palavras, ora ela se comporta como onda, ora se comporta como partícula, dependendo do procedimento experimental adotado. Por exemplo, a luz se comporta como onda em um experimento de interferência, difração e se comporta como partícula em um experimento de efeito fotoelétrico.

Nas atividades para observação do comportamento da luz como onda ou como partícula, foram utilizadas simulações por meio do laboratório virtual do *Ideias na Caixa* (2013) e do PhET (2002). Por serem simuladores, pode haver limitações no manuseio e, conseqüentemente, na observação dos fenômenos.

Dentre as atividades aplicadas, pode-se considerar que a luz apresenta comportamento ondulatório nos fenômenos de reflexão, refração, interferência, difração e polarização da luz. Quanto ao comportamento corpuscular, os fenômenos observados foram os de emissão e absorção da luz.

Um dos objetivos com a questão 8 foi verificar se houve compreensão dos conceitos com as atividades aplicadas. As dezenove respostas que descreveram ambos comportamentos da luz indicam que houve compreensão dos aspectos considerados para a luz.

A questão 9 do questionário (anexo III) teve o objetivo de identificar padrões nas respostas dos alunos (quadro 33) sobre a absorção e emissão da luz quando interage com o meio. Nas atividades aplicadas aos participantes da pesquisa, foram utilizadas luzes monocromáticas de diversas frequências para iluminar inúmeros objetos.

Quadro 33 – Questão 09: Considere dois corpos A e B, constituídos de pigmentos puros. Exposto à luz branca, o corpo A se mostra da cor vermelha e o corpo B se apresenta da cor branca. Se levamos A e B a um quarto escuro e iluminarmos com luz azul, com que cor se apresenta?

CORPO A	Nº DE INDICAÇÕES
Verde	03
Roxo	05
Preto	10
Azul	02
Vermelho	02
Abstenção	01
CORPO B	Nº DE INDICAÇÕES
Verde	03
Roxo	04
Preto	06
Azul	07
Vermelho	03

Fonte: A autora, 2020.

Geralmente, esse questionamento é feito de forma simplificada, apresentando como verdadeira a ideia de que um objeto só pode refletir sua cor quando iluminado com luz branca ou com uma luz da sua própria cor. Essa situação, entretanto, envolve pigmentos puros e luzes monocromáticas. Embora seja uma situação ideal, o fenômeno pode ser observado em um experimento controlado. Nas situações do cotidiano, os objetos são constituídos por uma mistura de pigmentos e submetidos a luzes policromáticas.

Verificou-se que houve divergência nas respostas dos alunos, apesar de dez educandos terem compreendido que o corpo A, seria visto na cor preta e sete educandos terem respondido que o corpo B, seria visto azul. Os alunos possuem mais familiaridade com objetos constituídos por cores pigmentadas do que com cores projetadas por luzes, fator que pode ter influenciado nas respostas.

Para dar a resposta assertiva a essa pergunta, o educando deve ter clara as noções de adição e subtração de cores, além do conceito de cores complementares. Outro fator que pode ter influenciado nas respostas, são os conceitos ambíguos de cores, pois, quando as tintas são misturadas, surge uma nova cor, fato que não ocorre com a luz.

Por fim, a questão 10 do questionário (anexo III) está relacionada com a incidência da luz em espelhos esféricos e as respostas dos alunos estão apresentadas no quadro 34.

Quadro 34 - Questão 10: É possível em um dia de sol, acender um palito de fósforo com um espelho esférico? Explique.

CATEGORIA	Nº DE INDICAÇÕES
Sim	3
Não	3
Sim, desde que o espelho seja côncavo e o palito esteja no foco	17

Fonte: A autora, 2020.

Dezessete educandos responderam ser possível, desde que o espelho fosse côncavo e o palito esteja em seu foco. Os alunos citaram o fenômeno, pois, observaram diversos experimentos durante as aulas, mas não justificaram suas respostas. Citaram o que observaram, mas não informaram a forma de obtenção do resultado. Cabe aqui esclarecer que a posição do palito influencia diretamente no fenômeno. A parte do palito que inflama é que deve ser colocada no foco. As representações geométricas dos raios incidentes em espelhos esféricos podem induzir os alunos a comparar o objeto representado com o objeto real (no caso, o palito). Contudo, se a base do palito for posicionada no foco, o palito não se acenderá, pois, a parte inflamável não receberá os raios refletidos.

Percebe-se que a utilização do jogo como um recurso didático foi relevante na recapitulação dos conceitos de óptica apresentados nas demais aulas, não como um recurso à parte, mas como complemento das atividades didáticas e parte do planejamento. O questionário apresentado após o jogo foi considerado como uma avaliação do processo de ensino e aprendizagem e pode ser tratado como uma avaliação geral dos alunos e/ou da aplicação das atividades.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho foi desenvolvido com a proposta de utilizar ferramentas didáticas no ensino de óptica. A pesquisa ocorreu nos meses de junho e julho de 2019, tendo como público alvo os alunos do terceiro ano do ensino médio do período noturno de uma escola no município de Rio Branco-MT.

Com intenção de verificar como ocorre o processo de aprendizagem pelos alunos, a pesquisa foi embasada pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Entretanto, para que o processo de ensino e de aprendizagem ocorra, são necessárias duas condições: a utilização de um material potencialmente significativo e a predisposição do aprendiz para superar os desafios e ter acesso aos novos conhecimentos.

Os recursos utilizados nas atividades aplicadas nesse trabalho foram potencialmente significativos, pois se percebeu que os alunos queriam observar, manusear e saber os detalhes de cada um dos fenômenos. Com relação à predisposição em aprender, se evidenciou que os participantes tiveram vontade de aprender, pois ao serem desenvolvidos os procedimentos metodológicos, havia competitividade e voluntariedade para participar. Um exemplo que deixou evidente essa postura foi durante a dissecação do olho bovino, quando um dos alunos insistiu em realizar todos os procedimentos, ainda que se mostrasse bastante tenso, porém, não quis deixar de manuseá-lo e mostrou muita satisfação pela superação de seus receios.

A primeira ação adotada em cada uma das atividades didáticas, no início de cada encontro, foi, portanto, estimular o desejo pelo aprendizado, tendo como meta a questão que norteou este trabalho: “como utilizar ferramentas didáticas no ensino de óptica?”. Esta questão sustentou o procedimento durante a utilização das ferramentas pedagógicas em sua totalidade. A pesquisa evidenciou que as ações de estimular o desejo pela aprendizagem incentivaram maior envolvimento dos participantes que demonstraram estar atentos aos conteúdos. O incentivo foi proporcionado pela estratégia de ensino adotada para utilização das ferramentas didáticas e as atividades oportunizaram novas experiências sociais, como colaboração, competitividade e interação, proporcionando uma participação ativa.

Para análise do processo de ensino e de aprendizagem, foram utilizadas as respostas aos questionários de entrada e de saída, pós atividade lúdica, bem como o jogo Trilha Óptica para recapitulação de conteúdo. Através da observação das atitudes e dos diálogos dos alunos e por meio dos resultados dos questionários, concluiu-se que a

aplicação dos recursos didáticos permitiu que os estudantes criassem, em si mesmos, o interesse pelos fenômenos da óptica pela observação dos efeitos da interação da luz com o meio. Com isso, o objetivo da pesquisa foi alcançando, ou seja, as ações adotadas geraram condições para o ensino e para a aprendizagem.

O ensino e a aprendizagem por meio das estratégias facilitadoras adotadas trouxeram benefícios para quem se dispôs a ser um aprendiz, seja o professor, sejam os alunos, pois possibilitaram aos estudantes a oportunidade de sentirem-se desafiados, motivados e com vontade de aprender. As ferramentas didáticas oportunizam, para o professor, a ruptura com a tradição de sala de aula, de ministrar apenas teorias e exercícios. As respostas dos estudantes aos questionários mostram que a ferramenta de trabalho do educador vai muito além da lousa, o giz e a exposição verbal pelo professor, mas, sim, outros métodos facilitadores do ensino e da aprendizagem. As ferramentas didáticas aplicadas nesse trabalho permitiram diversificar a facilitação e a condução do processo de aprendizagem. Houve obstáculos superados por se adotar tais métodos “alternativos” e, mesmo para os que não foram vencidos, houve aprendizagem, pois, o grupo se manteve atento às situações presentes durante as atividades, sempre sob a supervisão do professor.

No desenvolvimento deste trabalho foram encontradas algumas limitações, tais como: grupo amostral reduzido e a inexistência de alguns conhecimentos prévios. O grupo amostral, composto pelos alunos do terceiro ano do Ensino Médio, apesar de reduzido, possui a quantidade de participantes que comumente se observa nas salas de aula. A ausência de determinados conhecimentos prévios, reconhecidamente importantes e necessários para alcançar os objetivos propostos, pode ser identificada através verificação aplicada antes do início da realização das atividades em si, seja por diálogo, por questionários, ou por qualquer outra forma.

Considera-se que este estudo possibilitou a abordagem do ensino de óptica a partir de uma metodologia diferenciada, em um processo dinâmico e produtivo tanto para o professor quanto para o educando.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADELMAN, HS. TAYLOR, L. **Dificuldades de aprendizagem em perspectiva**. Glenview, Illinois: Scott, Foresman and Co. (1983).

ALMEIDA, W, L. (*et. all*). Espelhos esféricos confeccionados com materiais acessíveis para demonstração de formação de imagens em sala de aula. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 30, n. 2: p. 396-408, ago. 2 396 013

ARAÚJO, M. C. R.; PENNA, M. G. P.; Ilusão de Óptica: Usabilidade no Design de Ambiente, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN. 2016 ANAIS BLUCHER DESIGN PROCEEDINGS. Num 2, vol 9, Belo Horizonte BH.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, junho, 2003, p. 176-194. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf>. Acesso em 12/10/2018.

AUSUBEL, D.P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**, Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BONJORNO, J. R.; RAMOS, C. M.; PRADO, E. P.; BONJORNO, V.; BONJORNO, M. A., Casemiro, R., & BONJORNO, R. F. S. A. Física: **Luz e Calorew: Vol. 2** (3ª ed., Coleção Física). São Paulo, SP: FTD. (2016).

BOONE, D. A. BOONE, JR. H. N. **Analizando Dados Likert**. Vol.50. N. 2. Ferramentas do negócio 2TOT2. Abril de 2012.

BRASIL lei no 9.394 de 20 de dezembro de 1996 Disponível em :<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1996/lei-9394-20-dezembro-1996-362578-publicacaooriginal-1-pl.html> . acesso em 21/02/2014

BRASIL, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

CANCELA, L. B.; SOUSA, L. D.; SILVA, T. C.; TINTI, G. A. S.; SILVA, K. Uma revisão de literatura sobre a utilização das tecnologias no processo de ensino-aprendizagem dos educandos. **XIV EVIDOSOL e XI CILTEC-Online** - junho/2017. Disponível em: <http://evidosol.textolivre.org>. Acesso: 22 jan. 2020.

CAPELINI, L. F. **O funcionamento do olho humano: Uma sequência didática para o ensino de óptica geométrica no Ensino Médio**, 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino

de Física), do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, UTFPR, 98 f. Campo Mourão, PR.

CARNEIRO, M. F. D. OLIVEIRA, L. M. R. **A abordagem histórica do experimento da dispersão da luz branca em livros didáticos.** Disponível em http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viii/enpec/resumos/R0620-1.pdf. Acesso em 20/02/2020.

CASEMIRO, R.; **FÍSICA: Termologia Óptica, Ondulatória.** FTD, 3ed. V. 02. São Paulo, 2016, p. 124-214.

CAVALCANTE, K. G. "Defeitos na Visão Humana"; **Brasil Escola.** Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm>. Acesso em 12 de janeiro de 2020.

COSTA, T. de A.; SANTANA, T. S.; PEIXOTO, R. A.; CUNHA, F. B. Escolas públicas e privadas: descompasso e descondições. **Ciclo Revista**, [S.l.], set. 2016. ISSN 2526-8082. Disponível em: <https://www.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/ciclo/article/view/283>. Acesso em: 22 jan. 2020.

CUNHA, Marcia Borin da. Jogos no Ensino de Química: Considerações Teóricas para sua Utilização em Sala de Aula. **Química Nova na Escola**, São Paulo: SBQ, v.34, n.2, p. 92-98, maio 2012.

ESPECTRO eletromagnético, 2006. Fonte [Electromagnetic spectrum-es.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum-es.svg) disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum-pt_br.svg, acesso em 30/05/2019.

GALIAZZI, M. C.; GONCALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 326-331, Apr.2004 Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422004000200027&lng=en&nrm=iso. acesso em 17 Dec. 2019.

GASPAR, A., **Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**, 1ª edição, São Paulo, editora Livraria da Física, 2014.

GASPAR. A. **Compreendendo a Física.** Ática, 1 ed. v. 2. São Paulo, 2010, p. 90-240.

GASPAR. A. **Compreendendo a Física.** Ática, 3 ed. v. 2. São Paulo, 2016, p. 56-160.

GIL PEREZ, D. e CASTRO, P. V. La orientacion de las practicas de laboratorio como investigacion: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.14, n.2, 155- 163. 1996

GIORDAN, M. *O papel da experimentação no Ensino de Ciências*. **Revista Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>. Acesso em 11/10/2018.

GUIMARÃES NETTO, M. N. C.; **Óptica Geométrica em uma Perspectiva Matemática**. 2015. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) Instituto de Matemática e Estatística, Universidade Federal de Goiás. 94 f. Goiânia, GO.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W.; **Física Térmica Ondas óptica. Ática**, 2 ed. v. 2. São Paulo, 2016, p. 185-244.

HADDAD, H. BALDO, M. V. C. **Ilusões: o olho mágico da percepção**. Rev. Bras. Psiquiatr. vol.25 suppl.2 São Paulo Dec. 2003. P.6-11.

KLAUSEN, L., S., Aprendizagem Significativa: Um Desafio. XI Congresso Nacional de Educação – EDUCERE. **Anais**. Pontifca Universidade Católica. Curitiba, Paraná. 2017.

LABORATÓRIO VIRTUAL disponível em: <http://www.ideiasnacaixa.com/>

LABURÚ, C.E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 383-405, set. 2008. ISSN 2175-7941. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6268>. Acesso em: 17 dez. 2019. doi:<https://doi.org/10.5007/%x>.

MÁXIMO, A. R.L.; ALVARENGA, B. A.; **Física Contexto e Aplicações**. Scipion,; 1ª edição, Vol2 , São Paulo, 2013, p.157-225.

MÁXIMO, A. R.L.; ALVARENGA, B. A.; GUIMARÃES, C. C.; **Física Contexto e Aplicações** Scipione, 2ª edição, Vol 2, São Paulo, 2016, p.119-186.

MCCLELLAND, John A.G. **Técnica de questionário para pesquisa**. Revista brasileira de física: III simpósio nacional de física (ATAS), São Paulo, v. especial, n. 1, p. 93-101, jul./1976.

MENEGAZZO, R C. S. O sentido da Visão e a Ilusão de Óptica: Atividades Complementares X CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO- EDUCERE. Pontifca Universidade Católica do Paraná. **Anais** Curitiba 7 a 10 de novembro de 2011.

MORATORI, P.B. **Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem?** Rio de Janeiro 2003. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/88n1s>. Acesso em 18 de dezembro de 2019.

MOREIRA, Marco. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília. (1999).

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

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de física. **Estud. av.** São Paulo, v. 32, n. 94, p. 73-80, dezembro de 2018. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142018000300073&lng=en&nrm=iso. acesso em 18 de fevereiro de 2020.

MOREIRA, M. A.; ATX, R. **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre - RS: Sagra, 1991

NATHER, F. C e BUENO, J. L. O (2006). **Efeitos de imagens estáticas com diferentes representações de movimento sobre a percepção exercida sobre o tempo do Psicologia: Reflexão e Crítica** 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-79722006000200007>. Acesso em 22 jan. 2019

NEWTON; V. B.; HELOU, R. D.; GUALTER; **FÍSICA**. Saraiva, 3ed, v. 2. São Paulo, 2016, p. 177-266.

OLIVEIRA, J. R.S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no Ensino de: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, jan./jun., 2010. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/laequi/wp-content/uploads/2015/03/contribuicoes-e-abordagens-de-atividades-experimentais.pdf>. Acesso em 05/10/2018.

PARANÁ, D. M. A.; **Física: Termologia, Óptica e Ondulatória**. Ática, 6 ed. v. 2. São Paulo, 1998, p. 151-298.

PACHECO, T. A., DAMASIO, F., Aprendizagem Significativa Crítica para introduzir conceitos físicos nos anos iniciais do ensino fundamental. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review – V4(1)**, pp. 41-57, 2014

PIRES, C. A. P. **Uma proposta de ensino sobre a luz para o 9º ano do ensino fundamental: sua natureza, propagação e interação com a matéria**. 2017. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Universidade Federal de Juiz de Fora. 183f. Juiz de Fora, MG.

RAMALHO JUNIOR, F; FERRARO, N.G.; TOLEDO, P, A.; **Os Fundamentos da Física Moderna** ;8 ed, v. 2, São Paulo, 2003, p.181-322.

RIBEIRO, J. L. P. **Experimentos em óptica: uma proposta de reconceitualização**. 2010. Dissertação (Mestrado, Pós-Graduação de Ensino de Ciências. Área de concentração: Ensino de Física.) 162f. Universidade de Brasília/UnB.

ROCHA, J. C. Cor Luz, Cor Pigmento e os Sistemas RGB e CMY. **Rev. Belas Artes** 3ª edição, de 15/02/2011

SABA, M. M. F.; EPIPHANIO, I. D. V. Abrindo o Olho: Dissecando o olho de boi para entender a óptica do olho humano. Sbfisica.com, 2001 <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num2/a05.pdf>. Acesso em 21 dez. 2019.

SCARINCI, A. L. MARINELI, F. **O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 1, 1309 (2014)

SCHIVANI, M.; SOUZA, G. F.; PEREIRA, E.; Pirâmide “holográfica”: erros conceituais e potencial didático. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 40, n. 2, e2506, 2018. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172018000200607&lng=pt&nrm=iso. acessos em 23 jan. 2020. Epub 18-Dez-2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0186>.

SCOPEL, J. M. CAVALLI, G. L., SCUR, L. Confecção de jogos com materiais alternativos como estratégia de ensino. **Scientia Cum Industria**, V.4, N.4, 2016, p. 216—218

SILVA, E. W. F. M. MATOS, M. A. E. Objeto de aprendizagem de óptica geométrica para o nono ano do ensino fundamental. **Ver. Diálogos Educ. R., Campo Grande, MS**, v. 2, n. 1, p. 68-81, maio 2011 – ISSN: 2179-9989

SILVA, F. W. O. **A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 149-159, (2007)

SILVA, J. B.; SALES, G. L.; CASTRO, J. B. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 41, n. 4, e20180309, 2019. Availablefromhttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180611172019000400502&lng=en&nrm=iso. accesson 23 Dec. 2019.

SILVEIRA, M V; BARTHEM, R B. Disco de Newton com LEDs. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 38, n. 4, e4502, 2016 .331, Apr.2004 Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422004000200027&lng=en&nrm=iso. accesson 17 Dec. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422004000200027>.

SOUZA, L.A. et al. Discutindo a natureza ondulatória da luz e o modelo da óptica geométrica através de uma atividade experimental de baixo custo. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v.37, n. 4, p. 4311-1-4311-6, Dec. 2015.

TREND. **Vídeo para holograma em smartfone.** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PF5zDHDd-fM>, 6 de ago. de 2015 Acesso 07/062018.

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A.T.; PENTEADO, P. C. M.; **Física Ciência e Tecnologia.** Moderna, 6ed. v.2; São Paulo, 2017, p194-267.

VALIO, A. B. M.; FUKUI, A.; FERDINIAN B.; MOLENA, M. M.; VENÊ; **Física.** SM. 3 ed. v.2. São Paulo, 2016, P. 188-261.

VIEIRA, P, C.; **Perspectiva Sobre a Evolução Histórica do Conceito de Luz e sua Integração com a Fotografia para o Ensino de Óptica.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 49f. Rio Grande do Sul, RS.

ZOMPERO, A. F.; LABURU, C. E. ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ASPECTOS HISTÓRICOS E DIFERENTES ABORDAGENS. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, Dec. 2011. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198321172011000300067&lng=en&nrm=iso. Acesso em 17 Dez. 2019.

7. ANEXOS

7.1 ANEXO I



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

Orientador: Prof. Dr. Frederico Ayres de Oliveira Neto

Aluna: Alzira Silva Moreira

Questionário de entrada sobre conhecimentos prévios sobre luz e sua propagação.

Educando nº _____ Idade: _____ Sexo: () masculino () feminino

Sempre estudou em escola Pública? () sim () não

1) Quando a luz branca do Sol entra em nossa atmosfera e atinge as moléculas dos gases que compõem o ar, ela sofre um espalhamento em todas as direções. O espalhamento da luz azul – por conta de sua frequência mais alta - é mais evidente do que das outras cores, fazendo dessa cor a dominante na atmosfera.

- a) () Concordo fortemente
- b) () Concordo
- c) () Neutro
- d) () Discordo
- e) () Discordo fortemente

2) De acordo com as leis de reflexão tem-se as duas afirmativas:

I) O raio incidente, a reta normal e o raio refletido estão num mesmo plano;

II) O ângulo de incidência (i) é igual ao ângulo de reflexão (r).

- a) () Concordo fortemente
- b) () Concordo
- c) () Neutro
- d) () Discordo
- e) () Discordo fortemente

3) Considerando a luz branca, uma composição de várias cores, ao atravessar um prisma, como cada cor tem um índice de refração diferente, cada uma delas sofrerá um desvio diferente, ou seja refração, isso fará com que as cores, que compõem que luz branca, se separem, esse fenômeno recebe o nome de dispersão.

- a) () Concordo fortemente
- b) () Concordo
- c) () Neutro
- d) () Discordo
- e) () Discordo fortemente

4) Em relação à refração da luz têm-se as seguintes definições:

I) A refração da luz é o fenômeno óptico da variação da velocidade da luz ao passar de um meio para o outro;

II) Quanto maior o valor do índice de refração menor é a propagação da luz.

- a) () Concordo fortemente
- b) () Concordo
- c) () Neutro
- d) () Discordo
- e) () Discordo fortemente

5) Com relação a classificação dos espelhos esféricos, que é toda calota esférica, em que uma de suas superfícies, interna ou externa, é refletora. O espelho é dito côncavo, quando a superfície refletora é aquela voltada para o centro da calota, e convexo quando a superfície refletora é a parte externa.

- a) () Concordo fortemente
- b) () Concordo
- c) () Neutro
- d) () Discordo
- e) () Discordo fortemente

6) Para que ocorra a reflexão total da luz, duas condições são necessárias e suficientes:

I) a luz deve estar se propagando do meio mais refringente, para o meio menos refringente;

II) a luz deve incidir com um ângulo maior que o ângulo limite, que é o ângulo máximo de refração, do dióptro.

- a) () Concordo fortemente
- b) () Concordo
- c) () Neutro
- d) () Discordo
- e) () Discordo fortemente

7) Ilusão de óptica são imagens que enganam momentaneamente o cérebro, deixando-o inconscientemente confuso e fazendo com que este capte ideias falsas, preenchendo espaços que não ficam claros à primeira vista. Podem ser fisiológicas, quando surgem naturalmente, ou cognitivas, quando se cria com artifícios visuais.

- a) () Concordo fortemente
- b) () Concordo
- c) () Neutro
- d) () Discordo
- e) () Discordo fortemente

8) Se tratando da natureza da luz, onde a Física Quântica funciona muito bem, a sua conceituação está de acordo com a bem conhecida e aceita Dualidade Onda-Partícula, isto é, a luz pode ter comportamento tanto de onda quanto de partícula, dependendo da grandeza observada, sem nenhuma contradição.

- a) () Concordo fortemente
- b) () Concordo

- c) () Neutro
- d) () Discordo
- e) () Discordo fortemente

9) O comprimento de onda da luz pode ser medido por meio da interferência, ou seja, quando as ondas emitidas por duas fontes diferentes se sobrepõem. No caso de uma luz monocromática ao passar por duas fendas, forma-se, sobre uma tela posta diante dela, um padrão de zonas luminosas e zonas escuras.

- a) () Concordo fortemente
- b) () Concordo
- c) () Neutro
- d) () Discordo
- e) () Discordo fortemente

10) A formação das cores na televisão utiliza o modelo de cor aditiva. O sistema RGB (red, green, blue), reproduz o efeito do disco de Newton. Frações da luz visível, aproximadamente equidistantes no espectro eletromagnético podem ser compostas duas a duas, dando outras frações do espectro. Essas três frações compõem a luz branca.

- a) () Concordo fortemente
- b) () Concordo
- c) () Neutro
- d) () Discordo
- e) () Discordo fortemente

7.2 ANEXO II

JOGO DA Trilha Óptica

legenda

- Responda uma questão de múltipla escolha
- Parado por uma rodada
- Responda um questão sem pista
- Volte ao início
- Parado por duas rodadas
- Volte uma casa
- Avance uma casa

ADAPTADO DE: DOUGLAS FREITAS DE OLIVEIRA | EDITADO POR: CASSIO PATRIK GOMES SCANDIANI

7.3 ANEXO III



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

Orientador: Prof. Dr. Frederico Ayres de Oliveira Neto

Aluna: Alzira Silva Moreira

Questionário sobre o jogo trilha óptica e os conceitos envolvidos.

Educando nº _____ Idade: _____ Sexo: () masculino () feminino

- 1) Você acredita que o jogo contribuiu para a sua aprendizagem?
- 2) O que você mais gostou no jogo? E o que você menos gostou?
- 3) Que sugestão você daria para melhorar o jogo?
- 4) Que tipo de aulas de Física você mais gosta? E qual você menos gosta?
- 5) O que a Óptica estuda?
- 6) O que é refração?
- 7) Cite três tipos de espelhos.
- 8) Afinal a luz é uma onda ou partícula?
- 9) Considere dois corpos A e B, constituídos por pigmentos puros. Exposto à luz branca, o corpo A se apresenta vermelho e o corpo B se apresenta branco. Se levarmos A e B a um quarto escuro e os iluminarmos com luz azul, com que cor se apresentarão?
- 10) É possível, em um dia de Sol, acender um palito de fósforo com um espelho esférico? Explique.